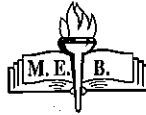
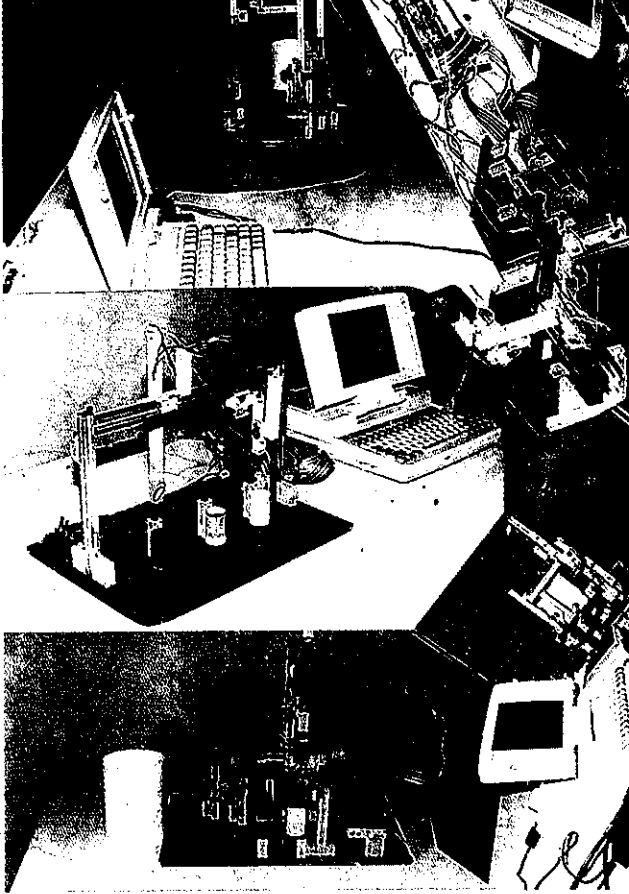


ANADOLU TEKNİK LİSELERİ
VE TEKNİK LİSELER İÇİN

ROBOTİK



3349

625

**ANADOLU TEKNİK LİSELERİ
VE TEKNİK LİSELER İÇİN**

ROBOTİK

Jerit Baltacı
07.11.02

YAZAN

Prof. Dr. Asaf VAROL



DEVLET KİTAPLARI

BİRİNCİ BASKI

Millî Eğitim Basımevi — İstanbul, 2000

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI : 3349
DERS KİTAPLARI DİZİSİ : 625

00.34.Y.0002.1907

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Kitabın metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayınlanamaz.

ISBN 975.11.1935.9

Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu'nun 06.07.1999 gün ve 75 sayılı kararı ile ders kitabı olarak kabul edilmiş, Yayınlar Dairesi Başkanlığı'nın 20.07.1999 gün ve 4524 sayılı yazıları ile birinci defa 3.000 adet basılmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazî hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl...
Hakkıdır, Hakk'a tapan, milletimin istiklâl!

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
"Medeniyet!" dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş! Yurduma alçakları uğratma, sakın.
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın...
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri "toprak!" diyerek geçme, tanı :
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı :
Verme, dünyaları alsan da, bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki fedâ?
Şühedâ fişkıracak toprağı sıksan, şühedâ!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsun da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüdâ.

Ruhumun senden, İlahî, şudur ancak emeli :
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar-ki şahâdetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder-varsa-taşım,
Her cerîhamdan, İlahî, boşanıp kanlı yaşım,
Fişkırr ruh-ı mücerred gibi yerden nâ'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalar sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl:
Hakkıdır, hür yaşamış, bayrağımın hürriyet;
Hakkıdır, Hakk'a tapan, milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY



ATATÜRK'ÜN GENÇLİĞE HİTABESİ

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk cumhuriyetini, ilelebet, muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin, en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni, bu hazineden, mahrum etmek isteyecek, dahilî ve haricî, bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok nâmûsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın, bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dahilinde, iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlilerin siyasi emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bitap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi, vazifen; Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır! Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda, mevcuttur!



İÇİNDEKİLER

1. ÜNİTE: OTOMASYONA GİRİŞ	1
1.1. Otomasyonun Tanımı ve Gelişimi	1
1.2. Grup Teknolojisi	4
1.2.1. Otomasyon Sistemlerini Oluşturacak Parçaların Genel Özellikleri	5
1.2.2. Parçalar Arası Haberleşme Sistemi ve Önemi	8
1.2.3. Robot Toplulukları	11
1.2.4. Otomotiv Sanayisinde Grup Teknolojisi	12
1.2.5. Uzayda Robotlar Arasında İş Bölümü	13
1.3. Otomasyon Prensipleri	14
1.3.1. Kavramlar ve Açıklamalar	14
1.3.2. Seçim Kriterleri	15
1.3.3. Devre Diyagramını Oluşturmak	17
1.3.4. Bilgisayarın Yeri ve Programlama Teknikleri	18
1.4. Parça ve Malzemelerin Otomatik Olarak Taşınması	19
1.4.1. Malzemelerin Otomasyon Sistemleri ile Taşınmasının Faydaları	19
1.4.2. Çeşitli Taşıma Sistemleri	22
1.4.3. Otomasyonla Taşımada Algılama Sisteminin Önemi	27
1.4.4. Taşımacılığın Otomasyonla Yapılmasının Sakıncaları	29
1.5. İki veya Daha Fazla Makinenin Ortak Çalışma Özellikleri	31
1.5.1. Çok İşlemcili Sistemler	31
1.5.2. Programlanabilen Kontrol Sistemi	31
1.5.3. Transfer Hatları	32

II

1.5.4. Esnek İmalat Hücreleri	34
1.5.5. Nümerik Sistemlerin Parça Kontrolü ve Montaj İşlemlerinde Uygulanması	35
1.5.6. Sanayi Robotlarının Ortak Çalışmaları	36
1.5.7. DNC Sistemleri	37
1.6. Sistemlerde Zaman Ayarlarının Önemi	39
1.6.1. Pistonlu Zaman Röleleri	41
1.6.2. Havalı Zaman Röleleri	42
1.6.3. Gecikmeli Kontaklar	44
1.6.4. Ani Kontaklar	45
1.6.5. Motorlu Zamanlayıcılar	45
1.6.6. DA Seri Röleler	45
1.6.7. Manyetik Açmalı DA Seri Kontaktörler	46
1.6.8. Manyetik Zaman Röleleri	47
1.6.9. Kondansatörlü Zaman Röleleri	48
1.6.10. Elektronik Zamanlayıcılar	49
1.6.11. Zaman Rölelerinin Seçimi	49
1.6.12. Sorular	51
2. ÜNİTE: ROBOTİĞE GİRİŞ	53
2.1. Robotun Tanımı	53
2.1.1. Robotlar Ne İşe Yarar?	56
2.1.2. Sorular	60
2.2. Robotların Tarihsel Gelişimi	61
2.2.1. Elektroniğin Tarihçesi	62
2.2.2. Bilgisayarın Tarihçesi	63
2.2.3. Robotların Tarihçesi	64
2.2.4. Robotlar Arası Dünya Futbol Şampiyonası	68
2.2.5. Sorular	69

2.3. Robotların Endüstrideki Yeri	70
2.3.1. Türkiye'deki Robot Teknolojisinin Durumu	72
2.3.2. Robotların Endüstride Kullanım Alanları	73
2.3.3. Sorular	78
2.4. Robot İnsan Kıyaslaması	79
2.4.1. Basit Makineler ve İnsan Kıyaslaması	83
2.4.2. Abaktan Bilgisayara Geçiş	88
2.4.3. Hastalık Teşhisinde Robot İnsan Kıyaslaması	92
2.4.4. Hukuk Alanında Robot İnsan Kıyaslaması	94
2.4.5. Biyolojide Robot İnsan Kıyaslaması	95
2.4.6. Siborg, Sibernotlar ve İnsan	98
2.4.7. Robotların Çoğalması İnsanları Nasıl Etkiler	99
2.4.8. Sorular	101
2.5. Robotların Çalışma Alanları	102
2.5.1. Robotların Sanayideki Uygulamaları ve Sonuçları	102
2.5.2. Robotların Sanayideki Kullanım Alanları	105
2.5.3. Yeni Nesil Robotlar	107
2.5.4. Teleoperatörler	109
2.5.5. CNC ve Robotlar	110
2.5.6. Mikrorobotlar	110
2.5.7. Robotların Gelecekteki Yeri	111
2.5.8. Sorular	112
3. ÜNİTE: ROBOTLARDA EKSENLER	113
3.1. Endüstriyel Robotların Tasarımı	113
3.1.1. Temel Tasarım Hesapları ve Performans Özellikleri	114
3.1.2. Robot Sürücülerinin Tasarımı	117
3.1.3. Güç Analizi	120
3.1.4. Sorular	121

3.2. Eksenlerin Tanımı ve Hareket Biçimleri	122
3.2.1. Eksen Nedir?	122
3.2.2. Yöneltilmiş Düzlem	122
3.2.3. Eksen Üzerindeki Bir Vektörün Cebirsel Değeri	123
3.2.4. Bir Eksen Üzerindeki Noktaların Gösterilmesi	124
3.2.5. Bir Robotun Ana Bölümleri	124
3.2.6. Koordinat Sistemlerine Göre Robotların Sınıflandırılması	126
3.3. Kartezyen Koordinat Sistemi	127
3.3.1. Geometrik Modelleme	129
3.3.2. Koordinat Eksen Setinin Alet ve Nesnesi	134
3.3.3. Koordinat Eksen Setleri Arasındaki Bağlıntılar	135
3.4. Silindirik Koordinat Sistemi	138
3.4.1. Çalışma Alanı	138
3.4.2. Sorular	146
3.5. Polar Koordinat Sistemi	147
3.5.1. Polar Koordinat Robotunun Diğer Robotlara Göre Üstünlükleri	153
3.5.2. Sorular	154
3.6. Revolüt Koordinat Sistemi	155
3.6.1. Revolüt Koordinat Sistemli Robotların Avantajları	158
3.6.2. Revolüt Koordinat Sistemli Robotların Kullanıldığı Yerler	159
3.6.3. Kıvrılmış Kollar İçin Ulaşılabilir Çalışma Alanı Hesabı	159
3.6.4. Sorular	161

4. ÜNİTE: ROBOT ÇEŞİTLERİ	162
4.1. Kartezyen Robotlar	162
4.1.1. Kartezyen Robotların Tasarlanması	163
4.1.2. Sorular	166
4.2. Jointed Arm Robotlar	167
4.2.1. Jointed Arm Robotun Beş Ana Parçası	167
4.2.2. Jointed Arm Robotların Özellikleri	174
4.2.3. Jointed Arm Robotların Bazı Avantajları	174
4.2.4. Jointed Arm Robotunun Çalışma Alanı	175
4.2.5. Jointed Arm Robotlara Örnekler	175
4.2.6. Güvenlik Robotları	177
4.2.7. Sorular	180
4.3. Scara Robotlar	181
4.3.1. Scara Tipi Robotun Özellikleri	181
4.3.2. Scara Tipi Robotun Yapısı	182
4.3.3. Kullanım Alanları	183
4.3.4. Scara Tipi Robot Kullanılarak Yapılmış Pnömatik Kontrol Sistemi	183
4.3.5. Kullanılan Scara Robotun Yapısal Özellikleri	183
4.3.6. Sorular	185
4.4. Endüstriyel Robotların Kullanım Alanları	186
4.4.1. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması	186
4.4.2. Endüstriyel Robotların Mekanik Yapısı	188
4.4.3. Endüstriyel Robotların Kullanım Alanları	191
4.4.4. Çeşitli Endüstriyel Robotlar Hakkında Bilgiler	193
4.4.5. Türkiye’de Geliştirilen Endüstriyel Robotlar Hakkında Bilgiler	199

5. ÜNİTE: ROBOTLARDA TUTUCULAR VE SINIRLAYICILAR	203
5.1. Robot Tutucuları	203
5.1.1. Uç Birimlerin Tipleri	203
5.1.2. Mekanik Kıskaçlar	205
5.1.3. Kıskaç Mekanizmaların Tipleri	207
5.1.4. Diğer Kıskaç Tipleri	211
5.1.5. Uç Birim Olarak Hareketli Aygıtlar	215
5.1.6. Robot Uç Birim Ara Birimi	216
5.1.7. Uç Birimlere Fiziksel Destek	216
5.1.8. Güç ve Sinyal İletimi	217
5.1.9. İki ve Üç Parmaklı Uç Birimler	221
5.1.10. Tutucu Seçiminde ve Tasarımındaki Karakteristikler	222
5.1.11. Sorular	224
5.2. Robot Sensörleri	225
5.2.1. Transdüserler ve Sensörler	225
5.2.2. Robotlarda Sensörler	227
5.2.3. Robotlarda Sensörlerin Kullanımı	231
5.2.4. Sorular	231
6. ÜNİTE: İŞLETİM VE BAKIM	232
6.1. İşletim Özellikleri	232
6.1.1. Robot Sürücü Sistemleri	235
6.1.2. Kontrol Sistemleri ve Dinamik Performansı	237
6.1.3. Robot Programlama ve Çalışma Hücresi Kontrolü	242
6.1.4. Sorular	243
6.2. Kontrol Paneli	244
6.2.1. Robotların Temel Sistemleri	244
6.2.2. Robotlarda Kontrol Sistemi Tasarımı	244
6.2.3. Robotların Kontrolü	245

6.2.4. Robotlarda Temel Kontrol Teknikleri	247
6.2.5. Sorular	257
6.3. Teach By Lead Yöntemi	258
6.3.1. Robot Programlama Yöntemleri	258
6.3.2. Yönlendirici Programlama Yöntemleri	259
6.3.3. Bir Yol Üstünde Hareket Eden Robotlar	260
6.3.4. Boşlukta Yer Tanımlama Yöntemleri	264
6.3.5. Bir Nokta Tanımlamanın Aşamaları	266
6.3.6. Hız Kontrolü	267
6.3.7. Sorular	269
6.4. Programlama	270
6.4.1. Robot Programlamanın Üç Derecesi	271
6.4.2. Robot Programlama Dillerinin İhtiyaçları	273
6.4.3. Program Çalışmasının Akışı	276
6.4.4. Programlama Ortamı	276
6.4.5. Sensör Bilgilerinin Alınması	276
6.4.6. Robot Programlama Diline Mahsus Problemler	277
6.4.7. Simülasyon ve Off-Line Programlama	280
6.4.8. Sorular	281
7. ÜNİTE: ROBOTLARIN PROGRAMLANMASI	282
7.1. Robot Programlama Dillerine Genel Bakış	282
7.1.1. VAL Robot Programlama Dili	283
7.1.2. RAIL Robot Programlama Dili	289
7.1.3. AML Robot Programlama Dili	292
7.1.4. Sorular	294
7.2. Program Kontrol Komutları	296
7.2.1. VAL-2'de Program Kontrol Komutları	296
7.2.2. AML'de Program Kontrol Komutları	299
7.2.3. RAIL'de Program Kontrol Komutları	303
7.2.4. Sorular	305

7.3. Parmak ve Kontrol Komutları	306
7.3.1. VAL-2'de Parmak ve Kontrol Komutları	307
7.3.2. Program Yazımı ve Kontrol	308
7.3.4. El Kontrol Komutları	309
7.4. I/O Komutları	311
7.4.1. Operatör Giriş/Çıkış ve Dosya Sistemi	312
7.4.2. Giriş/Çıkış Kontrolleri	314
7.4.3. Sensör Komutları	316
7.5. Programlama	318
7.5.1. ACL Programlamada Eksen Kontrol Komutları	318
MOVE	318
MOVEC	318
MOVEL	319
MOVES	319
OPEN	320
CLOSE	320
JAW	320
CLRBUF	321
SPEED	321
EXACT	322
PROFILE	322
CON	322
COFF	323
SET ANOUT	323
INT	323
TON	324
TOFF	324
HOME	324
LSON	325
LSOFF	325
CLR	325
TEST	325
~ KOMUTU	326

7.5.2. ACL Programlamada Giriş/Çıkış	
Kontrol Komutları	326
DISABLE	326
ENABLE	326
FORCE	326
SHOW	327
SET	327
IF	327
TRIGGER	327
7.5.3. ACL Programlamada Kontrol Komutları	328
RUN	328
A	328
STOP	328
SUSPEND	328
CONTINUE	329
PRIORITY	329
SET	329
DELAY	329
WAIT	329
PEND	329
POST	330
QPEND	330
QPOST	330
7.5.4. ACL' de Pozisyon Tanımlama ve Kullanma	
Komutları	330
DEFP	330
DIMP	331
DELP	331
UNDEF	331
HERE	331
HERER	332
TEACH	332
TEACHR	332
SETP	332
SHIFT	333
ATTACH	333

7.5.5.	ACL'de Değişken Tanımlama ve	
	Kullanma Komutları	333
	DEFINE	333
	GLOBAL	334
	DIM	334
	DELVAR	334
	SET	334
7.5.6.	ACL'de Program Akış Komutları	335
	IF	335
	ANDIF	335
	ORIF	335
	ELSE	336
	ENDIF	336
	FOR	336
	ENDFOR	336
	LABEL	336
	GOTO	336
	GOSUB	337
7.5.7.	ACL'de Konfigürasyon Komutları	337
	CONFIG	337
	LET PAR	337
	INIT	337
7.5.8.	ACL'de Rapor Komutları	338
	ATTACH	338
	CONFIG	338
	DISABLE	338
	FORCE	338
	SHOW	339
	STAT	339
	VER	339
	FREE	340
	DIR	340
	LIST	340
	SEND	340

7.5.9. ACL'de Arabirim Kullanıcı Komutları	341
QUIET	341
NOQUIET	341
ECHO	341
NOECHO	342
HELP	342
PRINT	342
PRINTLN	342
READ	342
GET	343
DO	
7.5.10. ACL'de Program Kullanma Komutları	343
COPY	343
RENAME	343
REMOVE	343
EDIT	343
7.5.11. ACL'de Düzen Komutları	344
S	344
P	344
L	344
DEL	345
EXIT	345
END	345
7.5.12. RS232 İletişim Komutları	345
SENDCOM	345
GETCOM	345
PRCOM	345
PRLNCOM	345
READCOM	346
CLRCOM	346
7.5.13. Yaygın Olarak Kullanılan ACL Komutları ve Uygulamalar	346
GOTO ve LABEL	346
ABORT	347
SET	348

READ	348
DELVAR	349
FOR	349
7.5.14. ACL'de Program Yönetim Komutları	351
DIR	351
LIST	352
RENAME	352
COPY	352
REMOVE	353
7.5.15. ACL Programlamada Açıklama Satırı ve Kullanımı	353
7.5.16. SCORBOT Kontrolü İçin ACL Komutları	353
HOME	354
HERE	354
HERER	355
MOVE	355
MOVED	356
7.5.17. Robotun El ile Kontrolü	356
7.5.18. Pozisyon Tayini ve İptali	357
DEFP	357
LISTP	357
DELP	358
7.5.19. Kartezyen Koordinatlarda Noktanın Tayin Edilmesi	358
TEACH	358
TEACHR	361
SPEED	361
7.5.20. Tutucuların (Parmakların) Kontrolü	362
OPEN ve CLOSE	362
7.5.21. Hafızada Yer Ayırma Komutları	362
DIMG	362

DIMP	362
ATTACH	363
IF	363
ELSE	363
DELAY	364
7.5.22. ACL Komutlarına İlişkin Örnek Programlar	365
7.5.23. Sorular	368
8. ÜNİTE: PROJE UYGULAMALARI	369
8.1. LOGO Programlama Dili	369
.DOS	371
ED	371
<Esc>	371
CTRL-Pause	371
F3	371
PgUp	371
PgDn	371
EDITFILE	371
LOAD	371
SAVE	372
ERASEFILE	372
DIR	372
TO	372
END	372
IF	372
EQUALP	372
PRINT	373
REPEAT	373
STOP	373
:N	373
8.1.1. Mikrorobotlar için Temel LOGO Komutları	374
INIT	374
MCCW	374
MCW	374
MSTOP	374
STATUS	375

WATCH	375
EX?	375
EY?	375
STPCOUNTER	375
8.1.3. Sayıcının (Koder) Kullanılması	376
8.1.4. Hata Arama Yazılımının Kullanılması	376
8.2. Sıvı İçeceklerin Şişelere Doldurulması Projesi	378
8.2.1. Şişelere Sıvı Doldurma Sisteminin Çalışma Prensibi	379
8.2.2. Projede Kullanılan Malzemeler	379
8.2.3. Montajda Takip Edilen İşlem Basamakları	380
8.2.4. Sistemin Çalışması	380
8.2.5. Projede Kullanılan Malzemeler	381
8.2.6. Sistemi Kontrol Eden Program	383
8.2.7. Sonuç	386
8.3. Otomatik Kapı Kontrol Projesi	386
8.3.1. Fonksiyon	386
8.3.2. Malzemelerin Seçimi	387
8.3.3. Kontrol	387
8.3.4. Yerleşim Planı	387
8.3.5. Fiziksel Tanımlamalar	388
8.3.6. Malzeme Listesi	389
8.3.7. Montaj	392
8.3.8. Program Yazılımı ve Açıklaması	397
8.4. Şifreli Otomatik Garaj Kapısı Kontrol Projesi	401
8.4.1. Projenin Amacı	401
8.4.2. Malzeme Seçimi	401
8.4.3. Robot Araba İçin Kullanılan Malzemeler	403
8.4.4. Kapı İçin Kullanılan Malzemeler	404
8.4.5. Kapı Hareketi İçin Kullanılan Malzemeler	405
8.4.6. Şifre Çözücü İçin Kullanılan Malzemeler	406
8.4.7. Kontrol İçin Kullanılan Malzemeler	407

8.4.8. Projenin Genel Görünümü	407
8.4.9. Hareket Elemanları	408
8.4.10. Malzemeler Hakkında Kısa Bilgi	408
8.4.11. Programın Yazılımı	409
8.4.12. Programın Açıklanması	409
8.4.13. Sonuç	411
8.5. Otomatik Araba Yıkama Projesi	412
8.5.1. Giriş	412
8.5.2. Malzeme Seçimi	413
8.5.3. Projeye Ait Genel Görüntüler	414
8.5.4. Yıkama Sistemi Yerleşim Planı	415
8.5.5. Genel Blok Yapı	415
8.5.6. Optik Algılayıcı (Foto Transistör) Devresi	416
8.5.7. Anahtarların Durumlarına Göre Sistemin Cevabı	417
8.5.8. Araba Yıkama Sisteminin Bilgisayarla Kontrolü (LOGO)	417
8.5.9. Programın Genel Açıklaması	418
8.5.10. Sonuç	419
8.6. Otomatik Meyve Soyma ve Dilimleme Projesi	420
8.6.1. Projenin Konusu ve Amacı	420
8.6.2. Fonksiyon ve Malzeme Seçimi	420
8.6.3. Sistemde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar	421
8.6.4. Sistemin Çalışma Prensipleri	423
8.6.5. Programın Kontrol Eden Yazılım	424
8.6.6. Sonuç	427
8.7. Kapı Kontrollü Asansör Projesi	428
8.7.1. Sistemin Çalışma Esasları	428
8.7.2. Kapıların Kontrolü	429
8.7.3. Asansörün Yukarı Çıkmasının Kontrolü	429
8.7.4. Program	430
8.7.5. Program Bölümlerinin Açıklanması	431
8.7.6. Projede Kullanılan Malzemeler	433
8.7.7. Sonuç	434

8.8. Uçaksavar Projesi	435
8.8.1. Malzeme Seçimi	435
8.8.2. Eleman Adlandırılması ve Fonksiyonları	435
8.8.3. Yerleşim Planı	436
8.8.4. Sistemin Çalışması	437
8.8.5. Fiziksel Tanımlama	437
8.8.6. Sistemin Akış Şeması	437
8.8.7. Malzemelerin Listesi	439
8.8.8. Montaj	441
8.8.9. Program Yazılımı ve Açıklaması	445
8.8.10. Sonuç	447
8.9. Kayısı İşimleme Benzetim Projesi	448
8.9.1. Projenin Amacı	448
8.9.2. Sistemin Çalışma İlkesi	448
8.9.3. Kayısı İşimleme Robotunun Blok Diyagramı	449
8.9.4. Robotun Çalışması	450
8.9.5. Malzeme Listesi	451
8.9.6. Zamanlama Devresi	451
8.9.7. Sistemin Kontrolü	452
8.9.8. Sistemde Kullanılan Araçlar ve İşlevleri	453
8.9.9. LOGO Programı	454
8.9.10. Sonuç	455
8.10. Isı Kontrolü Projesi	456
8.10.1. Fonksiyon ve Kontrol	456
8.10.2. Kullanılan Malzemeler	456
8.10.3. Robotta Kullanılan Motorların Görevleri	457
8.10.4. Anahtarların Görevleri	457
8.10.5. Anahtarların Durumları	457
8.10.6. Yazılım	458
8.10.7. Ortam Isısını Algılayan Elektronik Devre	460
8.10.8. Sonuç	460

8.11. Vinç Benzetim Projesi	462
8.11.1. Sistemin Çalışması	462
8.11.2. Malzeme Seçimi	462
8.11.3. Projede Kullanılan Malzemeler	462
8.11.4. Proje Montajı ve Genel Görüntüler	465
8.11.5. Anahtarların Durumlarına Göre Sistemin Cevabı	466
8.11.6. Motor ve Anahtarların Görevleri	466
8.11.7. Otomatik Vinç Kolumun Yerleşim Planı	467
8.11.8. Programın Yazılımı	468
8.11.9. Programın Genel Açıklaması	470
8.12. Otomatik Pres Makinesi	471
8.12.1. Presleme	471
8.12.2. Kullanılan Malzemeler	471
8.12.3. İşlem Basamakları	471
8.12.4. Sistemin Şematik Çizimi	472
8.12.5. Sistemin Çalışma Prensibi	472
8.12.6. Projede Kullanılan Malzemeler	473
8.12.7. Pres Makinesinin Montaj Safhaları	474
8.12.8. Yazılım	476
8.12.9. Programın Genel Açıklaması	477
8.13. Zeytinyağı İmal Eden Otomasyon Sistemi Projesi	479
8.13.1. Projenin Konusu ve Amacı	479
8.13.2. Zeytin Presleme Sisteminin Tanıtımı	480
8.13.3. Malzeme Seçimi	480
8.13.4. Robotun Prensip Şeması	481
8.13.5. Montaj Aşaması	481
8.13.6. Sistemin Çalışması	483
8.13.7. Kullanılan Programın Logo Dilinde Kodlanması	486
8.13.8. Programın Adım Adım Açıklanması	487
8.13.9. Sonuç	490

8.14. Sondaj Makinesi Projesi	491
8.14.1. Projede Kullanılan Malzemeler ve Fonksiyonları	491
8.14.2. Robotun Genel Şeması	491
8.14.3. Otomatik Sondaj Makinesi İçin Kullanılan Program	493
8.14.4. Programın Açıklanması	494
8.14.5. Sistemin Çalışması	495
8.14.6. Kullanılan Malzemeler	496
8.14.7. Robotun Yapım Basamakları	501
8.15. Otomatik Röntgen Çeken Robot Projesi	505
8.15.1. Projede Kullanılan Malzemeler	505
8.15.2. Fonksiyon ve Kontrol	505
8.15.3. Elemanların Adlandırılması ve Fonksiyonları	506
8.15.4. Robot Kolunun Hareketleri	506
8.15.5. Robotun Çalışma Prensibi	507
8.15.6. Programın Yazılımı ve Açıklaması	508
8.15.7. Projenin Montaj Aşamaları	510
8.16. Mitsubishi Move Master Robotu ile Programlama Örneği	514
SÖZLÜK	517
KAYNAKLAR	519
İNDEKS	527

8.4.1.

8.4.2.

8.4.3.

ŞEKİLLER

Şekil 1: Robot önüne yerleştirilmiş paletli taşıma sistemi	23
Şekil 2: Bantlı taşıyıcı sistemin şematik görünüşü	24
Şekil 3: Helezon konveyörün şematik görünüşü	25
Şekil 4: Elevatörün şematik görünüşü	25
Şekil 5: Elektromanyetik tetiklenen bir rölenin şematik çizimi	40
Şekil 6: Zaman geciktirme valfi	44
Şekil 7: Gecikmeli kontakların simgeleri	44
Şekil 8: Seri tip rölenin şematik çizimi	46
Şekil 9: Manyetik açmalı da seri kontaktörün şematik çizimi	46
Şekil 10: Akım ile kontaktördeki çekme kuvvetinin (Tork) değişimi	47
Şekil 11: Bir röle bobini üzerine boşalan yüklü kondansatör ve akımın zamanla değişim eğrisi	48
Şekil 12: İstim makinesinin çalışma prensibini gösteren şematik çizim	85
Şekil 13: Eksenlerin pozitif yönlerinin gösterilişi	122
Şekil 14: Yöneltilmiş düzlem	123
Şekil 15: Üç eksenli robot	125
Şekil 16: Robot bileğindeki hareketler	126
Şekil 17: Robotun çalışma konumu	126
Şekil 18: Kartezyen koordinat sistemine ait şematik çizim	127
Şekil 19: Kartezyen koordinat sistemine göre çalışan bir robotun yer koordinat sistemi	128
Şekil 20: Kartezyen koordinat sistemine göre çalışan bir robotun takım koordinatları	138
Şekil 21: Eksen takımlarının referans noktası ve koordinat eksenlerinin obje takımları	129
Şekil 22: Dönme matrisleri	140
Şekil 23: Öteleme hareketine maruz kalmış koordinat eksenleri takımı	133
Şekil 24: Dönme hareketini gösteren koordinat eksen takımları	133
Şekil 25: Değişimlerin çoğaltılması	134
Şekil 26: Koordinat eksenlerinin alet takımı	135
Şekil 27: Bir parçayı kavrama	136
Şekil 28: Silindirik koordinat sistemli robotun çalışma alanı	138
Şekil 29: Silindirik koordinat sistemli robotun dönme açısı	139
Şekil 30: Silindirik koordinatlı robotun hareket alanları	140

Şekil 31: Silindirik koordinat sistemli bir robotun hareketleri	141
Şekil 32: Silindirik koordinatlı bir robotun şematik çizimi	142
Şekil 33: Silindirik koordinatlı robotlarda hareket yönleri	144
Şekil 34: Polar koordinatların vektörel bileşenleri	147
Şekil 35: Polar koordinat robotunun en genel hali	148
Şekil 36: Polar koordinat ile silindirik koordinat arasındaki benzerlik	149
Şekil 37: Polar koordinat robotunun yatay ve düşey hareket alanları	149
Şekil 38: Polar koordinat robotunun hareket eksenleri	152
Şekil 39: Polar koordinat robotunun küresel hareketi	153
Şekil 40: Revolutede koordinat sistemli robot eksenleri	155
Şekil 41: Revolutede koordinat sistemi ve bileğin birleşmesinden oluşan robot	157
Şekil 42: Revolutede koordinat sistemli robotun çalışma alanı	158
Şekil 43: Jointed arm robot üzerindeki bir kol düzeneği	168
Şekil 44: Son etkileyicinin hareketleri	170
Şekil 45: Jointed arm robotun çalışma alanı	175
Şekil 46: Scara tipi robota ait şematik çizim	181
Şekil 47: Scara robotun çalışma alanına ait hacim	182
Şekil 48: Scara tipi robot kullanılarak yapılmış pnömomatik kontrol sistemi	184
Şekil 49: Coiffet tipi bir endüstri robotun mekanizmaları	188
Şekil 50: Bir robotun serbestlik derecesi	189
Şekil 51: Dombre e 115 robotunun kolları	190
Şekil 52: Uç elemanın hareketleri	191
Şekil 53: Serbest harekete sahip bir robota ait uç elemanın durumları	191
Şekil 54: F.Ü. TEF'deki SCORBOT – ER V PLUS robotu	199
Şekil 55: Sökülebilir parmaklı tutucu	205
Şekil 56: Nesneyi parmak güçleri ile fiziksel sıkıştırma	206
Şekil 57: Tutucuda nesneye uygulanan kuvvetin yönleri	206
Şekil 58: Döner hareketli mekanik tutucular	207
Şekil 59: Rehber hattı kullanan lineer hareketli mekanik tutucular	208
Şekil 60: Bazı eklemli tutucular	208
Şekil 61: Dişli mil yoluyla çalışan tutucu	209
Şekil 62: Meyillendirici kullanılan tutucu	210
Şekil 63: Dönel mil tipli tutucu	210
Şekil 64: Enjektörde kullanılan venturi	212

Şekil 65: Daimi mıknatısta ayırıcı biriminin kullanımı	214
Şekil 66: Şişirilebilen tutucular ve üç parmaklı el	215
Şekil 67: Pnömatik sistem	218
Şekil 68: Hidrolik sistem	219
Şekil 69: Çeşitli eksenlerde hareket sağlayan bir robota ait şematik çizim	220
Şekil 70: Analog servo sistem	247
Şekil 71: Dijital servo sistem	248
Şekil 72: Adım kontrolü	248
Şekil 73: By-pass'lı hidrolik güç motoru	249
Şekil 74: DOF'un şematik görünümü	251
Şekil 75: Syntaxere ait bir DOF	251
Şekil 76: Elle kontrol	253
Şekil 77: Tele kontrol	253
Şekil 78: Taklit yolu ile kontrol	258
Şekil 79: Eklem noktalarının farklı şekilde ayarlanması	261
Şekil 80: Robot eksenleri için dizi oluşturulması	262
Şekil 81: Robotun hareket dizileri	264
Şekil 82: Dünya koordinat sisteminde eksenler	264
Şekil 83: Uç aygıtın yönlendirilmesi	266
Şekil 84: Çok parçalı kesim yapan robot	267
Şekil 85: Bir birimin modellenmesi	273
Şekil 86: Kamera ile algılanma ve robotu kontrol etme sistemi	282
Şekil 87: IBM 7565 Robotunun hareketleri	292
Şekil 88: IBM 7565 Robotunda hareketler ve açıklamaları	294
Şekil 89: 10 Nolu programa ait akış şeması	367
Şekil 90: Sayıcı (Koder)	376
Şekil 91: Şişelerin sıvı ile doldurulması benzetim projesinin şematik çizim	380
Şekil 92: Sistemin konumuna ait şematik çizim	388
Şekil 93: Otomatik araba yıkama sistemi yerleşim planı	415
Şekil 94: Otomatik araba yıkama devresinin blok genel yapısı	416
Şekil 95: Otomatik araba yıkama sisteminin optik algılayıcı devresi	416
Şekil 96: Otomatik meyve soyma ve dilimleme makinesinin şematik görünüşü	422
Şekil 97: Kapı kontrollü asansör projesinin şematik çizimi	428
Şekil 98: Uçaksavar makinesi için yerleşim planı	436
Şekil 99: Kayısı islimleme makinesi için yerleşim planı	449

Şekil 100:Zamanlama devresi	451
Şekil 101:Ortam ısını algılayan elektronik devre	460
Şekil 102:Otomatik vinç kontrolündeki yerleşim planı	467
Şekil 103:Otomatik vinç kontrolündeki yürüyen bant	468
Şekil 104:Otomatik pres makinesinin şematik çizimi	472
Şekil 105:Zeytin presleme sisteminin prensip şeması	481
Şekil 106:Sondaj makinesinin genel şeması	492
Şekil 107:Otomatik röntgen çeken robotun çalışma prensibi	507
Şekil 108:Mitsubishi move master robotu	515
Şekil 109:Move master sistemi	516

RESİMLER

Resim 1: Mars yüzey aracı ve ay aracının resimleri	13
Resim 2: Askılı taşıyıcılar	27
Resim 3: Bir rölenin dış görünüşü	42
Resim 4: Bir robota ait resim	64
Resim 5: Motorları Güneş enerjisiyle çalışan mars yüzey aracı	75
Resim 6: NASA'nın ay yüzeyini incelemek için ürettiği bir robot	75
Resim 7: NASA'nın yer koşullarına uygun ürettiği robotlar	76
Resim 8: NASA'nın merkez ile haberleşmesini sağlayan bir robot	76
Resim 9: Ayakları üzerinde yürüyebilen bir robot	102
Resim 10: Sanayi tipi robotlar	105
Resim 11: Atilla isimli robot	108
Resim 12: Teleoperatör	109
Resim 13: Elma tutan bir mikrorobot	111
Resim 14: Değişebilen robotlar	112
Resim 15: Endüstride kullanılan silindirik koordinat sistemli robot	145
Resim 16: Maker-110 robotu	153
Resim 17: Endüstride kullanılan bir polar koordinat robotu ve eksenler	154
Resim 18: Revoluted koordinat sistemli bir robota ait resim	159
Resim 19: Spring turkey (zıplayan hindi) isimli robota ait resim	163
Resim 20: İki kamera ile kontrol	165
Resim 21: Stereoscopic üç boyutlu sistemlerin çalışma biçimi	166
Resim 22: Jointed arm robotta son etkileyicinin benzetimi	170
Resim 23: Jointed arm robotta sürücüler	171
Resim 24: Jointed arm robotta kontrolör	173
Resim 25: Jointed arm robotta bilek ucuna yerleştirilmiş algılayıcı	173
Resim 26: Cincinnati milacron tipi bir jointed arm robota ait resim	176
Resim 27: Puma marka jointed arm robotu	176
Resim 28: Köşe içerisinde dolaşarak çalışan jointed arm robot	178
Resim 29: Yüksek yerlere monte edilebilen jointed arm robot	178
Resim 30: Duvara monte edilebilecek bir jointed arm robotu	179
Resim 31: 8 Metreye kadar olan mesafelere yükselip yükleme yapabilen jointed arm robot	179
Resim 32: IBM 7575, SCARA tipi bir robot	194
Resim 33: SCARA adept three robotu	194
Resim 34: Cincinnati Milacron T3 robotu	195
Resim 35: Puma 200 robotu	196

Resim 36: Puma 700 robotu	197
Resim 37: Puma 700 robotu Kesme İşlemi Yaparken	197
Resim 38: Kuka tipi robot	198
Resim 39: Tekerlekli sandalye robotu	202
Resim 40: Robot üzerinde bulunan tutucu	211
Resim 41: Cam levhaları kaldıran vakumlu emici	212
Resim 42: Pnömatik çalışan parmaklar	221
Resim 43: Üzerinde sensör ve transdüserler bulunan bir robot	226
Resim 44: Temas sensörleri bulunan bir robot sistemi	228
Resim 45: Tezgah üstü bir robota ait resim	229
Resim 46: Birden fazla robotun bir arada işletilmesi	232
Resim 47: Robotların işletilmesine ait bir resim	233
Resim 48: Programlama amaçlı masa üstü bir robot resmi	238
Resim 49: Parçayı konumlandıran robota ait resim	239
Resim 50: Robotta uç etkileyiciler	241
Resim 51: Asea syntaxer kontrol paneli	246
Resim 52: Acma marka kontrol paneli	250
Resim 53: Toshiba kontrol paneli	252
Resim 54: Kontrol paneli	255
Resim 55: Robot kontrolü için kullanılan kontrol paneli	256
Resim 56: Kontrol paneli tuşları	256
Resim 57: Dokunmatik kontrol paneli	257
Resim 58: Öğrenme pendatifi kullanan bir robot	259
Resim 59: Silma's robocam şirketine ait grafik ve simülasyon yeteneğindeki off-line programı	281
Resim 60: SCORBOT-ER V plus robotu	324
Resim 61: Dişli ray için dişli kutusu	381
Resim 62: Redüktör kutusu çarksız	381
Resim 63: Panel (20 adet)	381
Resim 64: Kablo fişi	381
Resim 65: Çift mandallı yapı bloğu (5 adet)	382
Resim 66: Panel tutturucu	382
Resim 67: Panel tutturucu	382
Resim 68: 7.5 mm lik yapı bloğu	382
Resim 69: Bağlantı kabloları	382
Resim 70: 15 mm lik yapı bloğu (10 adet)	382
Resim 71: 30 mm lik yapı bloğu (15 adet)	382
Resim 72: Mini Motor (3 adet)	382
Resim 73: Mikro anahtar (6 adet)	382

Resim 74: Tutturaç 25 mm	382
Resim 75: Tutturaç 10 mm	383
Resim 76: Kablo sıkıştırıcı	383
Resim 77: Dişli ray (7 adet)	383
Resim 78: Alüminyum profiller	383
Resim 79: Bilgisayar kontrolü için arabirim	383
Resim 80: 5mm' lik yapı bloğu X4 (R1)	389
Resim 81: Lamba, LDR ile alt soketler ve üst kapakları X4 (R2)	389
Resim 82: Mikro anahtar X2 (R3)	389
Resim 83: Motor X2 (R4)	389
Resim 84: Soket kutusu X1 (R5)	389
Resim 85: Kama X10 (R7)	389
Resim 86: Açısal yapı bloğu X2 (R8)	389
Resim 87: 15mm' lik çift dilli yapı bloğu X4 (R9)	389
Resim 88: 30mm'lik yapı bloğu X6 (R10)	389
Resim 89: LDR bloğu X2 (R11)	390
Resim 90: 75mm' lik Alüminyum çubuk X2 (R12)	390
Resim 91: Ara birim X1 (R6)	390
Resim 92: Kablo fişlerinin bağlantı kabloları ile montajı (R13)	390
Resim 93: 90mm' lik alüminyum çubuk X1 (R14)	391
Resim 94: Motor dişli kutusu X2 (R15)	391
Resim 95: Eş açılı tek dilli yapı bloğu X2 (R16)	391
Resim 96: 15 mm'lik tek dilli yapı bloğu X7 (R17)	391
Resim 97: 7.5 mm'lik yapı bloğu X2 (R18)	391
Resim 98: Dişli ray X4 (R19)	391
Resim 99: Köşebent X2 (R20)	391
Resim 100: 210 mm'lik alüminyum çubuk X2 (R21)	392
Resim 101: Panel kapağı X6 (R22)	392
Resim 102: Montaj aşaması (R21, R14, R2 Nolu parçalar)	392
Resim 103: Montaj aşaması (R1, R2, R10 Nolu parçalar)	393
Resim 104: Montaj aşaması (R16, R4, R7 Nolu parçalar)	393
Resim 105: Montaj aşaması (R8, R15, Nolu parçalar)	394
Resim 106: Montaj aşaması (R19, R17, R12 Nolu parçalar)	394
Resim 107: Montaj aşaması (R18, R20, R22 Nolu parçalar)	395
Resim 108: Montaj aşaması (R3, R9 Nolu parçalar)	395
Resim 109: Montaj aşaması (R11, R13 Nolu parçalar)	396
Resim 110: Montaj aşaması (R5, R13 Nolu parçalar)	396
Resim 111: Montaj aşaması (R6 Nolu parça)	397
Resim 112: M1 ve M2 uçlarında sonsuz dişli dişli bulunan motorlar	402

Resim 113: Alüminyum çubuk ve anahtarlar kapının oluşumu için kullanılan alüminyum çubuk ve kapının açılıp, kapanması için kullanılan anahtarlar	402
Resim 114: Fototransistörler şifre çözücü ve logo programında Anahtar olarak kullanılan E1, E2 fototransistörler.	402
Resim 115: Fotodirenç arabanın garaja tam olarak girdiğinde kapının kapanmasını sağlayan yani algılayıcı olarak kullanılan fotodirenç.	402
Resim 116: Miller, çarklar, sıkıştırıcılar ve tekerlekler robot arabanın hareketini sağlayan tekerlekler, bunların gövdeye bağlantısı için miller, gövdeden kaymaması için sıkıştırıcılar ve hareket işlevi için çarklar	403
Resim 117: Yukarıdaki malzemelerin montajı tekerleklerin oluşumu için yapılan montaj	403
Resim 118: Sonsuz dişli takımı robot arabaya hareket veren sonsuz dişli takımı ve bu takımın motor ile olan montajı	403
Resim 119: Alüminyum çubuklar ve yapı blokları arabanın gövde montajı için kullanılan alüminyum çubuklar, büyük yapı blokları ve küçük yapı blokları.	403
Resim 120: Robot arabanın genel montajı	403
Resim 121: Montaj tablası kapının oluşumu için kullanılan zemin.	404
Resim 122: Motor dişli takımı ve dişli kolları kapının aşağı ve yukarı hareketini sağlayan dişli kollar ve bu dişlilerin üzerinde hareketi sağlayan motor dişli takımı.	404
Resim 123: Yukarıdaki malzemelerin alüminyum çubuk üzerine adım adım montajı	404
Resim 124: Montaj levhaları kapının önden estetik görünüşü için kullanılan, büyük, orta, küçük montaj levhaları, ara bağlantı pimi ve kabloların düzenli görünümü için kullanılan sabitleyici	404
Resim 125: Yukarıdaki malzemelerin genel montajı	405
Resim 126: Kapının hareket kolları'nın montajı. Kapının genel montajı	405
Resim 127: Mini motor ve dişli takımı kapının aşağı - yukarı hareketi için gereken malzemeler	405
Resim 128: Bağlantı kabloları	405
Resim 129: Fototransistörler şifre okuyucu olarak kullanılan Malzemeler	406

Resim 130: Şifre çözücünün genel görünümü	406
Resim 131: Lamba, Fotodirenç, Anahtar, Şifre Kartı Araba farı olarak kullanılan lamba, araba girişi ve far algılayıcısı olarak kullanılan fotodirenç, kapının yukarı-aşağı konumlarını ayarlayan anahtar ve kapının açılımı için gerekli olan şifre kartı	406
Resim 132: Arabirim bağlantı kabloları vasıtasıyla kapı ile bilgisayar arası bağlantıyı sağlayan ara birim	406
Resim 133: Adaptör arabirim beslemek için kullanılan adaptör	407
Resim 134: Güç kaynağı robot arabayı beslemek için kullanılan güç kaynağı	407
Resim 135: Bilgisayar projenin logo dilinde yazılması ve projenin tüm kontrolünü sağlayan bilgisayar	407
Resim 136: Tamamlanmış projenin genel görünümü	407
Resim 137: Montaja ait genel görünüm	414
Resim 138: Sistemin çalışır vaziyetteki görünümü	414
Resim 139: Otomatik meyve soyma ve dilimleme makinesinin Resmi	423
Resim 140: Kapı kontrollü asansör projesinin genel görünüşü	429
Resim 141: Kullanılan parçalar (toplu görünüş)	433
Resim 142: Fischertechnik robot seti	433
Resim 143: Arabirim ve bağlantı kabloları	433
Resim 144: Robotun Yandan görünüşü	433
Resim 145: Robotun önden görünüş	434
Resim 146: Robotun otomatik kapı kısmı	434
Resim 147: 5mm' lik yapı bloğu (P1)	439
Resim 148: Lamba, LDR ile alt soketler ve üst kapakları (P2)	439
Resim 149: Mikro anahtar (P3)	439
Resim 150: Motor (P4)	439
Resim 151: Döner tabla (P5)	439
Resim 152: Soket kutusu (P6)	439
Resim 153: Kama (P8)	439
Resim 154: Ara birim (P7)	440
Resim 155: Açısal yapı bloğu (P9)	440
Resim 156: Panel kapağı (P10)	440
Resim 157: 15mm' lik yapı bloğu (P11)	440
Resim 158: Kasnak desteği (P12)	440
Resim 159: 15° lik açısal yapı bloğu (P13)	440
Resim 160: 30mm' lik yapı bloğu (P14)	440

Resim 161: Montajı tamamlanmış LDR bloğu (P15)	440
Resim 162: Eksenli U tipi redüktör (P16)	440
Resim 163: 75mm' lik alüminyum çubuk (P17)	440
Resim 164: Fişlerinin bağlantı kabloları ile montajı (P18)	441
Resim 165: 90mm' lik alüminyum çubuk (P19)	441
Resim 166: Tabla üzerine P11, P12, P13 nolu parçaların montajı	441
Resim 167: P9 ve P12 nolu parçaların montajı	441
Resim 168: P4 ve P3 nolu parçaların montajı	442
Resim 169: P11, P13, P14 nolu yapı bloklarının montajı	442
Resim 170: P2 ve P15 nolu parçalar	442
Resim 171: Silah, radar ve dedektör bloğu	443
Resim 172: P19 nolu alüminyum çubuğun montajı	443
Resim 173: Soket kutusu ve motor montajı	443
Resim 174: Kablo bağlantılarının yapılması	444
Resim 175: Arabirimin (Interface) sisteme bağlanması	444
Resim 176: Robotu besleyen güç kaynağı	444
Resim 177: Güç kaynağı ve robotun görünüşü	445
Resim 178: Projenin komple görünüşü	445
Resim 179: Kayısı İşleme Makinası	449
Resim 180: Zamanlama devresine ait resim	452
Resim 181: Bilgisayar ile robot seti arasında kullanılan arabirim	452
Resim 182: M1 ve M2 Motorları	453
Resim 183: Ecza deposu ısı kontrolünü sağlayan robotun genel görünümü	461
Resim 184: Dişli kutusu	463
Resim 185: Dişli ray için dişli kutusu	463
Resim 186: Arabirim için bağlantı soketi	463
Resim 187: Metal parçalar	463
Resim 188: Elektro mıknatıs	463
Resim 189: Dişli döner tabla	464
Resim 190: Motor	464
Resim 191: Tek mandallı yapı bloğu	464
Resim 192: Panel tutturucu	464
Resim 193: Tek mandallı panel tutturucu	464
Resim 194: Dişli ray	464
Resim 195: Panel	464
Resim 196: Kare panel	465
Resim 197: Kablo fişi	465
Resim 198: Bilgisayar kontrolü için arabirim	465

Resim 199: Vinç benzetim projesinin genel görünümü	465
Resim 200: Metal parçaları almaya giden robot kolu	466
Resim 201: Raylar	473
Resim 202: Alüminyum Profil	473
Resim 203: Dc Motor (1 Adet)	473
Resim 204: Mini Motor	473
Resim 205: Dişli ray için dişli kutusu	474
Resim 206: Dönerli dişli çark	474
Resim 207: Interface	474
Resim 208: Kontrol kablosu	474
Resim 209: Bilgisayar kontrolü için arabirim interface	475
Resim 210: Montaja başlama, ana tabla, döner tabla ve dişli	475
Resim 211: Rayın dişli üzerine oturtulması	475
Resim 212: Pres dikey kolunun montaj edilmiş hali	476
Resim 213: Pres makinesinin genel görünümü ve arabirim	476
Resim 214: Pres makinesinin önden genel görünüşü	481
Resim 215: Kazanların ileri ve geri hareketini sağlayan Ray sistemi	482
Resim 216: Zeytinleri presleyen pres	482
Resim 217: Zeytinleri presleyen pres mekanizmasının tüm genel görünümü	483
Resim 218: Antrakt kapağını açan sistem	483
Resim 219: Roboton genel olarak önden görünüşü	484
Resim 220: Roboton soldan genel görünümü	484
Resim 221: Robotun sağ üstten görünüşü	485
Resim 223: Robot ve robotu logo programıyla işleten bilgisayarın genel görünümü	497
Resim 224: Sondaj makinesi genel görünümü	497
Resim 225: Robot seti ve diz üstü bilgisayar	498
Resim 226: Arabirim	498
Resim 227: Arabirim ile robot seti arasında iletişimi sağlayan kablo ve soket	499
Resim 228: Dişli sistemli döner tabla	499
Resim 229: Dişliye bağlı mil	500
Resim 230: Kullanılan destekler ve LDR	500
Resim 231: Motor, sabitleştirilmiş helezon dişlisi, anahtar	501
Resim 232: Kelepçe, helezon dişli, kablo ucu	501
Resim 233: Çarklı döner tabla üzerine tutturulan destek ayaklar	501

Resim 234: Döner tablanın yerleştirilmesi ve E6 algılayıcısının yerinin tespiti	502
Resim 235: Robotun kendi çevresinde dönebilmesini sağlayan motor, mil ve helezon dişlisi	502
Resim 236: Robotun iskeleti	503
Resim 237: M2 Motoru ile inip çıkarak milleri hareket ettiren Düzenek	503
Resim 238: Kazma işlemini yapacak helezon dişlinin millere Bağlanması	504
Resim 239: Sondaj makinesinin bitmiş montaj resmi	504
Resim 240: Ray düzeneği ve robot ayakları	510
Resim 241: Ayaklar üzerine rayın monte edilmiş hali	511
Resim 242: Robotun dikey düzlemde hareketini sağlayan kolun monte edilmiş hali	511
Resim 243: Hastanın yatırıldığı masayı simüle eden düzenek ve verici lamba	511
Resim 244: Robotu yatay ve düşey düzlemde hareket ettiren, hastanın röntgen çekilecek yerini algılayan ve röntgen çekimini simüle eden robot kolu	512
Resim 245: Robot kolunun başka bir açıdan görünüşü.	512
Resim 246: Robotun montajının tamamlanmış hali ve önden görünüşü.	512
Resim 247: Robotun yatay ve dikey düzlemdeki hareket yönleri	513
Resim 248: Robotun hasta üzerindeki vericiden yayılan sinyalleri yakalamak için yatay düzlemdeki hareketi	513
Resim 249: Robotun arkadan genel görünümü	513
Resim 250: Mitsubishi move master (Model RM-501) robotu	514

TABLOLAR

Tablo 1:	Farklı tip paletlerin özellikleri	23
Tablo 2:	Robotların hareketleri seçilirken dikkat edilecek bazı temel noktalar	115
Tablo 3:	Endüstriyel robotlarda karşılaşılan eksen türleri	116
Tablo 4:	Tutucuların tasarımında göz önünde bulundurulacak özellikler	223
Tablo 5:	Robotlarda koordinat sistemleri ve sembolleri	235
Tablo 6:	Robot programlamasına ait küçük bir örnek	242
Tablo 7:	Hafızadaki programların listesinin dış komutu ile ekrana yansıtılması	352
Tablo 8:	SCORBOT'u el ile kontrol ederken kullanılan tuş tablosu	357
Tablo 9:	LISTP komutu kullanıldığında ekranda gözükten tablo	358
Tablo 10:	Robotu çalıştıracak yazılım yüklendiğinde ekranda gözükten ilk yazılar	370
Tablo 11:	LOGO yazılımının ekrandaki görüntüsü	370
Tablo 12:	LOGO diagnostic yazılımının çalıştırılması	377
Tablo 13:	Otomatik araba yıkama projesi için kullanılan malzemeler	413
Tablo 14:	Otomatik araba yıkama projesine ait anahtarların konumu	417
Tablo 15:	Kapı kontrollü asansör projesinde robot hareketleri	430
Tablo 16:	Isı kontrollü projesinde anahtarların görevleri	457
Tablo 17:	Isı kontrollü projesinde anahtarların durumları	457
Tablo 18:	Vinç benzetim projesinde anahtar durumlarına göre sistemin cevabı	466

1. ÜNİTE: OTOMASYONA GİRİŞ

1.1. Otomasyonun Tanımı ve Gelişimi

Çeşitli bilimsel, sınaî, tarımsal ve idarî işlerin yürütülmesinde, insan müdahalesini tamamen ya da kısmen ortadan kaldırmaya ve işlemlerin otomatik olarak yürütülmesine, otomasyon denilmektedir. Bununla birlikte endüstriyel anlamda otomasyonu; işlem ve üretim kontrolünde mekanik, elektronik ve bilgisayar tabanlı sistemlerin birlikte kullanılması olarak da tanımlayabiliriz. Otomasyon; bir elektrikli fırının veya otomatik çamaşır yıkama makinesinin ısı ve yıkama programının ayarlanması, lüks bir markete veya otele girerken kapının otomatik olarak açılması örneklerinde olduğu gibi basit işlere uygulanabildiği gibi, kimyasal üretim amaçlı bir fabrikadaki işlemleri bilgisayarla ya da bir bankayı otomatik olarak yönetme (Bankamatik) veya Mars gezegeni üzerinde robot aracı dolaştırma gibi en karmaşık işlere de uygulanır.

Sürekli olarak yeni tekniklerin kullanılması sonucunda gelişme gösteren otomasyon kavramı esas olarak üç ana gruba ayrılabilir:

- Sabit Otomasyon,
- Programlanabilir Otomasyon,
- Esnek Otomasyon.

Şimdi bunları kısaca açıklayalım:

a. Sabit Otomasyon

Sabit Otomasyon, sistemleri üretim hacminin çok olduğu, bir üretim veya otomasyon hattından sürekli tek bir ürün ya da işlem beklendiği durumlar için uygulanmaktadır. Bu tip otomasyon hatları, ara üründe hep aynı tür işlemlerin yapıldığı veya nihai ürünün konveyörlerle taşındığı, sıralandığı, paketlenildiği değişmeyen işlemler olarak diğer iki tip otomasyon sisteminin bir ara birimi de olabilmektedir. Bu tip uygulamalarda, üretim kapasitesi ve standardını artırmak amacıyla robotlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

b. Programlanabilir Otomasyon

Programlanabilir otomasyon sistemlerinde, daha sık olarak ürün veya işlem değiştirilebilmekte, her yeni değişime programlanabilen cihazların sağlamış olduğu program avantajı ile uyum sağlanabilmektedir. Buradaki program, cihazlara bir kere girilmiş olan sabit program olduğu gibi, zamanla değişen ihtiyaçlara göre değişebilen program da olabilmektedir. Bu tip uygulamalarda otomasyon sistemleri, birden fazla programı hafızalarında bulundurabilmeleri ve gerektiğinde bu programlar arasında geçiş yapabilmeleri sebebiyle, oldukça büyük görevler yapabilmektedir.

c. Esnek Otomasyon

Günümüzde popüler çalışma gruplarından biri olan esnek üretim sistemlerinin kısa adı, FMS, (Flexible Manufacturing System)'dir. FMS tipik olarak birçok iş istasyonunun materyal işleme ve depolama sistemine bağlandığı, veri işleme ve değerlendirme işlemlerinin ağırlık kazandığı karmaşık algoritmaların etkin olduğu sistemlerdir. Burada ürün çeşitliliğindeki artışa kolay ve çabuk uyarlanabilme esasını ön plandadır. Otomasyon sistemlerinin kendi giriş/çıkış portları ve elektronik ara birimleri, bir otomasyon sisteminin sık değişim taleplerine cevap verebilmesini mümkün kılabilir. Bir otomasyon sistemine yüklü bulunan programlar, sistemi denetlemekte olan programlanabilir cihazlarla otomatik olarak aktif hale getirilebilmektedir.

Otomasyon, yalnızca insan yerine otomat kullanılması esasına dayanmaz. Örneğin, dikiş makinesi ile, bir terzinin elle diktiği dikiş arasında fark vardır. Otomasyon, göz önüne alınan süreci az çok derin bir biçimde, yeni bir bakış açısıyla ele almaya ve kazanılmış alışkanlıklarla, geleneksel çözümleri yeniden gözden geçirmeye dayanır. Öte yandan, bir süreci yönlendirmede söz konusu olan zihinsel işlevlerin tümünü ya da bir bölümünü teknolojik organlara aktaran otomasyon, bu özelliğiyle basit makineleştirmeden daha yüksek bir yer alır.

Otomasyonun başlıca bileşenleri; bilgi vericiler ve algılayıcılar, etkileyiciler, bunların güç yükselteçleri ve bilgi işlem organlarıdır. Burada bahsi geçen bilgi işlem organlarından anlatılmak istenen, bilgisayarlar ve mikroişlemcilerdir. Bu bileşenlerin yapısı, göz önüne alınan otomatik

denetim sisteminin yapısına bağlıdır. Otomasyonda, bütün tekniklerden hiçbir sorun çıkmadan yararlanılabilir.

Günümüzde yarı iletken teknolojisindeki sürekli gelişim, otomasyon sektöründe de kendini göstermektedir. Programlanabilir kontrol modüllerinin boyutları küçülürken, işlem fonksiyonlarının hızları artmakta ve çok kullanışlı program paketleri ile desteklenmektedir. Bununla paralel olarak gelişen diğer bir konu da, modern üretim tesislerindeki otomasyon sistemlerinden beklentilerdir.

Her çeşit programlama parçalarının ve sistemlerin artarak kullanımı, Bilgisayar Kontrollü Takım Tezgahlarının (CNC- Computer Numerical Control), robotların, bilgisayarların, Bilgisayar Destekli Tasarım / Bilgisayar Destekli İmalat sistemlerinin, esnek imalat sistemlerinin (FMS) ve bilgisayar-entegreli imalat sistemlerinin (CIMS- Computer Integrated Manufacturing Systems) birleşmesiyle, imalat tamamen ve köklü olarak değişmiştir. Bilgisayar Destekli İmalat (CAM), çalışmaların en ince ayrıntısına kadar planlanmasını sağlamıştır. İşlemin her basamağında imalat yapılmadan önce, yapılacak işler açıkça tanımlanabilmektedir. Kısacası hata yapılmasına fırsat verilmeden en mükemmel ürün tüketiciye sunulabilmektedir. Bundan önceki dönemlerde imalattaki genel çalışma sistemlerinde detayların belirlenmesi, teknisyenlere veya operatörlere bırakılırdı. Diğer bir deyişle imalat kolayca tamir edilemez ve hataların tespiti ile onarımı bugüne göre çok daha uzun sürerdi.

Sayısal Kontrol (NC- Numerical Control) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) teknolojileri, otomasyon kavramının anlaşılabilmesi için güzel örneklerdir. Sayısal Kontrol (NC) teknolojisinin asıl amacı, makinelerin otomatikleşmesini sağlamaktır. Aynı zamanda Sayısal Kontrol teknolojisi, malzeme-işleme tezgahlarının otomatik kontrolü için geliştirilmiş, bu teknolojinin uygulamaları da makinelerin ve işlemlerin geniş bir alana yayılmasını sağlamıştır.

Otomasyonun insan gücü istihdamı üzerindeki etkileri olumsuzdur. Hayatımızı kolaylaştıran, üretimi artıran, tehlikeli ve pis işlerimizi üstlenen otomasyon sistemleri, yüzyılımızın en önemli kavramlarından birisi haline gelmiştir. Ancak işlerin otomatik olarak yürütülmesi, o iş sahalarında çalışan işçilerin sayısının azaltılmasına neden olabilmektedir. Örneğin Fransa'da sentetik tekstilde kullanılan otomasyondan ötürü, üre-

timde herhangi bir düşüş olmadığı halde, ücretli işçi sayısı birkaç yılda %300 oranında azalmıştır. Saat üretme teknolojisinde, elektronik ve mekanik işçiliğin en önemli bölümünün yerini gene otomasyon almıştır.

İş örgütlenmesi bakımından otomasyon, daha büyük bir merkezleşme imkanı sağlar. Ama bunlar çoğunlukla kuramsaldır. Yani, bazı yöneticiler otoriteyi tamamen kendi ellerinde tutmak için daha çok maki-neleşmeye gitmektedir. Tabii ki bunun sonucu olarak da ücretliler bu merkezleşmeye karşı tepkilerini çeşitli yollarla dile getirirler.

Otomasyonun, insan iş gücüne olan ihtiyacı düşürmesi, bu harika sistemlerin kullanılmasına engel teşkil etmemelidir. İşsizliğin önüne geçmek için, hiçbir zaman otomasyon sistemlerinden vazgeçilmemelidir. İşsizlik problemine, yeni iş alanları geliştirilerek çözümler getirilmelidir.

İkinci Dünya Savaşı'ndan beri, değişen talep, teknolojik gelişmeler, uluslararası rekabet eskiye nazaran daha hızlı yeni üretim teknolojilerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bir ürün; niteliğinde, kalitesinde ve performansında uzun bir müddet değişme göstermezse, yani tasarım değişiklikleri olmazsa, kısa ömürlü olur. Eski otomatik üretim sistemlerindeki çoğu parça için en küçük bir değişikliğin yapılması mümkün değil. Yani eski tip otomatik makineler değiştirilmesi zor olan mekanik, elektro mekanik, Pnömatik veya hidrolik-pnömatik donanım sistemleri tarafından kontrol edilen proseslerle karakterize edilirdi. Oysa, günümüz teknolojisi, yeni bir prensibe dayandırılan, parça tasarım ve üretim durumundaki değişikliklere kolay adapte olan bir kontrol sistemine ihtiyaç duymuştur. Bu kontrol sistemi, sayesinde, sistemi oluşturan mekanik, elektro mekanik, hidrolik-pnömatik vb. sistemler çok daha hassas sevk ve idare edilebilmektedir. Kontrol sistemi aynı zamanda insan müdahalesi olmadan yüksek verimle kontrol edilen üretim çeşitlerini de ortaya çıkarmıştır.

1.2. Grup Teknolojisi

Bilgisayar ağlarının geliştirilmesi sonucunda, birden fazla bilgisayar birbirlerine bağlanabilmektedir. Artık yapılan işlemler yalnız bir bilgisayara değil, birden çok bilgisayara yaptırılmaya başlanmıştır. Bir bilgisayar, ağa bağlı diğer bilgisayardaki veriye ulaşarak onu kullanabilmektedir. İnternet sayesinde de gerek verilere gerekse, diğer bilgisayarlarla bağlanmak kolayca sağlanabilmektedir. Böylelikle belli bir görev, bir-

kaç bilgisayar arasında paylaştırılarak iş daha kısa sürede, daha verimli ve daha kolay yapılabilir.

Birçoğumuz arı kovanı ve karınca yuvasını görmüşüzdür. Gerek arılar gerekse karıncalar arasında, muazzam bir iş bölümü vardır. Bilim adamları, arılar ve karıncalar arasında gerçekleştirilen iş bölümünü otomasyona uyarlamaya çalışmışlardır. Bilgisayar ağlarında olduğu gibi birbirleriyle de haberleşebilen otomasyon ağları kurulmaya başlanmıştır. Birden fazla otomasyon sistemlerinin bir arada çalıştırılmasıyla grup teknolojileri oluşturulmuştur. Bu tür sistemlerde, her elemana özerk bir yapı verilmiş ve böylece ayrı ayrı işlerle uğraşan otomasyon sistemlerinin belli bir uyum içinde çalışması sağlanmıştır. Bunun sonucu olarak, yapılacak olan işe göre, belli bir iş bölümü belirlenerek, o iş daha kısa ve daha kolay yapılabilir.

Teknolojik uygulamalarda olduğu gibi otomasyon alanında da, geliştirilmesi planlanan yapıya benzer özellikler taşıyan oluşumlar tabiat içerisinde incelenmektedir. En önemli araştırmalar da arı ve karınca topluluklarının incelenmesi üzerine olmuştur. Grup teknolojisinin sahip olması gereken özelliklerini belirlemek için, arı ve karınca topluluklarındaki bireylerin grup içi davranışları ve aralarındaki haberleşme en ince detayına kadar incelenmiştir.

İlk kullanılan otomasyon sistemlerinde veriler, denetim birimlerinde hesaplanırken, oluşturulan yeni yapıda, farklı işlerden sorumlu denetim birimleri mevcuttur.

1.2.1. Otomasyon Sistemlerini Oluşturacak Parçaların Genel Özellikleri

Otomasyon sistemi oluşturulurken her bir parçanın belirlenmesi, iyi bir tasarımcılık gerektirmektedir. Bugüne kadar geliştirilen otomasyon sistemlerini iki başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; heterojen ve homojen sistemlerdir.

a. Heterojen Sistemler

Heterojen sistemler, birbirinden farklı yapıdaki elemanlardan oluşur. Bu sistemi, hareket edebilen birden fazla otomasyon işlemlerinden

oluşan bir bütün olarak düşünebiliriz. Yani parçalar tek bir gövde oluşturmamaktadır. Heterojen sistemlerinde otomasyonu oluşturan parçalar birbirinden bağımsız olarak hareket ederler ve kendilerine verilen görevi yaparlar.

Heterojen sistemleri, bir robot üzerinde daha detaylı görmek mümkündür. Heterojen yapıdaki robot sistemlerine en iyi örneği, Japonya'da Nagoya Üniversitesi'ndeki Mekanik Bileşim ve Sistem Bölümü Başkanı T. Fukuda ve arkadaşlarının geliştirdiği "Hücresel Robot Sistemi (CEBOT-Cell Robot)" adı verilen robot teşkil etmektedir. Bu birimde, 1987 yılından beri bugüne kadar, üç adet robot prototipi hazırlanmıştır. Bunların en sonuncusu olarak da hazırlanan robotta, üç robot kol ve iki kamera mevcuttur. Robot kolların ikisi üretimi gerçekleştirirken, diğeri de kamerayı tutarak ortaklaşa çalışmaktadır. Hücresel Robot Sistemi, kendi kendini idare edebilen parçalardan oluştuğu için kendi kendini tamir etme gibi bir özelliğe sahiptir.

CEBOT, birçok topluluklarda olduğu gibi hiyerarşik bir yapı oluşturmaktadır. Her bir birim, canlılardaki sinir hücreleri gibi birbirleriyle sürekli iletişim halindedir.

b. Homojen Sistemler

Japon bilim adamı Fukuda, Hücresel Robot Sisteminin heterojen yapısının kolaylıklar sağladığını iddia ederken, son araştırmalarda homojen yapılardan da yararlanılmaya çalışılmaktadır. Birbirinin tıpatıp aynı parçalardan yapılması fikri, 1950 yıllarında geliştirilmiş ve günümüze kadar gelmiştir. Belirlenen esaslara göre kendi kendini oluşturan sistemde, elemanlar birbirinin muhakkak eşleniği olmak zorundadır. Bu düşüncenin sonucunda günümüzde homojen parçaların her birinde diğer parçalarla birleşme, bağlantısını koparabilme ve aynı zamanda değiştirebilme özelliği aranmaya başlanmıştır.

Japonya'daki bilim adamlarının birçoğu, homojen parçalardan oluşan robotların üretilmesi görüşünde birleşmektedirler. Bu bilim adamlarına göre; homojen parçalardan oluşan sistemlerde birbirinin aynısı olan parçalar, hata riskini azaltmaktadır. Heterojen parçalar, istenen her şekilde düzenlenemeyeceği için hata yapma riskleri çok fazladır. Homo-

jen bir sistemde ise, parçalar birbiriyle olan bağlantılarını değiştirerek, kolayca istenen şekli almaktadır. Aynı zamanda homojen sistemler, istenilen ortama uygun şekilde yapılandıkları için, seri üretimde oldukça başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Japonya'daki robot laboratuvarında bu şartlara uygun bir parça şekli geliştirilmiştir. Parçalar, düzgün bir yüzey üzerine yerleştirilmiş elektro-mıknatıstan oluşmaktadır. Üzerinde mikroişlemci yer alan parçalar birbiriyle sürekli haberleşme içerisinde. Bu konuda, ABD'de Johns Hopkins Üniversitesi'nde homojen parçalardan oluşan yeni bir robotun geliştirilmesine çalışılmaktadır.

Johns Hopkins Üniversitesi'ndeki araştırmacılar Mekatronik (mekanik-elektronik) parçalar adını verdikleri parçaları, bir araya getirerek metamorfik robotları oluşturmuşlardır. Metamorfik robotların en büyük özelliği, parçalarının şekil değiştirirken bile, birbirleriyle bağlantılarını asla koparmamalarıdır. Diğer özelliklerini sıralayacak olursak:

- Robotu oluşturan parçalar, aynı fiziksel özellikleri taşıyacak şekilde tasarlanmıştır. Bu şekilde, yapılacak olan işlerin planlanmasında tek bir yaklaşım yeterli olabilmektedir.
- Parçaların şekli, bir araya geldiğinde hiçbir boşluk kalmayacak şekilde tasarlanmıştır.
- Her parça, parçalar üstünde hareket edebilecek kinematik özgürlüğe sahiptir.
- Parçalar, birbirlerine yapıştıklarında tek bir nesne gibi hareket ederek çalışmasını sürdürebilmektedir.

Bu sebeple araştırmacılar, sonsuz sayıda mekatronik parçadan oluşan bir metamorfik robotun, mekatronik bir amip haline dönüşeceğini belirtmektedirler. John Hopkins Üniversitesi'ndeki araştırmacılar, teorik çalışmalarını 1994 yılında tamamladılar. Şu anda, metamorfik bir robot prototipinin geliştirilmesi üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. Bu son iki çalışmada, Hüresel Robot Sisteminden farklı olarak, birçok parçalardan oluşmuş; ama gövdesi tek olan bir robot sistemi geliştirmeyi hedef-

lemektedirler. Günümüzde bu konuda çok ilginç fikirler ileri sürülmektedir. Örneğin, araştırmalardan biri, parçaların bir araya getirilmesinde elektromanyetik teorideki bir kuramdan yararlanmayı hedeflemektedir.

1.2.2. Parçalar Arası Haberleşme Sistemi ve Önemi

Yapılarını düzenleyebilmek için, robotların parçalarını yeni oluşturulacak şekle göre düzenlemeleri gerekmektedir. Yani, parçalar, buldukları konumdan başka bir noktaya gidebilmek için bütün sistem hakkında bilgi sahibi olmak zorundadır. Parçanın sahip olduğu bilgi, yani yazılımı, canlılarda hücrelerin sahip olduğu DNA molekülleriyle aynı görevdedir. Ancak parçaların sistem hakkında bilgi sahibi olması yeterli bir şart değildir. Bulunulan ilk noktanın ve gidilecek son noktanın bilinmesi de çok önemlidir. Bunun yanı sıra parçaların belli bir düzen içinde hareket etmesi büyük önem taşır. Bu amaçla parçaların birbirleriyle sürekli iletişim halinde olması gerekmektedir.

İletişim, haberleşme demektir. Haberleşme sistemlerinin özelliklerinden bazıları aşağıda verilmiştir.

a. Uyumluluk

Robot sistemi hareket halinde olduğu için, iletişim sistemi buna uygun olacak şekilde yapılmalıdır.

b. Zaman

Robot sistemindeki parçalar, belli bir düzen içinde ortaklaşa çalıştıkları için zamanında haberleşmelidir. Haberleşmede meydana gelecek gecikmeler, düzeltilmesi imkansız hatalara neden olabilmektedir.

c. Güvenilirlik

İletişim sırasında bilgilerin doğru olarak iletilmesi çok önemlidir. Yanlış bilgilendirme, parçaların görevlerini yerine getirmesini engelleyecektir. Hatta birbirleriyle çarpışmalarına dahi yol açabilir.

d. Boyutların Değiştirilebilmesi

İletişim ağı, diğer bilgi ağlarıyla bağlantı kurabilecek ve onları kesecek özelliklere sahip olmalıdır. Örneğin, sistemin belli bir bölümü zarar gördüğünde o bölge ile olan iletişim kesilebilmelidir. Robotlarda, parçaların belli bir düzen içinde ortak bir çalışma gerçekleştirmesi gerekmektedir. Parçaların bu uyumunu sağlamak için, her parçanın görevi bildirilirken bazı konular göz önünde tutulmalıdır.

e. Görevlerin Yerine Getirilmesi

Yapılacak iş, bir gruba dağıtıldığında, elemanların hiçbirisi kendi görevini yerine getirirken, diğerlerinin görevlerini yerine getirmesini engellememelidir.

f. Görevlerin Birbirini Tamamlaması

Bir grup içinde, her eleman kendi üzerine düşen görevi yaptığında, görevlerin tümü belirli bir işin yapılmasını sağlamalıdır. Örneğin: yürürken, her bacağın görevi ileri doğru atılmaktır. Ancak yapılan iş, her bacağın sırayla ileri doğru atılmasıyla oluşan uyumla belirli bir tempoda yürümeğidir. Yapılan iş, sabit bir merkezden yönetilmeyip, birkaç noktadan kontrol edildiğinde, her birim kendi görevini yerine getirmeye çalışacağından verimlilik artacaktır.

Parçaların, böyle karmaşık görevler üstlenebilmesi için belirli bir zekâ seviyesine sahip olması gerekmektedir. Robot sistemlerinin işlevlerini yerine getirebilmesi için, grup zekâsı en uygun durumda olmalıdır. Birden çok parçadan oluşan robot sistemlerinde, grup zekâsı; gruptaki parçaların davranışlarını düzenleyen ve işbirliğini sağlayan bir yapı niteliğini taşımaktadır. Grup zekâsı, sistemin elemanlarına dağıtılmış zekânın bileşke noktasıdır. Yani her elemanın sahip olduğu zekâ, sistemin zekâsının sadece bir kısmını kapsamaktadır. Sahip olunan bilgiler, sistemin elemanlarına dağıtılmaktadır. Bu yapı, karar verme mekanizmasının da parçalara dağıtılacağı anlamına gelmektedir. Her eleman, kısıtlı bir zekâyla ve bilgiye sahip olması nedeniyle karar vermede yetersiz kalabilir. Bu nedenle elemanların, bir sorunu çözmek için beraberce çalışması gerekmektedir.

Elemanlar arasındaki ortak çalışma şekilleri; *görev paylaşımı ve sonuç paylaşımı* olarak ikiye ayrılmaktadır. Karar verme mekanizması, karmaşık problemleri çözen elemanlara doğru sıralı bir yapı izler.

Grup zekâsına sahip olan sistemlerde, bulunulan ortamın tanımlanması görevi de elemanlar arasında dağıtılmıştır. Çeşitli algılayıcılardan gelen verilere göre dış dünya tanımlanabilir. Tanımlama işlemi, verilerin bir merkezde toplanıp değerlendirilmesiyle ya da birkaç işlemcinin, elde edilen veriler üzerinde ortaklaşa çalışması ile gerçekleştirilir. İç yapının tanımlanması da dış ortamın tanımlanması kadar önemlidir. Bunun için, parçaların birbirlerinden haberdar olmasını sağlayan yapay sinir ağlarına benzer bir sistem kullanılır. Birçok yapay zekâ, önceden belirlenmiş görevleri yerine getirecek şekilde tasarlanmıştır. Fakat grup zekâsında zekâ yapısı, yani yapılacak işin nasıl ele alınacağı, sisteme o anda verilen göreve göre belirlenir. Başka bir deyişle grup zekâsının farklı amaçlar için kullanılması, ona dinamik bir yapı kazandırır. Bu nedenle grup zekâsı diğer yapay zekâlardan daha üstündür. Grup zekâsının öğrenme konusunda da birçok üstünlükleri bulunmaktadır. Öğrenme, genel olarak *nesnel ve davranışsal* olarak iki şekilde gerçekleştirilir.

Grup zekâsının davranışsal öğrenme yöntemlerini kullanan robot sistemleri, farklı ortamlara rahatlıkla uyum sağlamaktadır. Grup zekâsı da, modeli kendi içindeki birimler arasında oluşturduğu ilişkilere çevirerek, temsili bir yapı oluşturmaktadır. Günümüzde birçok bilim adamı, grup zekâsına sahip sistemlerde görev dağılımını sağlayacak yazılımlar üzerinde çalışmalarını sürdürmektedirler.

Yapılarını düzenleyebilen robotların ilk kuşağını oluşturan bugünkü prototiplerin gelişmiş modelleri, gelecekte büyük kolaylık sağlayabilir. Hareket edebilen ve düşünebilen parçalardan oluşmaları en önemli üstünlükleridir. Parçalar kendi kendilerini idare edebildikleri için, buldukları yerin geometrik kısıtlamalarını belirleyip ortama uygun bir şekil de alabilirler. Bu, boyutlarının büyüyüp küçülebileceği anlamına gelir. Yapılarını düzenleyebilen sistemler, çalışmalarını sırasında görev dağılımı yaptıkları için birden fazla işin yapılmasında kullanılabilir. Ayrıca dinamik bir yapı, daha işlevsel olduğundan üretimdeki verimliliği artırır. Kendi kendilerine şekil değiştiren robotlar, şartların sürekli değiştiği ortamlara uyum sağlayabildiklerinden, insanlar için tehlikeli sayılan işleri yapabilirler.

Sağlayabilecekleri kolaylıklar nedeniyle bu robotlar birçok kuruluşun dikkatini çekmektedir. Dünya çapındaki birçok kurum ve kuruluşun ortakça gerçekleştirdiği Akıllı Üretim Sistemleri Projesi kapsamında *Holonik Üretim Sistemleri* adlı bir araştırma yürütülmektedir. Araştırma, yapılarını düzenleyebilen robot sistemlerinin üretim alanlarında kullanılmasını amaçlamaktadır. Bir bütünün parçası anlamında kullanılan "holonik" kelimesi, Yunanca'dan gelmektedir. Hol; *tam*, on ise *parçacık* anlamındadır.

1.2.3. Robot Toplulukları

Canlılarda birkaç bireyin bir araya gelmesiyle küçük gruplar ve birey sayısının artmasıyla topluluklar meydana gelmektedir. Canlılardaki toplumsal yapıların bütünlüğü, bireyler arasında görev dağılımı, bireylerin birbiriyle haberleşme hâlinde olmaları ve birbirlerini tamamlayıcı özellikte olmaları sağlanır. Canlılarda olduğu gibi robotlardan da robot toplulukları oluşturulmuştur.

Bilim adamları, robotlara belli başlı işler yaptırdıktan sonra, birden fazla robotları birbirleri ile uyumlu çalıştırmak ve iş yaptırmak için uğraşmaktadırlar. Arı kovanlarında ve karınca yuvalarındaki bütün işler bu yaklaşımla yürütülmektedir. Bu yaklaşımı robotlara uyarlayarak, gelecekte birlikte çalışan minyatür robot topluluklarının, küçük çaptaki alanları araştırmak, küçük böcekleri temizlemek, sanayi kuruluşlarında tehlikeli durumlardaki boruları incelemek, ya da gezegenlere iklimlerini araştırmak için gönderilebileceği ileri sürülmektedir. Bu konuda McLurkin'in araştırmalarından bahsedecek olursak; robotlarının her biri 195 santimetre küp hacminde, 38 gram ağırlığındadır. Bu ağırlığa, her robotun çevresinin ve diğer robotların farkına varmasını sağlayan 17 algılayıcı da dahildir. Burada bahsettiğimiz algılayıcıların görünümü, kedi bıyığına benzetilmektedir. Robota yerleştirilmiş olan iki cihaz da diğer robotlar tarafından algılanabilen kızılötesi sinyalleri yaymaktadır. Tüm bu mekanizmalar McLurkin'in robotlarının çevreleriyle gerçek bir karınca toplumu gibi etkileşmesini sağlamaktadır. Örneğin robotlar yiyecek olduğu varsayılan buğday büyüklüğündeki nesneyi şu şekilde aramaktadırlar: Belirli bir voltaj taşıyan robotun algılayıcısı, iletkenlik nedeniyle buğday nesnesinin farkına vardığında, robotun kızıl ötesi sinyal yaymasına neden olmaktadır. Yiyecek arayışı sırasında bu sinyal, diğer robotlara yiyeceğin bulunduğunu haber vermektedir. Bu şekilde sinyali alan diğer robotlar da ilk robota katılmaktadır.

Grup olarak çalışan robotların en önemli özelliklerinden biri de, toplumdaki herhangi bir bireyin başarısızlığa uğraması durumunda dahi, görevin başarıyla tamamlanmasıdır. Gruptaki birey sayısı artıkça, grubun görevi başarıyla tamamlaması ihtimali artmaktadır. McLurkin şu anda 21 robottan oluşan, robot Topluluğuna sahiptir.

1.2.4. Otomotiv Sanayisinde Grup Teknolojisi

Otomasyonun en çok kullanıldığı alanlar içerisinde otomotiv sanayii de bulunduğu için, otomotiv sanayinde grup teknolojisine değinelim. Şayet bir otomobil fabrikasına uğramışsanız, otomasyon sistemleri arasındaki müthiş iş bölümünü görmüşsünüzdür. Buradaki otomasyon sistemlerinin veya robotların yaptığı işleri kısaca şöyle özetleyebiliriz:

Çok hızlı bir şekilde ağır takımları kullanan metal dev robotlar, çelik sacın belirli bir noktasını milimetrik hesaplamalarla bulmakta, birden fazla parçayı kaynak ederek, sonraki aşamaya göndermektedir. Robotlar, ara vermeden kaynak altındaki karoseriye şekil vermektedirler. İki metre ilerideki robotlar ise dış sacı boyamaktadırlar. En son aşamada bulunan robot da, şişirilen lastikle birlikte jantları takmaktadır. Her bir otomasyon sistemi veya robot, ayrı bir görevi üstlenmiştir. Yani bir iş bölümü yapılmıştır. Diyebilirsiniz ki; bütün bunları tek bir robot yapamaz mı? Günümüzde, işlerin daha kısa sürede yapılması ve daha verimli olması için çalışma sahasının her alanında iş bölümüne gidilmektedir. Fabrikadaki her bir robotun yaptığı işi daha detaylı olarak düşünecek olursak, bunu tek bir robotun yapmasının imkânsız olduğu açıkça görülecektir.

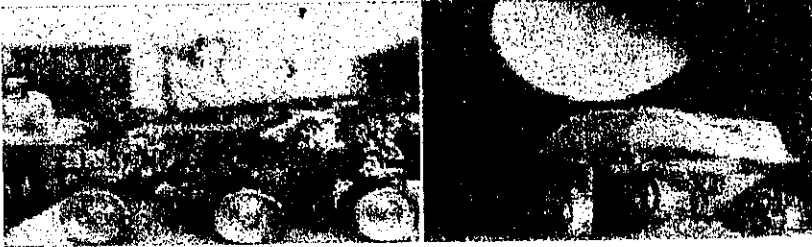
Otomotiv üreten bir fabrikada robotların üstlendikleri temel görevler şöyle özetlenebilir: Karoseri parçalarının kaynağında, maksimum toleransı yarım milimetre olan kaynak noktalarındaki nokta kaynaklarının tam olarak yapılmasında, şekillendirilecek parçaların üzerine preslemede, yükleri kaldırmada, boya hattında seri hareketlerle en ücra açılara ve boşluk hacimlere erişerek boyama işlemlerinde, büyük burkulmalar olmaksızın, sac gövde içinde rahat bir şekilde sürünerek görevini yerine getirmede, ağır oto tekerleklerini alarak ve arzu edilen pozisyona getirerek kampananın içine vidalamada vb. birçok alanda robotlar kullanılabilir. İşte, saydığımız bütün bu işler birbirine bağlı bir uyum içinde gerçekleşir.

Dünyadaki otomobil üreticileri, uluslararası rekabet ve gelişen ekonomik şartlar nedeniyle robotlarla birlikte Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli İmalât, yani CAD/CAM yöntemlerini devreye sokmuşlardır.

Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) sistemi, robotların kullanıldığı alanlar arasında yer alır. CAD sistemi Amerika'da her geçen gün artan bir hızla kullanılmaktadır. Örneğin Ford firması; gövdenin % 50'sini, parçaların % 25'ni, elektrik parçalarının ise %100'nü bilgisayar desteği ile tasarlamaktadır.

1.2.5. Uzayda Robotlar Arasında İş Bölümü

Robotların kullanım alanlarından biri de uzay araştırmalarıdır. Amerikalılar Mars'ı araştırmak için Viking projesini tasarladılar. Bu projenin amacı Viking adı verilen iki robottan oluşmuş aracı Mars'a gönderip, oranın nasıl bir yapıya sahip olduğunu öğrenmektir. 5 Eylül 1975'te Viking aracı Florida'daki Cape Canaveral üssünden Mars'a gönderildi. Viking aracı birbirinin aynı iki robottan oluşur. Robotun biri yörüngede dönerken diğeri iniş yapıp gezegenin yüzeyini inceleyecekti. Yörüngede dönen robot aracı (orbiter) 900 kg ve iniş robotu (lander) 500 kg ağırlığındaydı. Yörünge robotu sayesinde farklı açılardan çekilmiş 52000 görüntü elde edildi. İniş robotu sayesinde de 4500 fotoğrafın yanı sıra yüzey ve atmosfer verileri gönderildi. Bu iki robotun sayesinde Mars yüzeyinin %97'si hakkında bilgi sahibi olundu. **Resim 1**'de Mars yüzey robotu ve Ay aracı görülmektedir.



Mars Yüzey Robotu

Ay Aracı

Resim 1: Mars yüzey aracı ve Ay aracının resimleri

1.3. Otomasyon Prensipleri

Her türlü mühendislik dalında, teknik bilimlerde ve sanayinin her aşamasında insan fikrinin oluşturduğu tasarımları görmek mümkündür. Tasarımların üretilerek insanoğlunun hizmetine sunulmasında kullanılan sistemler arasında, otomasyon sistemleri oldukça önem arz eder. Günümüz çağdaş teknolojisi “çok üretkenlik ve ucuza üretmek” prensibini esas almaktadır. Otomasyonun temel ilkelerine değinirken bu hususları göz önünde bulunduracağız:

Otomasyonun temel ilkelerini aşağıdaki sıra ile inceleyeceğiz:

- Kavramlar ve açıklamalar,
- Seçim kriterleri,
- Devre diyagramını oluşturmak,
- Bilgisayarın yeri ve programlama teknikleri.

1.3.1. Kavramlar ve Açıklamalar

Otomasyon sistemleri; hidrolik, pnömatik, elektrik vb. diğer araçlarla tahrik edilirler. Sistemin tahrik edilmesi için kullanılan araç tipi ne olursa olsun, hemen hemen tümünde en sık karşılaşılan kavramlar kuvvet, basınç, iş ve güçtür. Bunlar tüm tasarım ve fiziksel niceliklerin vazgeçilmez temel kavramlarıdır. Bu kavramlarla ilgili geniş bilgi almak isteyenlerin fizik, mekanik vb. kitaplara bakmaları gerekecektir. Burada kavramların sadece tanımları verilecektir.

a. Kuvvet

1kg'lık bir kütleye 1 m/sn^2 lik ivme kazandıran büyüklüğe 1 Newton denilmektedir. Birimi Newton (N)'dur.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{sn}^2}$$

b. Basınç

Bir Pascal, 1 m²'lik bir yüzeye 1 N'luk bir kuvvetin dikey olarak etkisiyle oluşan basınçtır. Birimi Pascal (Pa)'dır.

$$1 \text{ P} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2}$$

c. İş

1N'luk bir kuvvetin bir cismi, kuvvet doğrultusunda 1m öteye götürmesi için yapılan iştir. Birimi Joule (J)'dur.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$$

d. Güç

1Watt, 1 sn'de yapılan 1 Joule 'luk iş olup, birimi Watt (W)'tır.

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ Nm}}{\text{sn}}$$

1.3.2. Seçim Kriterleri

Otomasyon sistemlerinde kuvvet, hareket miktarı, zaman ve hız, bir işlemin yerine getirilmesinde en önemli kavramlar arasında yer alır. Otomasyon sistemlerinin çalışması ve planlanması safhasında bu kavramlar göz önünde bulundurulmalıdır. Otomasyonun bir safhasında hangi seçim kriterlerinin daha öne çıkacağı ve hangilerinin ihmal edileceği, tamamen otomasyon sisteminin tasarımına bağlıdır. Bazı otomasyon sistemlerinde zaman çok önem arz ederken, diğer bir otomasyon sisteminde kuvvet ön plana çıkabilir.

Seçim kriterleri;

- Kuvvetin değişimi,
- Hareket miktarının değişimi,

- Zaman,
- Hız.

olmak üzere dört kriterden oluşur.

a. Kuvvetin değişimi

Otomasyon sisteminde bir piston kullanıldığını düşünelim. Piston çapını değiştirmeden çalışma basıncını bir regülatör sayesinde istenilen değere ayarlayarak, piston kuvvetinin değiştirildiğini ve pistonun hava ile tahrik edildiğini varsayalım. Böyle bir sistemde bir silindir içerisine yerleştirilmiş bir piston sayesinde kuvvet iletilmektedir.

Piston ve silindir sistemlerinin en yaygın görüldüğü makineler benzinli veya dizel Motorlardır. Benzinli bir motorun yanma odasında benzin-hava karışımının bujilerle ateşlenmesi sonucunda meydana çıkan basınç, pistonu itmekte ve piston ise biyel kolu vasıtası ile krank milini döndürerek dairesel hareket sağlanmaktadır. Motordan elde edilen bu dönme hareketi tekerleklere aktararak, otomobil hareket ettirilmektedir.

Otomasyon sistemlerinde silindir içerisindeki pistonu hareket ettirerek bir kuvvet elde etmek için, tahrik mekanizması olarak genelde hava veya hidrolik kullanılır. Tabii bir mekanizmada kuvvet doğurmak için mutlaka hava veya hidrolik ve piston-silindir sistemi kullanılır demek yanlış olur. Örneğin bir elektrik motorunu çalıştırarak da bir kola kuvvet uygulanabilir.

b. Hareket miktarının değiştirilmesi

Kullanılan sistemin hareket derecesi ve kabiliyeti önemlidir. Örneğin, bir otomatik araba yıkama sisteminde "Fırçaların hareketi nasıl olmalıdır?" sorusuna karşılık "Her türlü araçta kullanılabilir bir hareket esnekliği olmalı" diye düşünülür. Fırçalar, yıkadığı otomobilin kaportasını yalayacak şekilde, fırçaları yukarı-aşağı indirerek ve de ilerleterek yıkama işlemini tamamlar.

c. Zaman

Zamanın otomasyon sistemlerindeki önemi oldukça büyüktür. Pnömatik kavramını baz alarak, zamanın önemini açıklamaya çalışalım. Pnömatik sistemlerde durumlara göre bir kuvvetin iletiminin belirli bir

zaman süresince uygulanması, belirli bir süre geciktirilmesi gerekebilir. Bu da istediğimiz bir hareketi uygulamaya geçirmek ya da uygulanmakta olan bir hareketi durdurabilen bir sinyalin tesir süresini değiştirmekle sağlanabilir. Bir pnömatik devre elemanı olan pnömatik zaman röleleri devrenin uygun bölümlerine yerleştirilerek istenen gecikme sağlanabilir.

Otomasyon sistemlerinde işlemlerin her safhasında zaman ayarları çok önemlidir. Sistemin bir parçasının zamanlamasında aksaklıkların doğması, tüm otomasyon sistemini olumsuz etkiler.

d. Hız

Otomasyon sistemlerinde hız, kullanılan sistemin ne amaçla kullanıldığına bağlı olarak önem kazanır. Sanayi ve teknik alanda birçok sistem, hız için örnek verilebilir. Örnek bir sistem, doğrusal ve dairesel hareketler içeren basınçlı hava sistemleri olabilir. Dairesel hareketler için hava motorları ve hava türbinleri, doğrusal hareketlerde ise darbe silindirlerinin kullanıldığı görülür.

1.3.3. Devre Diyagramını Oluşturmak

Bir devrenin (tasarımı) oluşumu için iki temel yöntem vardır:

- a. Sezgisel yöntem ya da deneme yanılma yöntemi,
- b. Kural ve esaslara göre devre diyagramının metodik tasarımı.

Kullanılan yöntem şayet metodik ise, sistemi tasarlayan kişinin kişisel etkisi oldukça azdır. Fakat deneme yanılma yönteminde metodik yöneme nazaran kişi deneyim sahibi olmalı, sezgileri de kuvvetli olmalıdır. Bir devre diyagramı oluştururken yukarıda bahsettiğimiz ikinci yöntem (Metodik), kurallı bir çalışma ve belirli miktarda teorik bilgi gerektirir. Otomasyon sistemlerinde devre diyagramını kullanan teknoloji dallarında amaç hangi yöntemin kullanıldığına bakılmaksızın işlevini yerine getirebilen ve güvenilir çalışma sistemine sahip bir düzenek kurmaktır. Eskiden ağırlık, ucuz çözümlere verilirken, bugün çalışma güvenilirliği ve bakım kolaylığı olan, kolay anlaşılır devre düzeneklerine önem verilmektedir. Buradan çıkardığımız sonuç ise diyagramın oluşturulmasında kullanılan yöntemin metodik olmasıdır. Bu yöntem kullanıla-

rak, sistem; kişisel kabiliyet, psikolojik düşünme ufku gibi etkenlerden bağımsız kurulacaktır.

Bir devre tasarımında izlenebilecek yolu bir otomasyon sistemini örnek vererek açıklamaya çalışalım. Sistemimiz otoban geçiş sistemi olsun. Bu sistemi incelediğimizde aşağıdaki işlem basamakları ortaya çıkar. Yalnız bu işlem basamakları, örnek verdiğimiz otoban geçiş sistemine ait olup, herhangi bir otomasyon sisteminde de oluşum aşamasında benzer yol izlenebilir. Bir otomasyon sisteminin projelendirilmesi düşünüldüğünde, aşağıdaki işlemlerin sırasıyla yerine getirilmesi hedeflenmelidir:

- Proje konusunun açıklanması ve amacı,
- Projede kullanılacak malzemelerinin seçimi,
- Sistemin yerleşim planı,
- Sistemin fiziksel tanımlanması,
- Sistemin çalışmasına ait akış diyagramı,
- Sisteme ait malzemelerin listesi,
- Sistemde kullanılan kartlı geçiş düzeneğinin açıklanması,
- Programın algoritması,
- Programın yazılımı.

1.3.4. Bilgisayarın Yeri ve Programlama Teknikleri

Bilgisayarın otomasyondaki önemini anlatmaya gerek yoktur. Çünkü her alanda olduğu gibi bilgisayar, otomasyonda da vazgeçilmez bir araç konumuna gelmiştir. Otomasyon sisteminde kullanılan parçaların sevk ve idaresi için en uygun bir yazılımın kullanılması hedeflenmelidir. Yazılım ile donanım birbirleriyle uyum halinde bulunmalıdır. Son yıllarda ortaya çıkan otomasyon sistemlerinin önemli bir bölümü, artık tamamen bilgisayar ile sevk ve idare edilmektedir.

1.4. Parça ve Malzemelerin Otomatik Olarak Taşınması

Sanayinin hemen hemen tüm dallarında parça ve malzemelerin taşınması söz konusudur. Sanayide, birçok değişik taşıma sistemleri kullanılır. Bu taşıma sistemlerinin bazıları çok ilkel olabileceği (sırtta malzeme taşınması) gibi, tamamen bir bilgisayar tarafından sevk ve idare edilen bir robot tarafından yapılan taşımalarda olduğu gibi çok modern yapıya da sahip olabilir.

Elle taşımada mevcut parçalar birçok yerde düzensiz ve dikkatsiz taşınmaktadır. Ayrıca bu iş insan gücüne dayandığından, verimsiz bir sonuç ortaya çıkabilmektedir. Otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi ile birlikte, endüstride taşıma sistemleri modern bir yapıya kavuşmuştur.

Taşıma sistemlerini görebileceğimiz en basit yerler arasında un, irmik, yağ, çimento vb. birçok fabrikalar sayılabilir. Bu fabrikalarda bantlı, konveyörlü (vida), elevatörlü, pnömatik ve hidrolik sistemlerle malzeme taşındığı bilinmektedir. Ancak bizim burada durmak istediğimiz konular, daha ziyade otomasyon sistemlerinde karşılaşılan ve çağımızın teknolojisine uygun tasarlanan son modern araçlardır.

Sanayi sektöründe malzemeleri bir yerden diğer bir yere sevk etmek için modern sistemler kullanılabilir. Örneğin otomotiv sektöründe, otomobil ile ilgili bir ağır parça, uygun bir robot tarafından bir yerden alınıp, montaj bandı üzerine götürülebilmektedir. Robotlara, taşıyacakları malzemeleri nereden alacakları ve nereye götürecekleri, kendilerini sevk ve idare eden bilgisayar tarafından bildirilir. Özellikle insanlar için tehlike arz eden bir mekandan malzemenin alınıp, bir başka yere taşınmasında robotlardan yararlanır. Örneğin, bomba olduğu sanılan bir kutunun, yerinden alınarak başka güvenli bir yere taşınıp imha edilmesi işlemleri artık robotlara yaptırılmaktadır. Keza, insan sağlığı için tehlike arz eden kimyasal bir maddenin taşınması için, mümkün olduğunca insan gücünden yararlanılmamaktadır. Bu tür taşımalar, otomasyon sistemlerine yaptırılmaktadır.

1.4.1. Malzemelerin Otomasyon Sistemleri ile Taşınmasının Faydaları

Malzemelerin otomasyon sistemleri ile taşınmasının faydaları sıralanmakla bitmez. Burada sadece bazı çok önemli faydalar üzerinde durulacaktır:

- Parçaların zarar görmemesi,
- Sağlıklı ve güvenli taşıma,
- Parçaların yerinin dikkatli tayin edilmesi,
- Yeterince hızlı transferin yapılması,
- İnsan gücünün az kullanılması,
- Büyük taşıma kapasiteleri.

a. Parçaların Zarar Görmemesi

Otomasyon sistemi ile taşınan bir malzemenin taşınırken zarar görmesi, az rastlanan bir olaydır. Halbuki insan gücü ile taşınan bir malzemenin çok ağır olması durumunda, insanın o malzemeyi düşürmesi ve kırması her an söz konusu olabilir.

b. Sağlıklı ve Güvenli Taşıma

Bazı yerlerdeki malzemelere yaklaşmak, insan sağlığı için tehlike arz edebilir. Örneğin taşınacak parça radyoaktif ışınlar yayabilir. Bu tür yerlerde otomasyon sistemlerinden faydalanmak elbette ki en doğru olanıdır. Federal Almanya'da nükleer santrallerden çıkan atıkların saklanma işlemi, Almanya'nın kuzeyinde yer alan ve yeryüzünden takriben 1 km aşağıda bulunan kuyulara yapılır. Asse'de yeryüzünden 1 km aşağıda büyük dehlizler açılmış ve radyoaktif artıklar burada saklanmaktadır. Varillerde kurşun zırhlar içerisinde muhafaza altına alınan radyoaktif atıkların el ile taşınması, insanların ışıklardan etkilenmesine neden olabileceği için, bu kuyularda otomasyon sistemleri ile taşıma ve istifleme yapılmaktadır.

c. Parçaların Yerinin Dikkatli Tayin Edilmesi

Otomasyon sistemleri, kendilerine önceden öğretilen işlerin dışında iş yapamazlar. O nedenle aldıkları bir parçayı, her defasında nereye koymaları gerekiyorsa oraya götüreceklerdir. Oysa taşıma işlemi insan aracılığı ile yapılıyorsa, bir yerden aldığı bir parçayı her defasında milimetrik olarak aynı yere koyması mümkün olmayabilir. Çünkü, orada insan iradesi işin içerisine girer. Örneğin, tam parçayı yerine koymak isterken, başı dönecek olursa parçayı elinden bırakabilir, parça elinden düşebilir ve hatta iş kazası meydana gelebilir. Belki buna benzer olarak da otomasyon sistemlerinde aniden elektrik kesilirse, ne olur sorusu akla gelebilir. Otomasyon sistemlerinde ani elektrik kesilmeleri için de ted-

birler alınabilir. Hava alanlarında olduğu gibi, cereyan kesilir kesilmez devreye giren jeneratörler, otomasyon sistemleri için de kullanılabilir.

d. Yeterince Hızlı Transferin Yapılması

Meşrubat fabrikalarında bantlı sistem üzerinde şişeler belirli bir hızda yürürken, bir taraftan da doldurma ve kapaklama işlemi yapılabilir. Bu işlerin insan tarafından aynı hızla yapılması asla mümkün değildir. Malzemelerin hangi hızla transfer edilmeleri gerektiği, otomasyon sistemleri ile kolayca sağlanabilmektedir. Seri imalat yapan fabrikalarda, bantların hızlarını ayarlamak ve istenilen sınırlar içerisinde tutmak mümkündür.

Afşin Elbistan Termik Santrali'nde, çok büyük bir alanda kömür çıkarmak için kazılar yapılmaktadır. Kömürü çıkartmak için çok büyük makineler kullanılmakta ve çıkarılan kömürler süratle ilerleyen bantlı konveyör sistemleri ile kömür istif alanlarına taşınmaktadır. O sistemde, süratli bir taşıma söz konusudur. O sürati yakalamak, o sistem için bantlı konveyörle sağlanmıştır.

Un fabrikalarında ise pnömatik sistemlerle taşıma yapılmaktadır. Üstelik un düşey yönde borular içerisinde hava ile taşınmaktadır. O halde taşıma için kullanılan otomasyon sistemleri, kullanıldıkları alanlara bağlı olarak çok değişik yapıda olabilir. Taşıma için kullanılan araç da (bantlı, pnömatik, hidrolik, konveyör vs.) çok farklı olabilir. Dolayısıyla taşımadaki hız, kullanılan araca bağlı olarak değişebilir.

e. İnsan Gücünün Az Kullanılması

Makineleşme sayesinde insan gücünden faydalanmak gün geçtikçe azalmaktadır. İnşaat sektöründe önceleri beton karıştırma işlemi kürekler kullanılarak insan gücü ile yapılırdı. Oysa bugün artık beton karan makineler bulunmaktadır. Betoniyer diye adlandırılan bu makineler, birkaç işçinin bir günde karamayacakları betonu, birkaç saat içerisinde karabilmektedir. Bu yöntemle insan gücü boşuna harcanmamış olmakta, insanlar daha az yorulmaktadır.

f. Büyük Taşıma Kapasiteleri

Otomasyon sayesinde taşıma kapasiteleri çok artmıştır. Limanlarda büyük vinçlerin kaldırdığı yükleri düşünecek olursak, o yükleri insan gücü ile kaldırılmanın mümkün olamayacağını hemen anlarız. Otomasyon sistemleri sayesinde çok ağır yükler, bir yerden kaldırılarak diğer bir yere basitçe götürülebilmektedir.

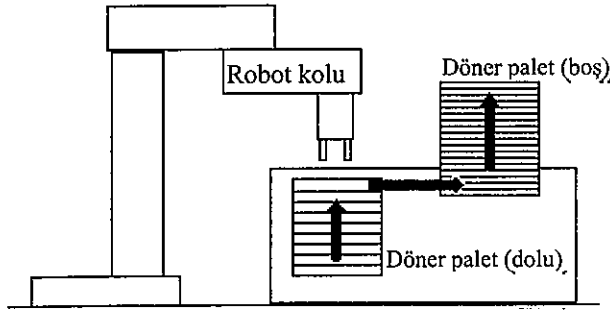
1.4.2. Çeşitli Taşıma Sistemleri

Taşımada kullanılan araçlar çok değişik olabilir. Biz burada otomasyon alanında sık rastlanan bazı taşıma sistemleri üzerinde duracağız.

a. Paletler

Otomasyon sistemlerinde paletler sıkça kullanılır. Taşınacak parçalar palet üzerine yerleştirilir. Örneğin yumurta taşıyorsa, yumurtalar karton viyol içerisinde olacak şekilde palet üzerine konur. Paletler hareket ettiğinde, üzerindeki parçalar da hareket eder ve taşıma gerçekleşmiş olur. Paletli taşıyıcılar genelde elektrik motorları ile tahrik edilir. Hızlarını ayarlamak için redüktör dişliler veya hızları ayarlanabilen elektrik servo motorları kullanılır. Redüktör dişlileri, otomotivlerin vites kutusundaki özelliklere benzerdir. Yani hız artırılabilir veya düşürülebilir. Palet üzerine konulmuş parçalar, belirli bir konumda duracaklarsa, bunu sağlamak için algılayıcılardan faydalanılır. Paletli taşıyıcı üzerinde parça olduğunu algılamak için palet sisteminin bir yanına ışık, karşısına ise bir algılayıcı konulur. Palet üzerindeki parça ışık ile algılayıcı arasında girdiğinde, parçanın geldiği anlaşılır, paletli taşıyıcı otomatik olarak durdurulur ve parça diğer bir işleme tabi tutulur.

Şekil 1'de bir robot önünde çalışan ve otomatik beslemeli bir palet sistemi görülmektedir. Burada robot kolunun altında malzemelerin robotun önüne gelmesini sağlayan bir palet ve hemen yanına ikinci bir palet yerleştirilmiştir. Paletlerin her ikisi de hareketlidir. Robot önündeki palet üzerinde bulunan malzemeyi kaldırmakta ve diğer palet sistemi üzerine bırakmaktadır. Bu işlemler tamamen otomatik olarak yapılmakta, taşımada insan gücü kullanılmamaktadır.



Şekil 1: Robot önüne yerleştirilmiş paletli taşıma Sistemi

Paletler genelde vakümle biçimlendirilen veya enjeksiyonla dökümü yapılan plastik malzemelerden veyahut ta fabrikada işlenen metal malzemeden yapılır. Farklı tip paletlerin özellikleri **Tablo 1**'de verilmiştir.

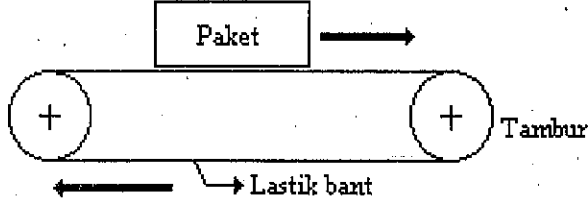
Paletin tipi	Hassasiyet (mm)	İşleme maliyeti	Palet başına montaj maliyeti
vakümle biçimlendirilmiş plâstik	± 0.5	orta	çok düşük
enjeksiyonla dökülmüş plastik	± 0.254	yüksek	düşük
fabrikada işlenmiş metal	± 0.0254	çok Düşük	yüksek
döküm metal	± 0.254	yüksek	düşük

Tablo 1: Farklı tip paletlerin özellikleri

b. Banthı Taşıyıcılar

Banthı taşıyıcılar ile paletli taşıyıcılar birbirine benzerdirler. Banthı taşıyıcılarda, lastikten yapılmış uzun bir bant iki tambur etrafına sarılır. Tamburlar döndükçe, lastik bant da birlikte döner. Banthı taşıyıcılarda, tamburlara hareket vermek için kayış-kasnak sistemleri kullanılır. Paletli sistemden farkını ayırt etmek için, bir tankın paletlerini örnek gösterebiliriz. Tanklar, metalden yapılmış palet üzerinde yürür. Bu paletler uygun bir tasarımla birbirine bağlıdır. Tank, her defasında önüne serilen raylı palet üzerinde ilerler. Tankın önüne paletin serilme işlemi, tamburlar sayesinde gerçekleştirilir. **Şekil 2**'de banthı bir taşıma sisteminin şematik çizimi görülmektedir.

Otomasyon sistemlerinin önemli bir bölümünde, bantlı taşıma sistemleri ile malzeme taşınması yapılmaktadır. Bu sistemde kullanılan bantlar zamanla aşınabileceği için, belirli süreler sonunda değiştirilmeleri gerekir.



Şekil 2: Bantlı taşıyıcı sistemin şematik görünüşü

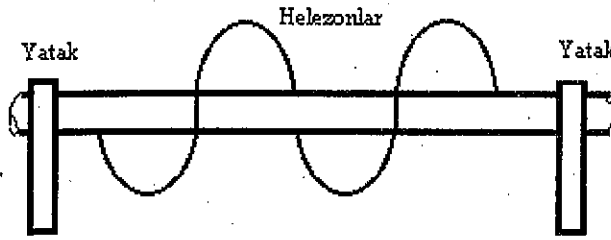
Bantlı taşıma sistemlerinin en yaygın görüldüğü yerler arasında havaalanları gelmektedir. Hava alanlarında yolcuların bavul ve eşyaları, uçaktan indirildikten sonra, yolcu çıkış bekleme salonuna bantlı taşıyıcı üzerinde gönderilir. Bantlar, genelde kavuçuk veya lastik malzemelerden yapılır.

Konteyner denilen tekerlekli vagon içerisinde bantlı taşıma sistemi yanına taşınan eşya veya malzemelerin, bant üzerine yerleştirme işlemi genelde insan gücü ile yapılmaktadır. Oysa bant üzerine eşyaların yüklenmesi, ayrı bir otomasyon sistemi ile de gerçekleştirilebilir. Bu noktada robotlar kullanılabilir. Ancak malzemenin alınacağı konumun robota çok iyi tanıtılması gerekir. Aksi takdirde robot, malzemeyi aradığı yerde bulamazsa, yükleme yapamaz.

c. Konveyörler

Konveyörler, ağaç vidası prensibine göre çalışırlar. Nasıl ki ağaç vidası, sağa dönderildikçe tahta içerisinde ilerliyorsa, konveyörler de bu esasa göre çalışırlar. Sanayide vida, helezon veya spiral olarak da isimlendirilen konveyörler, fabrikalarda yatay veya dik olmak şartı ile belirli bir eğim altında çalıştırılırlar. Özellikle gıda sanayinde (Un, İrmik, yağ vb.), çimento fabrikalarında konveyörler sıkça kullanılırlar (Şekil 3).

Bir mil etrafına metal kanatlar spiral şeklinde kaynak edilir. Mil iki ucundan rulmanla (bilya) yataklanır. Bu yataklama sayesinde mil ve üzerindeki spiral kanatlar birlikte dönerler. Metal kanat boşlukları arasında bulunan malzeme, milin dönmesi ile ilerler. Bu tür bir taşıma, otomasyonda klasik tip grup içerisinde girer.

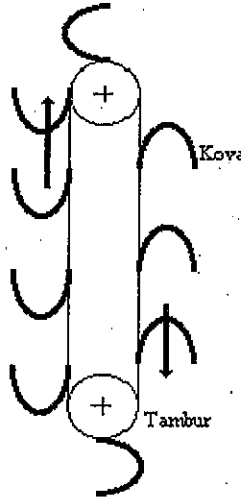


Şekil 3: Helezon konveyörün şematik görünüşü

d. Elevatörler

Elevatörler, düşey yönde taşımacılık yapıldığında kullanılır. Düşey yönde iki tambur üzerine yerleştirilen bant üzerine kovalar tutturulur. Kovalar, içerisindeki malzemeleri yukarı taşıyarak boşaltır. Yağ, un, makarna fabrikalarında elevatörler sık kullanılmaktadır. Şekil 4'de bir elevatör sisteminin basit çizimi verilmiştir.

Kovalar, genellikle metalden yapılır ve bant üzerine perçinlenir. Elevatörlerde zamanla bant (kayış) gevşer. Bu nedenle de üzerindeki kovalar sarkar. Bu sarkma sonucunda, kovalar elevatörün muhafaza kabini içerisine çarpar ve taşımayı engelleyebilir. Sarkma olduğunda bant (Kayış) gerilir.



Şekil 4: Elevatörün şematik görünüşü

e. Hidrolik Taşıma

Su kullanılarak kömür taşındığı sistemler mevcuttur. Amerika Birleşik Devletleri'nde toplam uzunluğu 450 km'yi aşan hidrolik sistemde, dağın dibinden çıkarılan kömür parçaları, su içerisine karıştırılarak pompalarla kilometrelerce öteye pompalanmaktadır. Kömür istif tesislerinde kömür parçalarını sudan ayırmak için süzgeçler kullanılır. Daha sonra kömür kuntularak santrallere yakılmak üzere gönderilir. Bu tür bir sistemde iki farklı akış söz konusudur. Yani su ve katı malzeme (kömür) birlikte taşınmaktadır.

f. Pnömatik Taşıma

Bir malzemenin bir noktadan diğer bir noktaya taşınmasında kullanılan sistemlerden biri de hava basıncıdır. Bu sistemleri *basıncılı hava* ile çalışan sistemler ve *vakumla* çalışan sistemler olmak üzere iki kısımda incelemek mümkündür. Gene un, irmik, makarna vb. fabrikalarda tahıl ürünlerini taşımak için pnömatik sistemlerden yararlanılır. Özellikle un fabrikalarında unun düşey yöndeki taşımacılığında, pnömatik sistemlerin kullanılmasına özen gösterilir. Hava hem taşımacılık hem de un partikülleri arasına girerek ve hava yastığı oluşturarak unun hamurlaşmasını önler.

Sanayi tesislerinde kullanılan taşıma sistemlerinin büyük bir kısmında gene pnömatik sistemlerden yararlanılır. Örneğin bir piston hava ile itilerek, piston koluna bağlı sistemin hareketi sağlanır. Otomasyonda kullanılan birçok valf, pnömatik olarak tahrik edilir.

Vakum yoluyla malzeme naklinin avantajları şöyle özetlenebilir:

- Çok kolay bir taşıma yöntemidir.
- Güvenilir ve ekonomiktir.
- Az yer işgal eder.
- Hızlı ve sağlıklı bir taşıma yöntemidir.
- İşletmelerde verimliliğin artmasını sağlayan bir yöntemdir.
- Yeni taleplere paralel olarak değişiklikler yapılabilir.
- Servisi ve bakımı kolaydır.

Vakum yöntemiyle taşınan malzemeler:

- Alçı, baharat, barut, çay, çimento, deterjanlar
- Kahve, kum, kaya tuzu, mika, peynir tozu, şeker

- Tuz, tahıllar, talaş, un vb.

VacuMaster, 150 kg'dan 2000 kg'a kadar olan büyük ve ağır yükleri taşıyabilecek vakumlu bir taşıyıcıdır. Büyük sac levha, tambur, cam, plastik levha ve kütüklerin taşınmasında kullanılabilir. Modüler dizaynı ile düzgün olmayan yüzeyleri de kaldırabilen taşıyıcılar hafif olup, ergonomik dizayna sahiptirler.

g. Askılı Taşıyıcılar

Telli, C-raylı ve I-kirişli olmak üzere üç ayrı çeşidi bulunan askılı kablo taşıma sistemleridir. Telli tipi kısa genişlikler ve düşük hızlar için ekonomik olup en fazla 6 kg yük taşır. C-raylı tipi, 100 m/dk hıza ulaşabilir ve 30 kg'a kadar yük taşıyabilir. I-kirişli sistemde ise sıralanmış askılar ile ayarlanabilir genişlikler mümkün olduğundan, taşıma kapasitesi 50 kg'a kadar ulaşabilir. **Resim 2**'de askılı taşıma sistemine ait resim görülmektedir.



Resim 2: Askılı taşıyıcılar

1.4.3. Otomasyonla Taşımada Algılama Sisteminin Önemi

Zeki otomasyon sistemlerinin; görsel, dokunsal (tactile), kuvvet (tork) ve diğer tip algılayıcılardan gelen geri beslemeye dayanan hareket kontrolüne ihtiyacı vardır. Son zamanlarda çok sayıda yeni algılayıcı sistemler dikkatleri üzerlerine toplamaktadır. Çünkü ileri teknolojiye dayanan otomasyon sistemlerinin kesin, doğru ve zengin bilgiye ihtiyaç-

ları vardır. Bu bölümde algılama sistemi, algılayıcı kontrol sistemleri ve çok sayıda algılayıcılı işleme (processing) sistemleri üzerinde durulacaktır.

Otomasyonda algılamanın amaçlarından bir tanesi de algılayıcı tabanlı kontroldür. Bu tip bir kontrol sistemi, otomasyon sistemi bir cisimle uğraşırken önemli bir rol oynar.

Eskiden beri görsel sistemler, otomasyonda çeşitli uygulamalarda kullanılıyordu. Özellikle son yıllarda, görsel sistem, yeni geliştirilmiş akıllı robotlarda en temel algılayıcı olarak görülmektedir. Otomasyon uygulamalarında görsel sistemin görevi;

- Hedef cisimlerin tanınması,
- Ortam analizi ve yörünge saptanması (Hareketli robotlar için),
- Optik akıştan hareket çıkarımı,
- Bileşenin görsel muayenesi,
- Görsel mesafe veya derinlik ölçümleri,
- Hedef cisimlerin pozisyon ve oryantasyonlarının saptanması,
- Son-etkileyicinin görsel servo kontrolü.

şeklinde sıralanmaktadır.

Yukarıdaki listenin, tüm ayrıntıları kapsadığı tabii ki söylenemez. Uygulama sahası genişlemeye devam ettikçe görsel sistemler otomasyon uygulamalarında yeni görevler üstlenecek, denetim kavramına yeni boyutlar kazandıracaktır.

Görsel duyarlılık, insanoğlundaki el-göz koordinasyonuna tam olarak benzeyen bir şekilde, bir otomasyon sisteminin son-etkileyicisine görsel veri aracılığıyla rehberlik etme işlemidir. Eğer gerçekten akıllı otomasyon sistemleri ile seri üretimi yapılacak olursa, görsel rehberlik otomasyonun bir parçası olmalıdır.

Daha akıllı otomasyon sistemleri çok daha fazla sayıda ve değişik tipte algılayıcı kullanılmaktadırlar. Dolayısıyla çok sayıda algılayıcıdan gelen bilginin işleme, tümlenme ve birleşme mekanizmaları birliktelik göstermelidir. Son zamanlardaki araştırmalar, çok sayıda algılayıcı sistemlerin bilinmeyen ve dinamik ortamlarda çalışmasını sağlayan tümlen-

me ve füzyon tekniklerinin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Teknolojinin günümüzdeki gelişmesi devam ettikçe, akıllı algılayıcılar diye adlandırılan algılayıcı tipleri otomasyon sistemlerinde daha fazla yer almaya başlayacaklardır. Ayrıca yapay-zekâ veya yapay sinir ağları üzerindeki algılayıcı sistemlerin gelişmesinde ne kadar kullanışlı olduklarını ispatlayacaktır.

1.4.4. Taşımacılığın Otomasyonla Yapılmasının Sakıncaları

İşçiler, otomasyonu bir canavar gibi görmekte ve işçiliği tahrip edeceğini ileri sürmektedirler. Sanayi ise daha iyi iş sahaları, daha iyi mahsuller ve daha iyi bir satın alma gücü doğacağını iddia etmektedir. Otomatik makinelerin kullanım yerlerinin gittikçe genişlemesi ve büyük sanayi müesseselerinin otomasyona kaymaları sebebiyle Amerika ve İngiltere gibi ülkelerde, işsizliğin çok büyük boyutlara varacağı ileri sürülmektedir.

Tarihte örneklerinde görüldüğü gibi, teknolojik gelişmenin insanın yararına olduğu ve bu ilerlemenin, ortadan kaldırdığından daha çok iş yarattığı da savunulabilir. Otomobilin gelişi, sayısız nalbant dükkanını ve at arabası imalatçısını ortadan kaldırmış, kırbaç ve saman gereksinimini azaltmış; bunun yanında çok daha fazla sayıda, otomobille ilgili iş yaratmış, benzin, lastik ve karayollarına olan ihtiyacı arttırmıştır.

Aynı şekilde, sürekli artan ihtiyaç nedeniyle, yeni otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi, programlanması, bozulanların onarılması, robot üreten tesislerin inşası ve bütün endüstrilerin, daha verimli robot kullanımını için yeniden düzenlenmesi gibi amaçlarla yaratılacak işi düşünmek gerekir. Robotlu toplumda, robotsuza oranla daha çok iş yeri, daha çok iş alanı olacaktır.

Bununla birlikte çizdiğimiz bu iyimser tablo, uzun dönemli, geniş bir bakış açısını yansıtmakta ve toplumun, yeni bir modeli benimsediğinde ortaya çıkabilecek tek tek trajedileri hesaba katmamaktadır. Örneğin, bir iş kolu ortadan kalktığında, yenisi henüz doğmamış olabilir ya da çok uzun bir zaman sonra ortaya çıkabilir veya (en büyük ihtimalle) eskisinden çok farklı nitelikte olabilir. Cıvata sıkıştırılan bir montaj fabrikası işçisinin, işini kaybetmesinin hemen ardından yeni bir iş bulabilmesi, örneğin robot tamircisi olması imkânsızdır.

Zaten robotlarca saf dışı bırakılan işçilerin, yeni yaratılacak işlerde hemen çalışamayacağını şimdiden bilmeliyiz. Robotlara kapıtılanlar kesinlikle, mekanik tekdüze ve yaratıcılık gerektirmeyen işler olacaktır. Yeni tür işler oluştukça, uzmanlaşmış bilgi ve düşünme gücü gerekecek, aksi takdirde bunlar da robotlara kapıtılacaktır. İnsanlık tarihinde son bin yıldaki teknolojik değişimlerin sürekliliğini göz önüne alırsak “robot devrimi” ile oluşacak değişimlerin, iki yüz yıl önce başlamış olan endüstri devriminden çok daha hızlı ve yaygın olacağını kestirebiliriz.

Toplumun dengede tutmak için geçiş döneminin sarsıntılarını ve acılarını en aza indirecek ciddi çalışmalara ihtiyaç olacaktır. İş değiştirmelerini mümkün kılmak için, yeniden alıştırma ve yeniden eğitim programları geniş ölçekte uygulanacaktır. Hükümetlerin aktif desteğiyle bu programları, endüstri kolları yürütecek ve bu, doğal olarak toplum için pahalıya mal olacaktır. Gereken tüm çalışmalar başarılırsa sorunlu ve pahalı geçiş dönemi uzun sürmeyecektir.

İşsizlikten daha dramatik tehlikeler de vardır. İnsanlar, robotlar tarafından öldürülemezler mi? Robotlar savaşçı olarak geliştirilip programlanamazlar mı? Şu anda savaşlarda kullandığımız yıkıcı silahlar bilgisayarın da yardımı ile daha yıkıcı ve yok edici hale getirilemez mi? Şurası kesindir ki, insanoğlu her teknolojik ilerlemeden aynı zamanda yıkıcı güç olarak da yararlanmış ve günümüzde uygarlığı bir anda yıkabilecek silah gücüne ulaşmıştır. Bu nedenle, sadece robotları afroz ederek kendimizi koruyamayız. Dünyanın birçok yerinde insanlar savaş korkusu içindedir ve yıldan yıla büyüyen bir genel korku, ancak savaşa son verilerek yenilebilir. Böylece savaşçı robotlar da ortadan kalkar.

1.5. İki veya Daha Fazla Makinenin Ortak Çalışma Özellikleri

1.5.1. Çok İşlemcili Sistemler

Merkezi bir bilgisayara bağlı, birçok alt üniteden meydana gelen sistemlere çok işlemcili sistemler denir. Mikroişlemci adını taşıyan bu alt üniteler, yalnız Merkezi İşlem Ünitesi (CPU- Central Processing Unit) vazifesini gören bir mikroişlemci veya bir mikrobilgisayar olabilir. Mikrobilgisayarlar tezgâh sistemlerini transfer hattını veya işlemin belirli bir fonksiyonunu kontrol etmekte ve merkezi ya da diğer bilgisayarlara bilgi vermektedir.

Çok işlemcili sistemlerde mikrobilgisayarlar bir tek kart olarak imal edilirler. Bu kartlarda çeşitli sayıda mikroişlemciler mevcut olup orta bellek sistemine göre veya iki durak bellek (dual-port memory) şeklinde bağlanabilir. Bu son sistemin üstünlüğü, veri iletişiminde çok daha etkili olmasıdır.

1.5.2. Programlanabilen Kontrol Sistemi

Tüm mikrobilgisayarları oluşturan ünitelerin uyumlu olarak çalışmalarını sağlayan ve mikrobilgisayarların merkezi işlem ünitesinde yer alan bir kontrol ünitesi vardır. Mikrobilgisayarlar, CNC sistemlerinde kontrol ünitesinin bir kısmının yazılıma dönüştürülmesini yani programlanmasını sağlayabilirler. Ancak bu sistemin kullanılma alanı çok sınırlıdır. Bu nedenle karışık sistemlerinde, çok prosesörlü sistemlerle birlikte programlanabilen kontrol (PC-Programable) sistemleri geliştirilmiştir.

PC'ler kontrol sisteminin programlanabilmesini sağlayarak yeni bir iş veya imalât değişikliğinde sistemin kolayca değiştirilebilmesine imkân vermektedir. Geliştirilmiş PC sistemleri; aritmetik operasyonlar, dijital-analog çevirme işlemleri, veri karşılaştırılması, kompleks fonksiyonların ve denklemlerin çözümü, arıza tespiti gibi işlemleri yapan sistemlerdir.

PC sistemlerinin üç ayrı uygulama şekli vardır. Bunlar; *hiyerarşik*, *master* ve *dağılım* sistemidir. *Hiyerarşik* denilen sistemde, her işlem veya operasyon ayrı bir PC tarafından kontrol edilir. Bağımsız olarak çalışan bu PC üniteleri bir ana PC sistemine bağlıdır. Ana PC, PC üniteleri-

nin programlarını değiştirebilir veya bunlara yeni programlar yükleyebilir.

Master denilen sistemde bir PC sistemi, belirli sayıdaki tezgâhları veya operasyonları kontrol etmektedir. Görünüşte basit olmasına rağmen yöntem çok karışık bir tel sistemi ile çalışmakta ve PC sisteminin bozulmasıyla tüm hat durmaktadır.

Dağılmış adını taşıyan sistemde her tezgâh, işlem veya operasyon bir PC sistemi ile donatılır. Ancak sistemi oluşturan bütün PC niteleri birbirleri ile bir iletişim hattı yardımıyla irtibat sağlarlar. Yani bir ünite-den diğerine, veriler transfer edilebilir, saklama merkezine geri gönderilebilir veya bir merkezin kumanda sisteminden komut alabilirler.

1.5.3. Transfer Hatları

Parçanın teknolojik operasyon sırasına göre sıralanmış ve parçayı tamamen işlenmiş hâle getiren tezgâhlar grubuna *transfer hatları* denir. Transfer hatlarının otomatik olanı da vardır. Bunlar, parçanın getirilmesini, tezgâhtan tezgâha taşınmasını, tezgâha bağlanmasını ve çözülmesini, ana kontrolünü, son kontrolünü ve hattan uzaklaştırılmasını otomatik olarak yaparlar. Bu nedenle bu sistemlere *otomatik transfer hatları* da denilir. Transfer hatları, çeşitli niversal, otomat ve NC tezghlarından ve tezgâh sistemlerinden meydana gelerek parçaların işlenmesini, ve montajını yapabilirler. Bu hatlarda ısıl işlem ve yıkama tertibatları da yer alabilir.

Transfer hatları çok çeşitlidir. Ancak alışma ilkeleri bakımından transfer hatları *rijit* ve *esnek* olmak üzere iki gruba ayrılabilir. *Rijit* transfer hatlarında, birbirine kenetlenmiş şekilde bağlanan tezgâhlardan parça, direkt olarak bir duraktan diğerine geçmektedir. Bu şekilde bir durağın çalışması, diğer durakların çalışmalarına bağlı olmaktadır. Herhangi bir durakta bir arıza olduğunda, tüm hat durur. Sistem çok verimli olmakla beraber, belirli Şekil ve boyutlara sahip olan bir parça için geçerlidir, bu parçadaki herhangi bir Şekil ve boyut değişikliğini kabul etmez.

Esnek hatlarda, her durağın magazin veya bunker Şeklinde parça bekletme deposu ve otomat parça besleme sistemi vardır. Bu Şekilde bir

durağın çalışması diğerlerine bağlı olmamakla beraber, parçada yapılan değişiklikler, hatta yapılan bazı değiştirmelerle karşılanabilir.

Transfer hatları çok pahalı sistemlerdir. Dolayısıyla bu imâlat yöntemlerinin seçimi gelişi güzel değıl, bunu haklı kılacak gerekçelere dayandırılmalıdır. Bu seçimi etkileyen faktörler şunlardır :

- İmal edilecek parça sayısı ,
- İmal edilecek parçanın zamana göre kararlılığı; yani uzun süre piyasada tutulacağı ve değışmeyeceğı,
- Parçanın şekli, boyutları ve malzemesi.

a. Rijit Transfer Hatları

Senkron transfer hatları olarak da bilinen bu sistemlerde, duraklar birbirine eş mesafede bulunur ve parça bir bantlı taşıma sistemi ile adım adım bir duraktan diğerine taşınır. Direkt transfer hatlarında, parça durağın önüne vardığında hat durur ve parça bant üzerinde işlenir. İşlem parçanın iki veya üç yüzeyinde aynı anda gerçekleştirilebilir.

Girişli-çıkışlı rijit transfer hattında parça, adım adım çalışan bir bantlı sistem vasıtasıyla duraktan durağına taşınmaktadır. Ancak bu sistemde parça, durağın hizasına geldiğinde, ana bant hattı durur ve parça tezgâha taşınır; burada bağlanır, işlenir, çözülür, tekrar ana hata getirilir ve bunun üzerinden sonraki durağına taşınır. Tezgâha giriş ve çıkış sistemi, bir bantlı taşıma sisteminin yardımıyla veya mekanik kollarla yapılabilir. Sistem direkt transfer hattından daha esnektir. İhtiyaç olduğunda herhangi bir tezgâh değıştirilebilir.

b. Esnek Transfer Hatları

Verimliliğı daha düşük olan bu sistemlerin, rijit transfer hatlarına göre fiyatları daha düşük ve daha kolaydır. Sistemin esnekliğı her tezgâhta parça bekletme imkanına dayanmaktadır. Bu amaçla parça, işlemeye girmeden önce her tezgâhta bekletilebilir veya boşta gezdirilebilir.

1.5.4. *Esnek İmalât Hücreleri*

Esnek imalât hücreleri, (FMC - Flexible Manufacturing Cell) çeşitli işlemler yapabilen ve aralarındaki ilişki çok esnek olan, iki veya üç tezgâhtan meydana gelen bir sistemdir. Günümüzde bu tezgâhların yükleme ve boşaltma işlemleri robotlarla yapılmaktadır. İki otomat tornadan ve bir robottan oluşan esnek imalât hücresini kısaca ele alırsak bu hücreyi; işlenmemiş ve işlenmiş parça deposu, ayrıca sistemin kontrol merkezi oluşturmaktadır. Robot, işlenmemiş parçaları depodan alır tornaya götürür ve parçayı tornaya bağlar. Bu tornada parça işlenirken robot, tornaya gider, burada işlemi bitmiş olan parçayı alır, depoya bırakır. İşlem bu şekilde devam eder. Esasen takım ve takım başlıkları transfer edilen ve çok çeşit parça işlenebilen üniteden; derin delikler, yüksek hızda frezelenme, bir veya çok eksenli işlemler, hidrostatik desteklenen millerle çok hassas delik delmeler, alın tornalamalar, gibi işlemler yapılmaktadır.

Esnek imalât hücrelerinde işlemler, üç kademe gerçekleştirilmektedir. Bunlar; stratejinin saptanması, imalâtın organizasyonu ve imalatıdır. Stratejinin saptanması; bir merkezi bilgisayar, imalatın organizasyonu; işleme ait verileri hesaplayan bir bilgisayar ve bu ünitelere tayin eden ikinci bir bilgisayarla gerçekleştirilir. İmalât kademesinde ise; CNC sistemine göre program hazırlanması, PC sistemine dayanan kontrolün programlanması, yerel ünitelerin kontrolü, Direk Sayısal Kontrol (DNC-Direct Numerical Control) arayüze ait verilerin hazırlanması gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi ve bunların tezgâha, robotlara, malzeme nakliye sistemine ve işleme ünitesine aktarılması yapılır.

Günümüzde bu ünitelerle insansız çalışan atölye ve fabrikalar oluşturulmaktadır. Burada parçalar parça yükleme durağında palet denilen tutturma tertibatına bağlanmakta ve tezgâhtan tezgâha işlem bitinceye kadar bu paletler üzerinde taşınmaktadır. İşlem bittikten sonra yükleme durağının yanında olan boşaltma durağında, parça paletten alınmaktadır. Burada işlenmiş parça paleti ile işlenecek parça paleti yer değiştirmekte; işlenecek parça paleti, işleme konumuna iletilmekte ve hassas bir hareketle tam konumuna yerleştirilmektedir. Kontrol sistemi, yönetim seviyesinden grup kontrol seviyesi, ünite kontrol seviyesi ve işlemeye kadar hiyerarşik düzende tertiplenmiştir. Yönetim seviyesinde, veriler işlenmekte ve kontrol seviyesi hazırlanmaktadır. Hazırlanan veriler grup sevi-

yesine, buradan ünite seviyesine ve prosese gönderilmektedir. Kontrol seviyeleri, ekran, yazıcı, disk gibi ünitelerle donatılmaktadır.

1.5.5. Nümerik Sistemlerin Parça Kontrolü ve Montaj İşlemlerinde Uygulanması

Nümerik kontrollü sistemler, parçaların kontrol veya montaj işleminde de uygulanmaktadır. Bu bakımdan günümüzde, görüntü sistemi denilen bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem montajda, parçaların ayrılmasında, kontrolünde vb. işlemlerde de kullanılmaktadır. Montaj hattına yerleştirilen televizyon kameraları, parça ile ilgili ikazları, analizör denilen mikroişlemciye gönderirler. Mikroişlemci bu ikazları analiz eder, işler ve sonuçları dışa verir. Dışa verilen sonuçlar; kabul veya ret; iyi veya kötü, ya da belirli parçaları diğerlerinden ayrılması şeklinde olabilir. Bu işlemin gerçekleşmesi için parçanın geometrik ve diğer özelliklerini ifade eden bir program yazılır. Bu program bir program analizörü ile irtibat halinde bulunan bir bilgisayara verilir. Analizörde parçanın özellikleri analiz edilir ve parçanın görüntüsü ile karşılaştırılır. Karşılaştırmanın sonucu kabul veya ret şeklinde dışa verilir. Parçanın görüntüsü, siyah beyaz veya daha iyi bir görüntü sağlamak amacıyla yarı renkli bir videoda gösterilebilir.

Sistemin görme hızı, alınacak bilgilerle ters orantılıdır. Yani bir parça ne kadar çabuk görünürse, o parça ile ilgili daha az bilgi alınır. Görüntü hızı azaldıkça, parça ile ilgili daha çok bilgi alınabilir. Günümüzde bu istem hacim bakımından küçük ve uzun ömürlü olan CCD (Charge-Compled Device) kameraları ile uygulanmaktadır. Sistemde yüzey hakkında gerekli bilgileri alan kamera ikazları, mikroişlemci sistemine gönderilir.

Burada ikazlar işlendikten sonra, yüzeyin durumunu gösteren bir kaydediciye ve kaplama işlemini gerçekleştiren tertibata gönderilir. Yüzey, programda ifade edilen özelliklere uygun olursa işlem devam eder; aksi durumda kaplama tertibatına gönderilen ikazlarla, kaplama işlemi otomatik olarak ayarlanır.

1.5.6. Sanayi Robotlarının Ortak Çalışmaları

Sanayi robotları, bir işleyici (manipülâtör) ve programlı kontrol sistemi ile donatılmış, imalât prosesinde insanın kısmen veya tamamen yerini almak için şekillendirilmiş tertibatlardır. Robotlar; takım veya parça kaldırma, itme, çekme, yükleme, bir yerden başka bir yere transfer etme, çeşitli parçaların montajını gerçekleştirme gibi ardışık gelen işlemleri yapabilen yapıtlardır. Genellikle bir robot mekanik ve programlama-kontrol sisteminden meydana gelir. Mekanik sistem, tutturma tertibatı ve gövdeden oluşur. Robotlar genellikle iki gruba ayrılır.

Birinci grubu oluşturan robotlar, bir parçayı veya takımı bir duraktan başka bir durağa taşıyabilirler. Bu robotların programları, geometrik ve çalışma komutlarını kapsar. Birinci grup robotlar besleyici veya yükleyici elemanlarla karıştırılmamalıdır.

Sezgi elemanları ile donatılmış olan ikinci gruptaki robotlar çevreden gelen herhangi bir ikazı algılayıcı ve bu ikaza göre bir karar verebilme yeteneğine sahiptirler. Bu tür robotlar elleme veya görme özelliğine sahip olabilirler. Göz -kol -bilgisayar ilkesine göre çalışan bu robotlar, belirli bir iş alanında, belledikleri bir parçayı geometrik şekline göre seçebilirler ve bununla istenilen işi yapabilirler. Bu robotların yapısı ve programları çok karışıktır.

Teknikte, çok eksenli hareket serbestliğine sahip olan besleyiciler ve yükleyiciler kullanılır. Ancak bu sistemler programlanabilir oldukları takdirde robot olabilir. Aksi takdirde besleyici veya mekanik kol adını taşırlar.

Robotların iş yapabilme kabiliyeti, hareket serbestliğine ve programlanabilme özelliğine bağlıdır. Hareket serbestliği, robot tarafından tutulan bir parçanın, bir noktadan başka bir noktaya ulaşabilmesi için verilebilen hareketlerin sayısıdır.

Bir parça, üçü dönme ve üçü de öteleme olmak üzere altı hareket serbestliğine sahiptir. Robotların hareket serbestliği bu tertibatları oluşturan elemanların hareket serbestliğine bağlıdır. Robotların tutma elemanları mekanik, pnömatis veya elektromanyetik olabilir. Robotların önemli bir özelliği, çalışma alanı veya iş hacmidir. İş hacmi tutma tertibatının

bulunabileceği tüm noktaların birleşmesi ile elde edilen hacimdir. Robotların kontrol tipleri; noktasal, doğrusal, eğrisel, tüm hareket yönleri veya sadece bazıları kontrollü olabilir. Hareketlerin programlanmasında; kartezyen, silindirik veya küresel koordinat sistemi kullanılabilir.

Robotlar gezer veya sabit olabilir. Gezer robotlarda sistemin sınırlarını oluşturan sistemin çevresi; kuvvet ve hareket algılama elemanları ile donatılmış tutma elemanlarından; kuvvet, moment, yol algılama elemanları ile donatılmış kollardan ve kuvvet, moment, elektrik akımı, basınç algılama elemanları ile donatılmış tahrik sistemlerinden oluşur.

Yukarıda belirtilen robotlar, birlikte de çalıştırılır. Bir robot belirli bir noktasına kadarki işleri tamamlarken, diğer bir robot işin kalan kısmını tamamlar. Birden fazla robot aynı işte çalıştırılacaksa, her birinin yapacağı görev önceden tanımlanmalıdır.

1.5.7. DNC Sistemleri

DNC (Direct Numerical Control) sistemi, merkezi bir bilgisayar tarafından kontrol edilen, bir grup NC tezgahından oluşan bir sistemdir. DNC sistemlerinde de, CNC sistemlerinde olduğu gibi tezgâh ile irtibat, bir program taşıyıcısı ile değil, direkt olarak bir bilgisayarın yardımıyla sağlanır. Bu sistemlere "on-line" da denilir. Buna karşın program taşıyıcısı ile bağlantı kurulan sistemler de vardır. Bunlara da "off - line" adı verilir.

Genel olarak bir DNC sistemi; kütle dış belleği, Merkez işlem ünitesi, çalışma belleği ve ara yüz ünitesinden oluşan merkezi bilgisayar, tezgâhların giriş çıkış terminalleri, tezgâhların kontrol ünitesi ve tezgâhlardan meydana gelir. Tezgâhlar, geleneksel NC veya CNC olabilirler. Her iki sistemde de parçanın işlenmesi için program, dış bellekten mikrobilgisayara verilir ve buradaki bellekte saklanır. Ancak tezgâhların NC veya CNC olmasına bağlı olarak merkezi bilgisayarın yüklendiği fonksiyonlar farklıdır. NC tezgâhları ile donatılmış DNC sistemlerinde merkezi bilgisayar, verilerin işlenmesinin yanı sıra, enterpolasyon, tezgâh kızıağının hareketlerinin kontrolü gibi işlemleri de yapar. Bu sistemlerde bir parçanın işlenmesi için her defasında merkezi bilgisayar tezgâhlara gerekli bilgileri aktarır. CNC tezgâhları ile donatılmış sistemlerde ise, merkezi bilgisayar sadece verilerin işlenmesini yapar ve bunları bir defa ol-

mak üzere CNC sistemlerine gönderir. NC ile donatılmış DNC sisteminde, merkezi bilgisayar daha pahalı, ancak tezgâhlar daha ucuzdur. BTR (Behind Tape Reader) de denilen CNC ile donatılmış DNC sisteminde, merkezi bilgisayar daha ucuz, tezgâhlar ise daha pahalıdır; ancak bu durumda sistem daha esnektir.

DNC sistemleri, daha emin ve daha çabuk veri iletişimi, verilerin merkezi olarak işlenmesi ve imalât sistemlerinde büyük bir esnekliğin sağlanması gibi üstünlüklere sahiptirler. Bununla beraber çok pahalı sistemlerdir.

Geliştirilmiş DNC sistemlerinde merkezi bilgisayar, parçanın işlenmesi için gereken verilerin yanı sıra, işlem operasyonlarının sıralanması, imalatın planlanması, parçaların programlanması, takımların işe ve operasyona göre dağıtılması, parçaların taşınması ve depolanması gibi işlemler de yapabilir.

1.6. Sistemlerde Zaman Ayarlarının Önemi

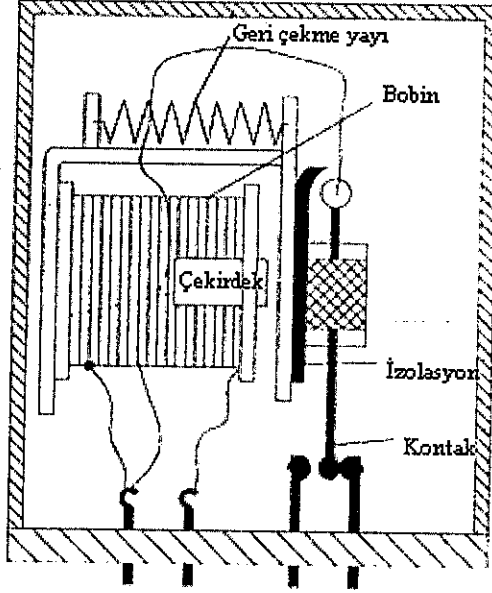
Otomasyonda zaman ayarları çok önemlidir. Çünkü ardışık olarak yapılan işler, zaman ayarlaması esas alınarak peş peşe yapılır. Zaman ayarları düzgün hesaplanıp uygulamaya konulmamışsa, işlemlerde aksaklıklar, hatta kazalar dahi olabilir. Bir robot önünde yer alan bir bant üzerinde parçaların geldiğini varsayalım. Bir parça tam robot önüne geldiğinde zaman ayarlayıcı ile durdurulması gereksin. Eğer zaman ayarlaması düzgün yapılmamışsa, parça robot kolunun bulunduğu konumu geçip daha ileri gidebilir.

Zaman ayarlaması için birçok sistem bulunmaktadır. Burada otomasyonda en sık rastlanılan zaman röleleri konusu üzerinde durulacaktır.

Elektromanyetik olarak tetiklenen bir anahtara *röle* denir. Röleler, Bobinli bir gövdeden ve hareketli kontaklardan oluşur. Bobine gerilim verilmesi sonucunda, elektromanyetik bir alan oluşur ve bunun sonucunda kol, bobinin çekirdeğine doğru çekilir. Hareketli kol aracılığı ile, kontak takımını tetikler. Bu kontak belirli sayıda kontakları açar ya da kapatır. Bobinden geçen akımın kesilmesi sonucunda, kol geri çekme yayı tarafından başlangıç konumuna getirilir.

Zaman rölesi, çeşitli yapı şekilleri, elektrikli aletlerde ve sistemlerde çeşitli regülasyon, kontrol ve denetleme fonksiyonlarının yerine getirilmesinde kullanılır. Kontrol devresi ve yük devresi arasındaki geçişi sağlamak, sinyallerin çoğaltılması, doğru ve alternatif akımın birbirinden ayrılması, sinyallerin geciktirilmesi, düzenlenmesi, çevrilmesi ve bilgilerin birleştirilmesi gibi görevler, zaman röleleri ile gerçekleştirilir. Şekil 5'de bir zaman rölesinin şematik çizimi görülmektedir.

Rölelerdeki anahtarlama elemanlarının sayısı ve bunların etki şekilleri için çoklu kombinasyonlar düşünülebilir. Örneğin bu kombinasyonlar; açıcı, kapayıcı, gecikmeli açıcı, gecikmeli kapayıcı olabilir.



Şekil 5: Elektromanyetik tetiklenen bir rölenin şematik çizimi

Bobine enerji verildikten veya bobinin enerjisi kesildikten belirli bir süre sonra, kontakları durum değiştiren rölelere *zaman rölesi* adı verilir. Zaman röleleri *düz* ve *ters* olmak üzere ikiye ayrılır. Her iki röle tipinde, normalde açık ve normalde kapalı kontaklar bulunabilir. Kontaktların ani olarak açılması veya ani olarak kapatılması, bobine enerji gönderilmesi ile sağlanır. Bobinin enerjisi kesildiğinde, kapalı olan kontaklar ani olarak açılır, açılmış olan kontaklar ise ani olarak kapanır.

Düz Zaman Röleleri

Bobini enerjilendikten sonra gecikme yapan zaman rölelerine *düz zaman rölesi* adı verilir. Düz zaman rölelerinde bobin enerjilendikten bir süre sonra, rölenin normalde kapalı kontağı açılır veya normalde açık olan kontağı kapanır. Düz zaman rölelerinde bobinin enerjisi kesildiğinde, kapanmış olan kontak ani olarak açılır, açılmış olan kontak ise ani olarak kapanır.

Ters Zaman Röleleri

Bobinin enerjisi kesildikten sonra gecikme yapan zaman rölelerine, *ters zaman rölesi* adı verilir. Ters zaman rölelerinde bobin enerjile-

nince, normalde açık kontak ani olarak kapanır, normalde kapalı kontak ise ani olarak açılır. Ters zaman rölelerinde bobinin enerjisi kesildikten belirli bir süre sonra, önceden kapanmış olan kontak açılır veya önceden açılmış kontak ise kapanır.

Bazı zaman röleleri sadece *düz* veya sadece *ters* olarak çalışır. Bazı zaman röleleri de hem *düz* hem de *ters* çalışabilir. Zaman rölelerine ait kontaklar, genellikle küçük akım şiddetlerini taşıyabilecek bir büyüklükte yapılırlar. Bu nedenle zaman rölelerinin kontakları sadece kumanda devrelerinde kullanılırlar ve güç devrelerine bağlanamazlar. Değişik yapıda zaman röleleri bulunmaktadır. Aşağıda bu zaman röleleri üzerinde durulacaktır:

1.6.1. Pistonlu Zaman Röleleri

Manyetik esasa göre çalışan yağlı pistonlu zaman röleleri, 600 volta kadar AA (Alternatif Akım) ya da DA (Doğru Akım) gerilimlerde kullanılabilir. Kontaklar, demir nüvenin hareketi ile konum değiştirir. Solenoid bobinin manyetik alanı, demir nüveyi, yağ dolu bir deponun içerisinde hareket edebilen bir pistonun ağırlığına zıt yönde bir kuvvetle kaldırır. Bu tip röleler çok duyarlı değildir. Pistonlu zaman rölelerinde, röle bobini ikinci kez enerjilendirilmeden önce pistonun yağ deposunun dip kısmında normalde bulunduğu yere tam olarak geri dönmesi sağlanmalıdır. Piston normal yerine dönmeyen röle tekrar çalıştırılırsa, rölenin zaman ayarı hatalı sonuç verecektir. Pistonlu zaman röleleri enerjilendikten sonra gecikme yaparlar ve kontakları normalde açık ya da normalde kapalı konumda olabilir.

Aşırı yük rölelerinin aksine pistonlu zaman röleleri, kontaklar ya da anahtarlar üzerinden doğrudan güç kaynağına bağlanan gerilim bobini tarafından çalıştırılır. Aşırı yük röleleri ise motor yük akımından etkilenen bir akım bobini ile çalışır. Pistonlu zaman röleleri çok değişik amaçlı kullanılabilir. Bazı kullanım sahalarına örnek olarak aşağıdaki yerler verilebilir:

- Motor yol vericilerinde kullanılan kontaktörleri kontrol etmede,
- Çalışma sırasında bir gecikmeye ihtiyaç duyulan herhangi bir uygulamada,

- Soğutma sistemlerindeki valflerin açılma veya kapanma sürelerini ayarlama vb. yerler.

Resim 3'de bir rölenin dış görünüşünün resmi görülmektedir.



Resim 3: Bir rölenin dış görünüşü

Pistonlu zaman rölelerinde pistonun geri dönüş zamanının hassas olması gerekmez. Bu rölelerde silikon piston sıvısı kullanılır. Silikon sıvısının en önemli özelliği, sıcaklık değişimlerinden en az etkilenmesidir. Zaman ayarları 2 saniyeden 30 saniyeye kolaylıkla değiştirilebilir. DA motorlarında çok kontaklı pistonlu zaman röleleri kullanılır. Bu tip zaman rölelerinin bobini enerjilendirildiğinde kontaklar, rölenin her bir kapanışında doğru bir zaman gecikmesi sağlayabilir.

1.6.2. Havalı Zaman Röleleri

Havalı zamanlayıcıların yapısı ve gösterdikleri performans, bu tür rölelerin endüstride daha çok kullanılmalarını sağlamıştır. Bu röleler, çevre sıcaklığı veya atmosfer basıncındaki normal değişikliklerden etkilenmez, çok geniş sınırlar içerisinde zaman ayarı yapılabilir ve defalarca çalışmalarında dahi doğrulukları iyi olup çok çeşitli kontak ve zamanlama düzenekleri bulunmaktadır.

Havalı zaman röleleri, bir mıknatıs düzeneği tarafından mekaniksel olarak çalıştırılan havalı zaman geciktirme birimine sahiptir. Bu rölelerde zaman geciktirme işlemi, sentetik kauçuk körük ya da diyaframın etkisiyle sıkıştırılmış havanın dar bir kanaldan geçirilmesi ile sağlanır. Zaman ayarı, ayarlı bir iğne valf ile kanal ya da delik boşluğu değiştirile-

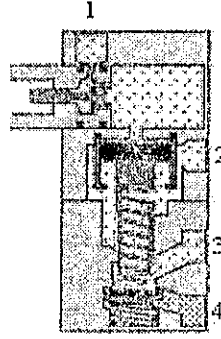
rek yapılır. Havalı zaman rölelerini enerjileme ya da enerjisini kesme işlemi, itmeli butonlar, sınır anahtarları veya termostat röleleri gibi pilot elemanlarla kontrol edilir. Bu rölelerde bobin tarafından çekilen enerji çok küçük olduğundan, zaman rölelerinin çalışmasını kontrol etmek için duyarlı kontrol elemanları kullanılabilir.

Havalı zaman röleleri, otomatik kontrol sistemlerinde ve motorlara yol vermede kullanılır. Takım tezgâhların kontrolü, sıralı işlemlerin kontrolü, endüstriyel işlemler ve yük taşıma bantları gibi doğruluk gerektiren tekrarlı işlem uygulamalarında otomatik kontrol gerekir.

Havalı zaman rölelerinde iki çeşit zaman geciktirme düzeneği vardır. Birinci düzenekte röle, bobini enerjilendirdikten sonra, ikinci düzenekte ise röle; bobinin enerjisi kesildikten sonra gecikmeyi yapar.

Şekil 6'da pnömatik kumandalı 3/2-yönlendirme valfi, bir tek yönlü akış kontrol valfi ve küçük bir hava tüpünden meydana gelen zaman geciktirme valfi görülmektedir. Yönlendirme valfi normalde açık veya normalde kapalı olabilir. Zaman gecikmesi normalde 0-30 saniye arasındadır. Sisteme ek bir hava tüpü ilave edilerek bu süre daha da arttırılabilir. Temiz ve basınç salınımsız hava ile çalışması hâlinde, hassas anahtarlama zamanı elde edilebilir.

Normal konumda kapalı, 3/2-yönlendirme valfi ile gerçekleştirilmiş bir zaman geciktirme valfinin çalışması şöyledir: Basınçlı hava (4) numaralı yerden valfa verilir. Kumanda havası ise valfa (1) numaralı bağlantıdan verilir. (1) bağlantısından giren hava, tek yönlü akış kontrol valfi üzerinden geçer. Yapılan ayara bağlı olarak, tek yönlü akış kontrol valfi üzerinden belirli bir debide hava akışı olur. Hava tüpü içindeki hava basıncı belirli bir seviyeye ulaştığında 3/2-yönlendirme valfinin kontrol pistonu aşağıya doğru harekete geçerek (3)'den (2)'ye giden yolu kapatır. Valf diskisi, oturduğu yerden ileri doğru itilir. Böylelikle (4)'ten (3)'e giden hava yolu açılmış ve akış başlamış olur. Hava tüpünde istenen basınç seviyesine ulaşılması için geçen zaman, valfin gecikme zamanı, yani anahtarlama süresidir.



Şekil 6: Zaman geciktirme valfi

1.6.3. Gecikmeli Kontaklar

Şekil 7’de gecikmeli kontakların standart devre sembolleri verilmiştir. Bu semboller bağlantı şemalarının çiziminde kullanılır. İlk sembol, röle enerjisiz durumda iken normalde açık kontağı gösterir. Röle enerjilendiğinde bu kontak gecikmeli olarak kapanır. Bu nedenle bu röle-ye açık gecikmeli kapanan (N.A.G.K.) kontak denir. I ile gösterilen bölüm, bobin enerjilendikten sonra gecikmeli; II ile gösterilen bölüm ise bobin enerjisi kesildikten sonra gecikmeli durumları göstermektedir. Şekil yanında verilen kısaltmaların anlamları aşağıda verilmiştir:

I		N.A.G.K.	Enerjilendiğinde Gecikmeli
		N.K.G.A.	
II		N.A.G.A.	Enerjisi Kesildiğinde Gecikmeli
		N.K.G.K.	

Şekil 7: Gecikmeli kontakların sembolleri

Üstten ikinci sembol normalde kapalı kontağı gösterir. Röle enerjilendikten sonra bu kontak gecikmeli olarak açılır (NKGGA). Üçüncü sembol normalde açık kontaklıdır. Röle enerjilendiğinde bu kontak ani olarak kapanır ve bobin enerjili kaldığı sürece kapalı kalır. Bobin enerjisi kesildiğinde bu kontak gecikmeli açılır (NAGA). Son sembol normalde kapalı kontaklıdır. Röle bobini enerjilendiğinde bu kontak ani olarak açılır ve bobin enerjili olduğu sürece açık kalır. Bobin enerjisi kesildiğinde gecikmeli olarak kapanır (NKGK).

1.6.4. Ani Kontaklar

Havalı zamanlayıcıların çoğunda gecikmeli kontakların yanı sıra ani konum değiştiren kontaklar da bulunur. Normal rölelerde olduğu gibi ani kontaklar doğrudan zamanlayıcının bobini tarafından kontrol edilir. Havalı zamanlayıcılar üzerindeki bu yardımcı kontaklar, genellikle normal rölelerle zaman rölelerinin işlevlerini birleştirmek amacıyla kullanılır. Bir zamanlayıcı üzerine ani kontaklar kolaylıkla yerleştirilebilir ya da eklenebilir.

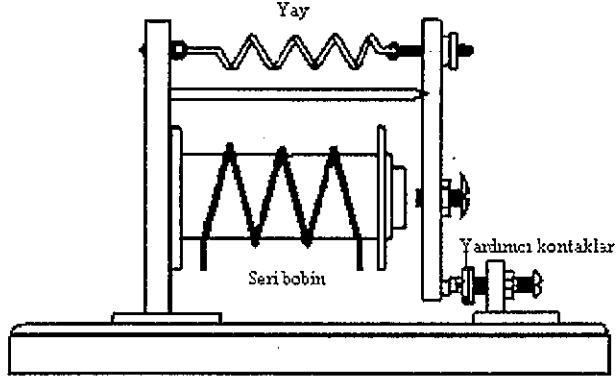
1.6.5. Motorlu Zamanlayıcılar

Bir kontrol, kesin bir çalışma ve durma işlemine ya da ardışık işlemler sırasına sahipse genellikle motorlu zamanlayıcılar kullanılır. Motorlu zaman rölelerin önemli bir uygulama alanı, yük altındaki motorların belirli bir süre bir yönde, sonra durarak ters yönde döndüğü çamaşır makinelerinin kontrol edilmesidir. Motorlu zamanlayıcılar, büyük motorların ara sıra çalışmasını gerektiren yerlerde de kullanılır. Motorlu zamanlayıcılar genellikle, ortak bir mil üzerine yerleştirilen ayarlı kamaları döndüren küçük bir senkron motordan meydana gelir. Motorlu zamanlayıcılar, arzu edilen işlemleri gerçekleştirmek üzere röle ya da kontaktör devrelerine bağlanan kontakları ardışık olarak kapatır ve açarlar.

1.6.6. DA Seri Röleler

Genellikle bir rölenin ismi, onun temel amacını, yapısını ve çalışma prensibini tanımlar. DA seri rölelerin genel bir uygulama alanı, DA motorların yol alma zamanlarını ayarlamaktır. Örneğin, Şekil 8'de verilen rölenin bobini motorun yol verme direncine seri bağlanır. Böylece motorun yol alma akımı rölenin bobininden de geçer. Rölenin kontakları ise yardımcı bir devreye bağlanabilir.

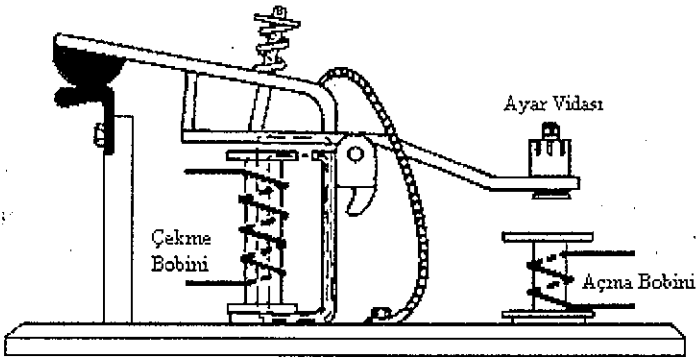
Şekilde gösterilen rölenin kontakları, genellikle bir manyetik kontaktörün bobini kontrol etmek için kullanılır. Rölenin paleti hafiftir ve çok hızlı çalışacak şekilde yerleştirilmiştir. Motorun yol alma akımı röle bobininden geçtiğinde röle paletini çeker ve kontaklar açılır. Bobin akımı belirli bir değerin altına düştüğünde yay kuvveti ile palet geri açılır ve kontaklar kapanır. Bobinin, paleti çekme kuvvetini yaya karşı kaybettiği andaki akım değeri, yay ayarlanarak değiştirilir.



Şekil 8: Seri tip rölenin şematik çizimi

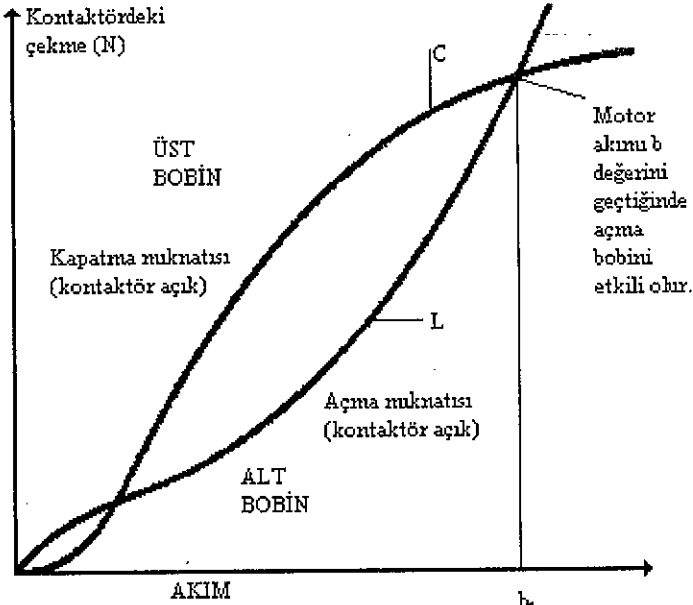
1.6.7. Manyetik Açmalı DA Seri Kontaktörler

Birbirine seri bağlı iki bobinden oluşan seri rölenin bir çeşidi Şekil 9'da gösterilmiştir. Açma bobini, kontaktörün paletini açık tutarken çekme bobini kontaktörün paletini kapatmaya çalışır. Çekme bobini düşük akım değerlerinde yaklaşık olarak doyumdadır.



Şekil 9: Manyetik açmalı DA seri kontaktörün şematik çizimi

Bobinler seri bağılı olduğundan akımları da aynıdır. Dolayısıyla, bir bobinin manyetik çekme kuvveti değiştiğinde diğer bobinin ki de değişecektir. Ancak, çekme bobininin manyetik devresinde daha fazla demir nüve bulunduğundan, bu bobinin akım-tork değişimi Şekil 10'daki C eğrisi gibi olacaktır. Açma bobininin manyetik devresinde daha az demir nüve bulunduğundan bu bobinin akım-tork değişimi ise Şekil 10'daki L eğrisi gibi olacaktır.



Şekil 10: Akım ile kontaktördeki çekme kuvvetinin (tork) değişimi

Motor yol alma akımının değeri, Şekil 10'daki b değerinden büyükse açma bobininin torku daha büyüktür. Motor yol olarak akım b değerinin altına düşerse çekme bobininin torku daha büyük olur ve paleti çeker.

1.6.8. Manyetik Zaman Röleleri

Bir bobinden geçen akım artıyorsa öz endüksiyon etkisiyle oluşan EMK, o bobindeki akımın artışına zıt bir etki meydana getirir. Bobinden geçen akım azalıyorsa öz endükleme EMK 'yı (Elektro Manyetik Kuvvet) bobindeki akımın azalmasına karşı koyar.

Manyetik zaman rölelerin bazıları bir demir nüveyi saran içi boş bakır silindir üzerine sarılan bobinden meydana gelir. Diğer manyetik zaman rölelerinde bakır kaplanmış bobinler kullanılır. Her iki tip zaman rölesinde de rölenin enerjisi kesildiğinde zaman gecikmesi sağlanır.

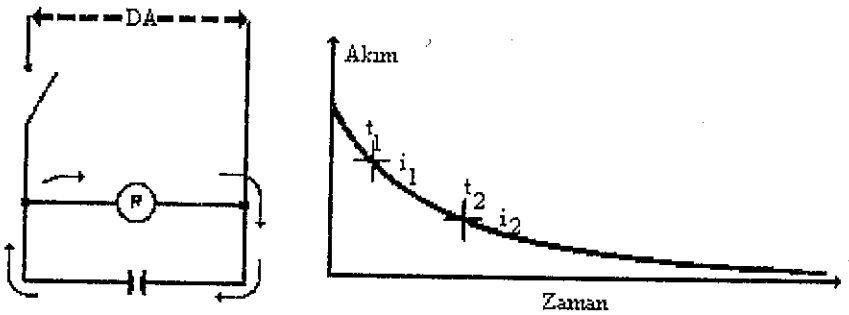
Bobinin enerjisi kesildiğinde akım hızla sıfıra doğru düşer. Akımın düşmesiyle bobindeki akım azalırken kısa devre durumundaki bakır silindiri keser ve bakır silindirde gerilim endüklenir. Bu gerilim bakır silindirden kısa devre akımları dolaştırır. Bu akımın nüvede oluşturacağı akı bobinin enerjisi kesildikten sonra röle paletinin bir süre daha kapalı kalmasına neden olur. Bu rölelerde zaman gecikmesi, bobinin sarım sayısı ve manyetik devredeki demir miktarı ile ayarlanır.

Manyetik zaman röleleri, DA motorlara yol verirken kullanılan kademeli dirençleri devre dışı etmek için kullanılabilir. Bu tip rölelerin paletlerinin hareketi oldukça hızlıdır. Zaman gecikmesi, ayarlı bir yay ve manyetik olmayan palet simi kullanarak değiştirilebilir.

1.6.9. Kondansatörlü Zaman Röleleri

Bu kondansatörün DA güç kaynağına bağlanarak yüklendiğini ve sonrada röle bobini üzerine boşaldığını düşünelim. Oluşan kapalı devredeki direncin, endüktansın ve kondansatörün kapasitesinin değerlerine bağlı olarak bobinde indüklenen akım yavaş yavaş azalacaktır.

Röle bobini ile kondansatör, Şekil 11'deki gibi DA kaynağa paralel bağlanırsa kondansatör kaynak gerilimi ile dolacak ve bobinden bir akım geçecektir. Devredeki anahtar açılarak bobin ve kondansatör birlikte devreden çıkarıldığında bobin akımı Şekil 11'deki eğride görüldüğü gibi azalmaya başlayacaktır.



Şekil 11: Bir röle bobini üzerine boşalan yüklü kondansatör ve akımın zamanla değişim eğrisi

Röle paletini i_1 akımında bırakacak şekilde ayarlanırsa t_1 zaman gecikmesi olacaktır. Akım i_2 ye düşünceye kadar bırakmayacak şekilde ayarlanırsa t_2 zaman gecikmesi elde edilecektir.

Zaman gecikmesini değiştirmek için ayarlı bir direnç kullanılabilir. Burada açıklanan direnç-kondansatör teorisi, endüstriyel elektronik ve yarı iletken kontrol devrelerinde de kullanılır. Kondansatörlü zamanlayıcılar oldukça hassastır ve motor yol verme kontrollerinde ve birçok endüstriyel işlemlerde kullanılır.

1.6.10. Elektronik Zamanlayıcılar

Eletronik zamanlayıcılarda, zamanlamanın durumunu gösteren ışık yayıcı diyotlar (LED) bulunur. LED, zaman rölesi enerjisizken söner, zamanlama sırasında yanıp söner ve röle, enerjili iken ışık verir. Bu zamanlayıcı standart endüstriyel kontrol rölesi bağlantıları için uygundur.

1.6.11. Zaman Rölelerinin Seçimi

Belirli bir uygulama için zaman rölesi seçerken aşağıdaki etkenler dikkate alınmalıdır:

- İhtiyaç duyulan zaman gecikmesi ,
- İhtiyaç duyulan zaman değeri,
- İzin verilebilir hata,
- Çalışma çevrimi ve geri gelme zamanı,
- Maliyet,
- Diğer istekler.

a. İhtiyaç Duyulan Zaman Gecikmesi

İhtiyaç duyulan zaman gecikmesi, makinenin tipi ya da zamanlayıcının kontrol edeceği işlem tarafından belirlenir. Bu zaman gecikmesi bir saniyeden birkaç dakikaya kadar değişebilir.

b. İhtiyaç Duyulan Zaman Değeri

Zaman değeri zamanlayıcının ayarlanabileceği çeşitli zaman aralıklarını ifade eder. 1 saniye, 100 saniye ya da 1 sn. ile 100 sn. arasında

herhangi bir zaman gecikmesine ayarlanabilen zamanlayıcılar vardır. Bir makine ya da işlemde kullanılmak üzere zamanlayıcı seçilirken zamanlayıcının değeri, makine ya da işlem tarafından ihtiyaç duyulabilecek çeşitli gecikme sürelerini sağlayacak kadar geniş olmalıdır.

Zaman değerindeki herhangi bir konumun gerçek değeri, denemelerle ve hatalarla bulunabilir. Verilen bir işlem için önceden doğru olacağı belirlenen zaman gecikmesinde, zamanlayıcıyı çabukça geri alabilmek için zamanlayıcılar üzerinde ölçek bulundurulmaktadır.

c. İzin Verilebilir Hata

Bütün zamanlayıcılarda çeşitli hatalar oluşabilir. Yani, aynı değere arka arkaya yapılan zaman ayarları arasında artı ya da eksi zaman sapmaları olabilir. Hata miktarı zamanlayıcının çeşidine ve çalışma şartlarına göre değişebilir. Bu hata genellikle ayarlanan değer yüzdesi ile ifade edilir.

Herhangi bir zamanlayıcının hata yüzdesi; zamanlayıcının çeşidine, çevre sıcaklığına (özellikle düşük sıcaklıklar), bobin sıcaklığına, güç kaynağının gerilimine ve zamanlayıcının çalışma çevrimleri arasındaki sürenin uzunluğuna bağlıdır.

d. Çalışma Çevrimi ve Geri Gelme Zamanı

Bir elektrik devresi açıldığında ya da kapatıldığında zamanlayıcı, çalıştırıcı eleman olabilir. Bu durumda, uygulama süreci başlamadan önce zaman gecikmesi oluşur. Belirli bir işlem tamamlanır tamamlanmaz zamanlayıcı devresi kendi kendini ilk konumuna geri alır. Zamanlamaya ihtiyaç duyulduğu her defasında bu devre enerjilenmeli ya da enerjisi kesilmelidir. Diğer bir zamanlayıcı ortamına işlem zamanlayıcı adı verilir. Bu devreye bağlandığında bu zamanlayıcı sıralı işlemleri (birinden sonra diğerini) kontrol eder. Bu devrenin enerjisi kesilinceye kadar zamanlayıcının çalışma çevrimi tekrarlanır.

Zamanlayıcı seçiminde önemli bir nokta da zamanlayıcının geri gelme hızıdır. Geri gelme zamanı, röle düzeneğinin orijinal konumuna geri dönmesi için ihtiyaç duyduğu zamandır. Bazı endüstriyel iş-

lemler rölenin ani olarak geri gelmesini gerektirir. Bazı işlemler ise, yavaş geri gelmeye ihtiyaç duyabilir. Bir zamanlayıcının geri gelme zamanı, zamanlayıcının çeşidine ve zaman geciktirme süresine göre değişebilir.

e. Maliyet

Belirli bir uygulamanın isteklerini karşılayacak birkaç elektromanyetik röle bulunuyorsa çalışan parçası en az olan röleyi, yani en basit zamanlayıcıyı seçmek gerekir. Çoğu zaman bu zamanlayıcı da en ucuza olacaktır.

f. Diğer İstekler

Elektromanyetik ya da yarı iletken zamanlayıcıların seçiminde bazı ek etkenlere de dikkat edilmelidir:

- Güç kaynağının çeşidi,
- Kontak değerleri,
- Zamanlayıcının kontakları: Genellikle normalde açık ve normalde kapalı kontakları bulunur.
- Sıcaklık değeri: Bazı zamanlayıcıları doğruluğu sıcaklıkla değişir. Donma sıcaklığının altındaki değerler zamanlayıcının doğruluğunu etkiler.
- Boyutları: Zamanlayıcının yerleştirileceği yerin boyutları da zamanlayıcı seçiminde önemli olabilir.

1.6.12. Sorular

Soru 1: Bu ünite de incelenen zamanlayıcılardan en kararsız olanı hangisidir? Bu zamanlayıcının zamanlama çevrimi değişen çevre sıcaklığından nasıl etkilenir?

Soru 2: Motorlu zamanlayıcılar için birkaç uygulama alanı yazınız.

Soru 3: Endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan zamanlayıcı hangisidir?

Soru 4: Havalı zamanlayıcılar nasıl ayarlanır?

Soru 5: Belirli bir uygulama için zaman rölesi seçerken dikkat edilecek 6 etkeni yazınız.

Soru 6: Zaman rölesi seçiminde dikkat edilecek diğer etkenlerden birkaç tanesini yazınız.

Soru 7: Küçük güçlü, elle çalıştırılan motor yol vericisinin hat şemasını çiziniz. Yol verici kontağı kapandığında aşırı yük ısıtıcısı üzerinden havalı zaman rölesinin bobini enerjilenecektir. Zamanlayıcı bobini enerjilendikten sonra gecikmeli kapanan kontak, 120 voltluk küçük bir motoru çalıştıracaktır.

2. ÜNİTE: ROBOTİĞE GİRİŞ

2.1. Robotun Tanımı

Robot kelimesi ilk olarak Çek filozofu ve oyun yazarı Karel “Capek'in Rossum's Universal Robot (R.U.R.)” isimli oyunu içerisinde 1922'de kullanılmıştır. Çek dilinde *robot*, “işçi” veya “esir” anlamındadır. Bu oyunun içeriği kısaca şöyledir:

“Oyunun kahramanları Rossum ve oğlu, yapmayı düşündükleri robot içerisinde kullanacakları protoplazmanın kimyasal formülünü keşfetmişlerdir. Protoplazma denilen şey ise, yaşamın temelini oluşturan bir maddedir. Bu maddenin aslını oluşturamayacaklarını bildikleri için suni yollarla bu maddeyi elde etmeye çalışmışlar ve bunun için tam 20 yıl harcamışlardır. Bu yirmi yıl sonunda yaptıkları işleri düşünüp şu karara varmışlar:

Rossum: “Eğer biz, doğadan daha çabuk bir şekilde protoplazmayı oluşturup robotu yapamıyorsak, geçen bu yirmi yıl boşa harlandı demektir.”

Oğluna göre ise: “İnsanlar, çeşitli duyulara sahiptir. Örneğin, insanlar mutlu olabilir, piyano çalabilir, yağmurlu bir havada yürümekten hoşlanabilir. Ama bizim yapmaya çalıştığımız çalışan makine ise, ne mutlu olabilir, ne piyano çalabilir, ne de yağmurlu bir havada yürümekten zevk alabilir.” Bu düşünceler sonucunda yapmak istediklerinin mümkün olamayacağını düşünürler ve bu fikirlerinden vazgeçerler.

Rossum ve oğlu emellerine ulaşamadılar; ama bu oyunun ardından mühendisler robot tasarımına başladılar. Ancak Rossum'un plânladığı robotla, mühendislerin tasarladığı robot arasında bir fark vardı. Bu fark şuydu: Rossum, robot içerisinde protoplazma yerine silisyum, hidrolik ve hava basınçlı motorlar kullandı.

İşte, bu oyun gibi daha birçokları yazılmıştır. 1939 yılında Isaac Asimov, robotlarla ilgili bilim kurgu romanlar yazmaya başlamış ve günümüzde hâlâ geçerliliğini korumakta olan üç robot kuralını ortaya atmıştır:

- Bir robot, insanlara zarar vermemeli, onlara zarar gelmesine seyirci kalmamalıdır.
- Birinci kuralla çelişmediği sürece bir robot daima insanlardan aldığı emirlere uymalıdır.
- Birinci ve ikinci kuralla çelişmediği sürece bir robot kendini, kendine zarar verecek hareketlerden korumalıdır.

Robot çok yüksek kapasitede çalışan bir insan gibi fakat insana özgü eksikliklerden tamamen arınmış bir makine modelidir. Robotların ana fikri de budur. Genellikle robot deyince ilk akla gelen, insanın mekaniksel olarak bir kopyasının yapılmasıdır. Hayalimizde çok mükemmel ve üstün mekanizmalar olarak düşündüğümüz robotlar gerçekte nedir ? Bu soruya en uygun cevabı verebilmek için; bilgisayar, elektronik devreler, malzeme bilimi ve makine kavramlarını bilmemiz gerekmektedir.

Temelde robotların yapısına baktığımızda bu dört bilime dayalı bir yapı görmekteyiz. Robotlar ilk bakışta gelişmiş bir bilgisayardır. Dolayısıyla, bilgisayar teknolojisi ne kadar gelişmişse robot teknolojisi de o kadar gelişecektir. Robot programlanmadan kendi başına hiçbir şey yapamaz. Günümüzde üzerinde çalışılan robotlar, göz ve görme işlevlerinin de gelişmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Robotun görme işlevini geliştirmek için günümüzde çalışmalar yapılmaktadır. Bunlara bir örnek verebiliriz: Görme işlevini geliştirmek için kutu içerisinde bulunan parçalar üzerinde çalışılmaktadır. Örnekte, bir kutu içinde birbirinden farklı parçalar vardır. Robottan, daha önce belirlenen parçayı kutu içerisinden seçerek bulması istenir. Yakın geçmişimizde insanların nasıl gördüğü hakkında araştırmalar yapılarak bu probleme birçok çözüm yolu bulunmuştur. Fakat bu çözümlere baktığımızda bunların yeterli seviyede olmadığı gözlenmiştir. Öyleyse, tüm model ve şekillerini ve buna bağlı tüm çözümleri bilgisayar ezberleyerek sonuca gidebilir mi?

Belki de çözüm, bilgisayarlarda görsel mekanizmasının insan beyninin nöronlarının düzenlendiği biçimde oluşturulmasında yatıyordur. Bir örnekle hem insan beyninin ne kadar mükemmeliyette olduğunu ro-

botun ise bizim için çok basit gözüken konularda ne kadar aciz kaldığını görebiliriz. Örneğin “Niçin bir robot, karşısında gördüğü her şeyayı tanıyamaz?” Çünkü robot, bilgisayarla ilişki içerisinde bulunmak zorundadır. Hiçbir eşya, bilgisayar için kabaca tanımlanamaz. Bilgisayarın masayı tam manasıyla kavrayabilmesi, tanıyabilmesi için onu görünen tüm elemanlarının önceden bilgisayara tanımlanması gereklidir. Çeşitli açılardan görünümün, her türlü olabilecek fiziksel değişimlerin, renklerin, kısacası tüm ayrıntıların robota bildirilmesi gerekmektedir.

Yukarıda bahsettiğimiz görme işleminin, robotlar için ne kadar önemli olduğunu anlattık. Görme işlevi, insanlar için ne kadar önemli ise, robotlar için de o kadar önemlidir. Belki de görme işlevinin robotlar için çözümlenmesi, robot teknolojisinde bir dönüm noktası olacaktır. Böylelikle, yeni yeni ufuklar açılması söz konusu olacaktır. Görme ile çevredeki tüm bilgileri toplayıp, irdeleyip kararlar verme gücüne sahip robotlar yapılmasına başlanabilecektir ve böylelikle akıllı robotların yapılması gerçekleşecektir. Robotun tanımından yola çıkarak, vermiş olduğumuz bu bilgiler neticesinde görülüyor ki insanlar yakın gelecekte akıllı robotlar yapabileceklerdir.

Robot çağının tam anlamıyla geliştiği, 1980’li yıllarda yapılan robotlar; konuşan; düşünen ve gören cinsten değillerdi. O yıllarda görüyoruz ki, yapılan robotlar; tek düze işler yapabilen, bilgisayarlarla donanmamış, gelişmemiş tiplerdir. Ama günümüzde görüyoruz ki, o zamanki yıllardan bugüne kadar robot teknolojisinde çok fazla yol alınmıştır.

Robot kelimesi, bazen yanlış ifade edilebilmektedir. Mutfaqlarda sebzeleri doğrayan vb. işler yapan basit ev aletlerinin dahi “*mutfak robotu*” adıyla anılması, yanlış bir kullanım. Çünkü bu tür bir alete “*robot*” ismi verilecek olursa, evimizde kullandığımız diğer birçok cihaza da “*robot*” adını takmamız gerekir. Örneğin; böylesi bir durumda, televizyonu çalıştıran uzaktan kumanda aletine “**uzaktan kumanda robotu**” demek gerekir. Firmalar, ürettikleri mallara ilginç ve bazen de saçma isimler vererek, müşterilerinin dikkatini çekmek istemeleri, bu tür yanlış isimlendirmelerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Gerçek anlamda robot denilince; birçok değişik amaçlar için kullanılabilen çok fonksiyonlu ve programlanabilen makineler akla gelmelidir.

2.1.1. Robotlar Ne İşe Yarar?

Robotlar; insanlar için tehlikeli sayılabilecek yerlerde kullanılabilirler. Örneğin uzayda, maden ocaklarında, su altında çalışan robotlar yapılmıştır. İnsan sağlığı için tehlike arz eden radyoaktif madde, zehirli kimyasal bileşikler, hastalık yapıcı bakterilerin bulunduğu alanlarda da robotlar yararlı olabilirler.

Bilgisayarların üretilmesi ve çıkış amacı aritmetiktir. Bilgisayar, işlemleri süratle ve kusursuz olarak yapabilmektedir. Öte taraftan insan beyni incelendiğinde, aritmetik işlemler konusunda oldukça zayıf kaldığı görülür. Çok basit gözükken problemleri bile dışarıdan bir yardım almadan çözmek bazen mümkün olmayabilmektedir. İnsanoğlu bu yardıma önce parmaklarını sayarak başladı. Daha sonra kalem kağıt, harfler, logaritma, hesap cetvelleri, mekanik hesap makineleri ve bilgisayarlar kullanarak bu duruma ulaştı.

İnsan beyninin görevi, sadece sayı hesaplamak değildir. Onun en önemli görevi eskiden beri yaratıcı, yargılayıcı düşünceleri üretmek olmuştur.

Acaba bizler, yukarıda bahsettiğimiz insanca davranışları, robota kazandırabilir miyiz? Bu, ilk bakışta "Robotu bu şekilde programlamalı mıyız?" sorusunu aklımıza getiriyor. Bu tabii ki kolay olmayacaktır. Bu sebeplerden dolayı bir robotu insan davranışına bire bir olarak programlamak günümüz teknolojiyle çok zor görünmektedir.

Sonuç olarak insanlar daha iyi bir şey geliştirerek, robotlar ise ona ayak uydurarak aynı paralellikte ilerlemeye devam edeceklerdir.

İleride robotlar ve insanlar birlikte çalışacak. Böylece daha önce tek başımıza yaptığımız işlerin daha çoğunu robotlarla birlikte yapmaya başlayacağız.

Robotlar, şu hâllerleriyle aptaldır. Ama gelecekte onlar, insandaki yetenekleri aynen taklit edebileceklerdir. İnsanlar, yaratıldıkları günden beri ağır, sıkıcı, tehlikeli ya da sevmedikleri işlerin yapılabilmesi için daima hünerli aletler icat etmişlerdir. O olgu ile robotları yapmışlar ve bu

işleri robotlara yaptırmaya başlamışlardır. Çağımıza baktığımızda, yarı akıllı dediğimiz bu cihazların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Çoğumuz, bu cihazlardan oldukça uzak kaldığımız düşüncesindedir. Ama, çevremize baktığımızda robotların her yere girdiğini görmekteyiz. Fabrikalarımızda robot montaj kollarının ritimleri çınlamaktadır. Para çektiğimiz veznelere, otomatik vezne makineleri tarafından kibarlıkla teşekkür eden otomasyonla hayatımıza girmiştir. Artık metro trenlerinde robot sürücüler, durmak, sıkılmak bilmeden yönlendirilmektedir. Çoğu maden ocaklarında, otomatik köstebekler bulunmakta böylelikle madende oluşacak tehlikeden insanoğlu uzak tutulmaktadır.

Robotların insanlar gibi düşünmelerini sağlayabilmek için, yapılan yapay zekâ araştırmaları ilk bakıldığında çok karmaşık sonuçlar doğurmuştur! 60'lı ve 70'li yıllarda ilk heyecanın verdiği olumluluğa rağmen, transistörlerin ve mikroişlemcilerin 2000 yılına kadar insan beynini taklit edemeyeceği anlaşılmıştır. Böylelikle araştırmalar yüzyıllar olmasa da on yıllar mertebesinde ileri atılmış durumdadır.

İnsan beyninin düşünüşünü taklit etme girişiminde insan beyninde bulunan yaklaşık yüz milyar nöronun bilim adamlarının tahmin edilenden çok daha becerikli olduğu insan algılayışlarında daha karmaşık olduğu anlaşılmıştır. Örneğin; kontrollü bir fabrikada, makine panosunda meydana gelen milimetreden daha da ufak bir kaymayı fark edebilecek robotlar yapılmıştır. Ancak insandaki zekâ, ani değişen bir görüntüyü algılayabilir; çok kalabalık bir ortamda tanıdık bir yüzü seçebilir ve gördüklerinin %98 gibi bir kısmını bile önemsemeden geçip gider. Böyle bir yeteneği dünyanın en gelişmiş bilgisayarını dahi gösterememektedir. Bunun nasıl yapıldığına dair beyin üzerinde yapılan araştırmalar bu olayı ve olayları henüz çözmüş değildir.

İnsan beyninin üstünlüğü dış dünyaya ait görüntüyü nasıl algıladığı merak konusu olmuştur. En önde gelen laboratuvarlarda yeni doğmuş bir bebeğin, bir yıl boyunca yaptıkları gözlenmiş ve gözlem sonucunda dengede durmayı öğrenmek, dik yürümek, yerdeki koyu bir gölge ile delik arasındaki farkı bilmeyi bir robot üzerinde uygulamışlar; ancak başarılı olamamışlardır.

Yukarıdaki davranışlardan esinlenerek bilgi kuramcıları, beyin üzerinde çalışan bilim adamları ve bilgisayar uzmanları marifetlerini bir-

leştirmişler ve sonuçta robotlara, canlı benzeri bir zekâ kazandırma yollarını araştırmışlardır. Uzmanların ortaya koydukları yöntemler aşağıda verilmiştir:

- Geleneksel elektronik devrelerdeki doğrusal mantık yapısından vazgeçerek gerçek bir beynin nöronlarının karmaşıklığı.
- Kendiliğinden düzenlenirse, yönelmek hata üreten bağlantıları yok eden geri beslenen sinyaller sistemi ile kendi kendine öğrenme.

Uzmanlar, insan aklının karmaşıklığını taklit etmekten hâlâ çok uzaktır ve birkaç kuramcı da makine zekasının olmadığını söylemektedir. Bu arada daha alışılmış cihazlar o kadar büyük hızla üretiliyor ki, bilim adamları robot terimini tanımlamakta zorluk çekmektedirler.

Günümüzde, elektronğin sunduğu bütün bu yenilikler bir arada kullanıldığında büyük kolaylıklar sağlanmaktadır. Bir bilgisayar denetiminde birçok makine belli küçük iletişim ağına bağlı olarak çalışabilmektedir. Farklı şeylerin üretilebilmesi için makinelerin değiştirilmesi yerine, birden fazla iş yapabilen makinelerin yeniden programlanması yeterli olabilecektir. Bir metalin birçok şekle sokulmasında ya da farklı şekilde parçaların kesilmesinde kullanılmaktadır. Robotlar, elektronik devrelerde parçaların yerleştirilmesinde kullanılmaktadır. Elektronik ve makine hayatımızı kolaylaştırmaktadır. "Robotlar da elektronik, elektro mekanik ve mekanik parçalardan oluştuğundan ötürü, bu bilim dalları hayatımızı her zaman kolaylaştırır mı?" Sorusunu aklımıza getirmektedir. Robotlar hayatımızın büyük bir kısmına girmiş bulunmaktadır. İnsanların yaşantılarını daha da kolaylaştırmıştır.

Robot tanımından yola çıkarak, robotlar konusunda bizi bilgilendiren yepyeni bir bilim dalı ortaya çıkmıştır. Bu bilim dalının ismi, robotiktir. Robotik; elektronik, bilgisayar ve makinenin bir bütün olarak nasıl kullanılacağını ve bu kullanımdan ne gibi yararlar sağlayacağını bize göstermiştir. Robotik bilim alanında birçok gelişmeler görülmektedir. Bunların en önemlisi, yapay elle donatılmış ve verilen tüm görevleri kendi kapasitesince yapabilen robotlardır. Bu robotlar günümüzde birçok yerde kullanılmaktadır. Gelecekte ise, uzay istasyonlarında ve montaj tesislerinde yararlı işler yapacaklardır. Biz, yaptığımız bu tanımlarda robotların çok hünerli cihazlar olduğundan bahsettik. Ama kesinlikle robotlar insanın yapabileceklerini tam manasıyla yapamayacaklarını

söyleyebiliriz. Bunun için, robotlar üzerinde araştırmalar ve çalışmalar yapan mühendis Hans-Jörg Schneebeli'nin şu sözleri, yukarıda bahsettiğimiz konuyu desteklemektedir: "Robot elleri üzerinde ne kadar çok çalışırsam, insanların sahip oldukları ellere daha çok hayran oluyorum. Robot elinde, insan elinin yapabildiği işin bir kısmına bile ulaşabilmemiz için daha çok zamanın geçmesi gerekir."

"Hayal ettiğimiz, çok gelişmiş ileri mekanizmalar olarak düşündüğümüz robotlar, gerçekte nedir?" Sorusuna en uygun cevabı vermek için; bilgisayarı, elektroniği, kullanılan malzemeyi ve makineyi çok iyi bilmemiz gerekir. Temelde, robotlar; bilgisayar, elektronik, malzeme ve makineye dayanan yapılardan oluşmaktadır.

Robotlar önceleri, sanayide bulunan küçük işleri yapabilen basit mekanizmalardı. Örneğin, belli bir malzemeyi bir yerden alıp başka bir yere koyan otomatik mekanizma veya önüne gelen civatayı sıkıyan bir mekanizmayı, robotların ilk ve basit işleri olarak düşünebiliriz. Sonraları bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile robotlar da kendilerini geliştirerek ve giderek "hayallerin gerçekleştirilmesi" noktasına yaklaşmışlardır.

Robotlar çok gelişmiş bilgisayarlardır. İleri teknoloji ile donatılmış elektronik malzemeleri kullanmaları nedeniyle, robotun gelişmesi bilgisayarlara endekslenmiştir. Robotlar, programlandığı hareketlerin dışına çıkamaz.

Robotlar, insanın sorunlarından arınmış olarak 24 saat sürekli çalışabilir ve üzerine programlanan işi bir insandan çok daha fazla bir duyarlılıkla yerine getirebilir.

Gereken tüm çalışmalar başarılırsa, sorunlu ve pahalı geçiş dönemi uzun sürmeyecektir. Eğitimde yapılacak uygun bir yenilikle gelecek kuşaklar, bilgisayarlı ve robotlu dünyaya çabucak uyum sağlayabilecek ve böylece insanlar, artık çocukluk dönemleri ile birlikte, robotların yapamayacağı nitelikteki yaratıcılığa yönelerek eğitime başlanacaktır. Eğitimde yapılacak gerekli değişikliklerle, bilgisayarın evlerde ve iş yerlerinde kullanımı mümkün olacak ve insanlar, bilgisayarlaşmış merkezi bir kütüphaneye bağlı olarak çalışan bu bilgisayarlarda kendi seçecekleri konularda, kendi zaman ve hızlarına bağlı olarak kendi eğitimlerine destek sağlayacaklardır.

Bu türdeki düşünceler, insandaki yaratıcılığın ancak birkaç kişiye özgü ve çok ender bir özellik olduğunu ve diğer insanların robotların yapmış olduğu türde işlere mahkum olduğunu kabul eden birçok kişiye imkansız bir ütopya olarak gelebilir.

Bundan dolayı da robotların yapacağı değişimlerin, onarılması mümkün olmayan felaketlere yol açacağı, uzmanlarca savunulmaktadır. Bazı uzmanlar bu tür karamsar bir görüşe katılmamaktadır. İnsan soyunun çok büyük bir bölümüne, okuma yazma öğretilebileceği gerçeği karşımıza çıkmaktadır. Eğer, insanların yapmaması gereken işler, bilgisayar ve robotlar tarafından yapılır ve bilgisayarla desteklenen eğitim geniş ölçekte gerçekleştirilirse, yaratıcılık denen olay bütün normal insan beynlerinin ürünü hâline gelecektir.

Robotlar, insan beynine hiçbir zaman rakip olamaz. Bir insan beyni yüz milyar sinir hücresi (nöron) ve bir trilyon destek hücresinden oluşur. Her sinir hücresi herhangi bir yerdeki yüz ila yüz bin diğer nörona bağlıdır ve böylece düşünülemeyecek kadar karmaşık bir ağ oluşturmaktadır. Daha da ötesinde her nöron, basit bir açma kapama düğmesi değil, fiziksel ve kimyasal kompleks sistemdir. Bu konuda bildiklerimizle, biz, daha keşfedilmemiş ormanın kıyısına bile ulaşmış değiliz. Beynin bu karmaşıklığı, her türlü abartmadan uzaktır ve kuşkusuz her türlü basit açıklamanın da çok üstünde olduğu bir gerçektir. Robotlar, insana pek çok işinde yardımcı olabiliyorlar; ama kesinlikle insanoğlunun üstün zekâsının ve keşfedilmemiş birçok yapısının yerini asla tutamaz. Gelecekte bu da imkânsız olarak görülmektedir.

Robotlar insanların gerçekleştirmek istedikleri şeyleri yapmak için programlanır. Bu kolay olmamaktadır. Bu nedenle robot davranışını insan davranışına benzetmek uygun olmayacak, robotları programlamak gerçekten zor olacaktır.

2.1.2. Sorular

Soru 1: Robotun tanımını yaparak, hangi bloklardan oluştuğunu anlatınız?

Soru 2: Ünlü bilim adamı Isaac Asimov'un robotlar ile ilgili temel ilkesini söyleyiniz.

Soru 3: Bilim adamları ve bilgisayar uzmanlarının robotların canlılara benzer bir zekâ kazandırmak için uğraştıkları yöntemler nelerdir?

Soru 4: Robotların ilk ortaya çıkış tarihini ve hangi amaçla kullanılmaya başlandığını açıklayınız?

2.2. Robotların Tarihsel Gelişimi

Şimdiye kadar olan teknolojik yenilikler, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler kadar yaşantımızı etkilememiştir. Bilgisayar teknolojisi üzerinde çalışanlar; şiir yazıp, müzik besteleyip, insanlar gibi hareket edip konuşabilecek makineler üretmeye çalışmışlardır. Teknik elemanlar için bunu başarmak kolay olmamıştır. Bilim tarihinde bilim adamlarının mahkemelerde yargılandıkları olaylar da olmuştur.

Mekanik ve otomatik makine kaynaklarına bakıldığında, kendi kendine çalışma sistemi dediğimiz otomasyon sistemi, bugünkü hâliyle bilgisayar teknolojisinin esası olan sibernetik ile ilgili ilk çalışmaların çok eski tarihlere dayandığı görülür.

Fransızlar bu alandaki bilimsel çalışmaların XVII. yüzyılda yaşamış olan Descartes ve Pascal, Almanlar yine aynı yüzyılda yaşamış Leibniz ile başladığını, İngilizler ise XIII. yüzyılda yaşamış Roger Bacon'un bu sistemleri düşünmüş olduğunu ileri sürmektedirler. Oysa bilim tarihçileri, M.Ö. IV. yüzyılda yaşayan Tarentli Erchytas'ın tahtadan yaptığı uçan güvercini örnek göstererek bu çalışmaların milattan önceki yüzyıllara dayandığını savunmaktadır.

Daha yakın zamanda Harun Reşid'in 807 yılında Kaiser Karl'a bir su saati hediye ettiğini, dalları üzerinde metalden yapılmış otomatik olarak öten kuşların yer aldığı, otomatik makine sayılabilecek gümüş ve altından yapılmış bir ağaç olduğunu görüyoruz.

MS. XII. yüzyılların sonunda, yaşadığı dönemde sibernetik bilimin doruğuna ulaşmış bir mühendis görüyoruz. Ebû'l-izz el-Cezeri. Kısaca Cezeri adı verilen Ebû'l-izz, bir pirinç tacirinin oğludur. Cezeri lakabıyla şöhret bulmasının nedeni, Cezeri (ada) denilen Dicle ve Fırat arasındaki bölgede doğmuş olmasıdır.

Ebû'l-izz, yaptığı otomatik makineleri bir kitabında topladı. Kitapta yer alan çalışmalar ise şu şekilde sıralanabilir:

- Kesilip akan fiskiyeler, otomatik olarak saz ve düdük çalan makineler,
- Su saatleri,
- Otomatik kaplar, insan ve hayvan şeklindeki makineler,
- Su akıtan makineler,

- Akarsu ve kuyulardan su çıkaran makineler,
- Sarayda çeşitli hizmetlerde kullanılan makineler,
- Şifreli kilitler.

Bundan sekiz yüzyıl önce otomatik çalışan sistemler üstünde bunları otomatik kontrol eden denge sistemlerini kurmuş olan Ebû'l-izz yazdığı kitabında 55 ilginç eserine yer veriyordu. Günümüzde bu buluşlar fazla önem taşıyor olabilir. Fakat Cezeri'nin otomatik makineleri, pompa, fiske, su terazileri, musiki aletleri, mühendislikle ilgili sistemleri incelendiğinde ve bu mantığın günümüz Elektronik-Bilgisayar teknolojisinde kullanıldığında ortaya neler çıkabileceğini bir düşünün.

2.2.1. *Elektronik'in Tarihçesi*

Analog sistemlerinin yıllardır değişik şekillerde kullanılmasına rağmen elektronikte kullanılan analog teknikleri, son 35 yılda hızla gelişmiştir. 1939'da II. Dünya Savaşı'nda Hava Savunma Sanayiinde hızla gelişen analog teknikleri, savaştan sonra bilim ve endüstride gelişme kaydetmiş, alan etkili transistörlerin bulunmasıyla analog tekniklerin gelişmesi sür'at kazanmıştır.

1880 yılında Cuire kardeşler, Raşel ve Kuartz tuzları üzerinde inceleme yapmış, kristallerin basınç altında yüzeyleri arasında bir gerilim meydana geldiğini bulmuşlardır. 1890-1898'de Pierre ve Madam Cuire de bu kristaller üzerinde çalışmışlardır. 1898 yılında Radyum ve Radyoaktivite kapsayan elemanları bulmuşlardır. 1900 yılında ise selenyumun iletkenle birleştiği noktada akımın tek yönde geçebileceği anlaşılmıştır.

1906'da Greenleaf W. Pickard kristal dedektörünü bulmuştu. Bu buluş 1930'da Almanya'da germanyum diyodun yapılmasını sağlamıştır. 1930-1944 yıllarında John Bardeen, Walter Brattain ve William Shockley, bir germanyum diyoda üçüncü bir elektrodu nokta kontağı şeklinde yerleştirmekle, bu maddenin bir akım yükseltmesi yapacağını düşünüyorlardı. Bu düşünce 1948'de William Shockley tarafından gerçekleştirildi ve ilk nokta kontaklı transistör yapılmış oldu. Bundan sonra teknik elemanlar yardımıyla transistörlerden, elektronik'in diğer dallarında istifade günden güne artmıştır.

2.2.2. Bilgisayarın Tarihçesi

İnsanoğlu, ilk varolduğu çağlarda basit el aletleri yapmış ve kullanmıştır. Yıllar geçtikçe bu aletler, yerini gelişmiş makinelere bırakmıştır. Matematiksel işlemlerde kullanılan aygıtlar çok eski tarihlere kadar uzanır. Bu aygıtlar, 17. asırdan beri kullanıla gelmiştir. Bu aygıtlara örnek olarak Abacus'u verebiliriz. 1642 yılında, Pascal tarafından ilk işlem aygıtı kullanılmış bunu sürgülü işlem cetveli izlemiştir.

İlk analog işlemci, Charles Babbage (1792-1871) tarafından bulunmuştur. Bu işlemciye "fark makinesi" adı verilmişti. Bu makine sadece toplama işlemi yapabiliyordu. Toplama işlemi mekanik dişlilerle yapılıyordu. Babbage, fonksiyonları işlemliyen ve fonksiyonların farklılık özelliklerinden yararlanarak, matematiksel tablolar hazırlamak istiyordu. Fark makinesi ilk defa 1822'de çalıştırıldı. Babbage bundan sonra çalışmalarını hızlandırmışsa da hükümetin malî desteği kesmesi ile çalışmalarını yarıda kaldı. Bu olumsuzluklar Babbage'yi yıldırmadı. 1833'de "ayırıcı" adı verdiği icadı, sayısal bilgisayarların atası sayılabilen nitelikteydi. Babbage'nin bu icadı, bir asır unutulduktan sonra, 1940'larda bilgisayar üreticileri tarafından dikkate alınmıştır.

1876'da yayımlanan makalesinde Lord Kelvin, mekanik entegratör ile mekanik toplayıcının birbirine bağlanarak 2. derece denklemlerin çözülebileceğini ispatlamıştır. Y. Bush, 1931'de "Mekanik Farklılık Ayırıcısı" dediği makineyi icat etmiştir. Bu makinenin her ünitesi, toplama gibi bir tek işlem gerçekleştirebiliyordu.

1930'larda Babbage'nin icat ettiği, sayıları makineye tanıtan delikli kartlar ve delikli kartlarla işlem yapan değişik makineler vardı. 1937'de Harvard'dan Howard Aiken, IBM firmasına, yapılan işlem ve hesapları otomatik olarak sıralayacak bir makine yapmayı teklif etti. Bu makinede çokça röle ve elektromanyetik devreler kullanılıyordu. Bu makine fonksiyon tablolarının türetilmesi ve yörünge hesaplarında kullanıldı.

1943 yılında Pennsylvania Üniversitesi Moore Mühendislik okulundan S. P. Eckert ve J. N. Mauchly, röleler yerine, elektronik elemanları kullanarak daha hızlı çalışan Eniac'ı yaptılar. Bu iki mühendis bununla yetinmeyip daha geniş özelliklere sahip Edvac'ı icat ettiler. Edvac, saklanmış programlı bilgisayar olarak adlandırıldı.

Diferansiyel denklemlerin sürekli ve otomatik çözümünü gerçekleştirmek için Kelvin, iki entegratör arasındaki bağlantıyı sağlamış, "kapalı halka" sistemini bulmuştur. Kelvin buluşunu "ikili makineyi besle-

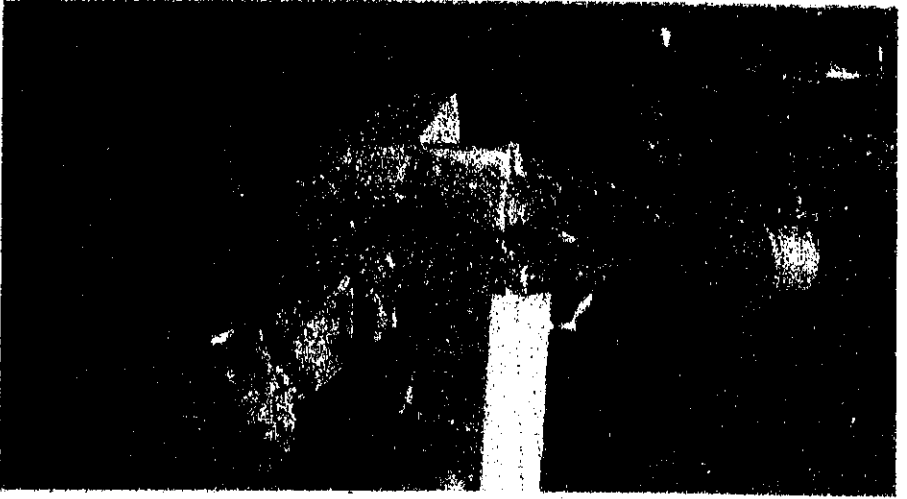
yen ve ondan çıkan fonksiyonlar arasındaki mecburi uyuşma” şeklinde açıklamıştır. Bu düşünce, mekanik farklılık ayırıcısının ve elektronik işlem makinelerinin ana faktörü olduğu gibi, çağımız otomatik kontrol, PLC, sibernetik gibi bilim dallarının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

II. Dünya Savaşı’ndan sonraki yıllarda hızla gelişen teknoloji, yüksek kazançlı akım yükselteçlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu yükselteçler matematiksel fonksiyonların elektriksel analoglarına karşılık gelip, “işlem yükselteçleri” adını almıştır. Yarı iletkenlerin, işlem yükselteçlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılması 1957’de mümkün olmuştur. Lâmbalar yerine transistörlü işlem yükselteçleri yapılmıştır.

Endüstri gün geçtikçe makineleşmektedir. Otomatik makineler, insanlar tarafından kontrol edilen makinelere tercih edilmektedir. Otomatik makinelerle sağlanan otomatik kontrol, çoğu zaman bir elektronik devre ile yapılmaktadır. Otomatikleşme verimi arttıracığından, elektronik, bilgisayar, mekanik birleşiminden oluşan robotların, endüstride kullanılması kaçınılmazdır.

2.2.3. Robotların Tarihçesi

Robot kavramının ilk olarak 1922 yıllarında ortaya çıktığı kitabın 56. sayfasında açıklanmıştır. Resim 4’de Modern bir robot modeli görülmektedir.



Resim 4: Bir robota ait resim

Robot bilimi, ilk yıllarda makine mühendisleri ve fizikçiler tarafından yoğunlukla incelendi. Daha sonra elektronik makinelerin ortaya çıkması, robot biliminin önemini arttırdı. Makine mühendisleri ve fizikçilerin mekanik olarak yaptığı birçok işlem, elektronik devrelerle çok hızlı ve ayrıntılı olarak gerçekleştirilebiliyordu. Bundan dolayı fizikçiler, astro fizikçiler ve elektronikçiler, hayal güçlerini kullanarak değişik robot tipleri düşündüler.

Çek yazar Karel Çapek'in 1922'li yıllarda piyesinde kullandığı "robota" tiplemesi, elli yıl içerisinde inanılmaz şekilde geliştirildi. Bilim kurgu yazarları, "robot bilimi" üzerinde yoğunlaşan bilgilerin çalışmalarından yararlanılarak yazılarında yeni tip ve özelliklerde robotlardan söz etmeye başladılar. Burada bilim kurgu yazarları ve bilim adamlarının dolaylı bir iletişim ve fikir birliğinde olmaları önemli bir noktadır.

Beynimizde her biri ayrı bilgi iletim ünitesi gibi çalışan 10 milyar sinir hücresi vardır. Yapılacak robotların insan gibi davranması için, beyindeki sinir hücreleri gibi bilgi iletiminde bulunabilecek elektronik hücrelere ihtiyaç vardır.

1950 yılında elektronik mühendisleri bir desimetre küpte 4000 elektronik hücre kurmuşlardır. Bu sayı insan beynindeki 10 milyar hücre yanında çok küçük kalmaktadır.

1970 yılında mikroskobik hücre teknolojisi gelişmiş 4000 elektronik hücre sayısı 4000000'na çıkarılmıştır. Bu sayı da beyin hücrelerine göre küçük kalmaktadır. Fakat bu gelişme dahi bilim kurgu yazarları ve bilginleri, ilginç görüşler ortaya atmaktan geri bırakmamıştır.

Bu ilginç görüşlere bir örnek vermek gerekirse; Londra Queen Mary Collage'inde Mekanik Mühendisliği Profesörü M. W. Thring "1984 Yılında Dünya" adlı yazısında 1964 yılında, ev hizmetlerinde kullanılabilecek hizmetçi robotlardan söz etmiştir.

Sibernetik; insanlarla insanlar, insanlarla makineler, makinelerle makineler arasında karşılıklı bilgi alış veriş kontrol ve yönetim bilimidir. Herhangi bir robotun hareket düzeni, robotun bilgi iletim merkezleri ile insanlar arasında bilgi alış veriş sağlanmışsa, robot istenilen har-

inçin programlanmışsa, robotun insanların kontrolü dışına çıkması mümkün değildir.

Hemen her yıl, daha yetenekli robotlar üretilmiştir. 18. yüzyılın ünlü mucidi Vaucanson, 1738'de otomatik flüt çalan oyuncak insan yapmıştır. 1791 yılında Wolfgang Von Kempelin tarafından basit bir konuşma makinesi icat edilmiştir. İnsanoğlu yıllarca kendine yardımcı olacak aygıt ve makineler geliştirmek için çalışmıştır. Bu çabalar çağımız ortalarında sibernetik biliminin ortaya çıkması ile büyük ölçüde gerçekleşmiş ve gün geçtikçe daha gelişmiş robotlar üretilmiştir. Arok adındaki robot bu gelişmelerin en belirgin ispatıdır. Arok Profesör M. W. Thring'in 1984 yılında gerçekleşeceğini umduğu, fakat bundan çok önce 1977 yılında yapılan hizmetçi robotudur.

Robotik alanındaki en önemli gelişme, yapay ellerle donatılmış ve programlandığı işlemleri yapabilen robotlardır. Bu robotlar, fabrikalarda ve uzay istasyonlarında kullanılacaklardır.

Darmstadt Teknik Üniversitesi'ndeki mühendislerce geliştirilen "Darmstadt-Eli"nin üç parmağı vardı. Darmstadt Üniversitesi'nden Henning Tolle bilgisayar aracılığı ile robot kolunu kontrol etmeyi başarmıştı.

Stefan C. Jacobsen, 1980'lerde Utah Üniversitesi ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde herhangi bir maddeyi tutabilen, insanla tokalaşan "Utah-MT-Eli"ni geliştirdi. Tanınmış Japon robot uzmanları, Avrupa ve Amerikalı bilim adamları, çevre hakkındaki bilgileri görerek değil de bilgileri temas ile elde etmenin, geleceğin robotları için önemli bir özelliği olacağını düşünüyorlardı. Yapılacak iş, nesne ve ortam belirgin ise, robot maddeyi kavrama şekline karar vermelidir.

Standford Üniversitesi'nde Mark R. Cutkosky birkaç yıl önce mekanikçilerin el tutuş şekillerini araştırmaya başladı. Cutkosky'nin amacı, mekanik elin, çeşitli ortamlarda nasıl bir tutuş şeklini kullanacağını önceden tahmin eden bir bilgisayar programı hazırlamaktı. Fakat bu program henüz yazılmadı. Cutkosky, tutuş şekillerinin seçiminde kullanılan 50 kural buldu ve bunları kitabında yayınladı.

1976 yılında görev yapan genç mühendis Helmut Pfenning, televizyon ekran camı üreten bir fabrikada çalışıyordu. Bir süre önce, üretimde işçi yerine robot kullanmayı önermişti. Pfenning için, yönetim kurulunun yaşlı üyelerini ikna etmek kolay olmayacaktı.

Önerilen robotlar, 420°C ısıda, camı kalıplardan çıkarıp çevirecek, bir tarafına delik delecek üretim bandının üzerine yerleştirecekti. Bu işi yapan işçiler, özel asbest eldiven kullanmalarına rağmen yanma tehlikesi ve sıcaklıktan dolayı birkaç saatten fazla çalışmıyorlardı, üstelik çok sayıda cam kırılıyordu. Pfenning sonunda fikrini kabul ettirdi. Sonuç olarak kırılan cam sayısında %5 ve zaman kaybında %4.7'lik bir azalma, üretimde ise %33'lük bir artış kaydedildi.

Son zamanlarda açılan makine sergilerinde ağırlık, endüstriyel robotlar alanında olmuştur. Fiat fabrikalarında otomobillerin boyanması için satın alınan robotların programlanmasında başarı elde edilemeyince, özel programlama uzmanlarına başvuruldu. Bu uzmanlar usta bir boya işçisinin arabayı boyarken yaptığı hareketleri filme alıp bu filmi ağır çekimle oynatarak, robota gerekli hareketleri yapması için verilecek programı düzenlemeyi başardılar.

Elektronik devrelerin, çipler kullanılarak yapılabilmesi ve bu çiplerin ışığa duyarlı olması, bilim adamlarını görme yolu ile malzeme ayırımı yapabilen robotlar fikrine götürdü. NASA uzay araçlarında, bu robotlardan yararlanmak için araştırmalar yapılmaktadır.

İnsanoğlunun, çeşitli organlarından esinlenerek özellikle insan koluna benzeyen robotların yapımına 1950 yılında başlamıştır. O yıllarda robotların yapılmasında amaç, endüstride fazla gereken yerlerde ve montaj gibi sabit işlerin kısa zamanda gerçekleştirilmesiydi. Geliştirilen ilk robot kollar, bir nesneyi bir yerden alıp başka bir yere koymak amacıyla kullanıldı.

Mikroişlemci teknolojisinin 1970'li yıllarda ortaya çıkması ile, robotlar için yapay zeka oluşturmak gündeme geldi. 10 yıl gibi kısa bir zamanda robotlar bilgisayar sistemleriyle donatıldı ve endüstri başta olmak üzere birçok alanda kullanıldı.

1980'li yıllarda bilgisayar ağlarının gelişmesi, robot tasarımı için bir çağ açmış oldu. Bilindiği gibi bilgisayar ağları, birden fazla bilgisayarın birbirleriyle iletişim kurmasını sağlamaktadır. Bu üstünlük sayesinde işlemler bir bilgisayarda yapılmıyor, diğer bilgisayarlar da birbirleriyle bilgi alış verişinde bulunabiliyor. Böylece görev birkaç bilgisayar arasında paylaştırılıyor. Bilgisayarlar dünyasındaki hesaplar için yapılan iş bö-

lümü robotlar için de kullanıldı. Bilgisayar ağları gibi birbirleriyle haberleşen robot ağları kuruldu. Robot sistemleri, birden fazla robotun bir arada çalışması veya robot özelliği taşıyan parçaların bir araya getirilmesinden oluşuyor. Böylece her eleman kendine ait işi yapabilir ve ayrı işlerde çalışan robotlar uyum içerisinde çalışabilirlerdi. Bu durumda bir robot sistemi, yapılacak işe göre bir iş bölümü yapıp, kurulabilirdi ve dinamik bir yapıda robot toplumu oluşturabilirdi. Tek sorun bu robot toplumun ne gibi özelliklerde olmasını belirlemektir. Çoğu teknolojik gelişmelerde olduğu gibi robot alanında da, doğada plânlanan yapıya benzer yapıdaki oluşumlar incelenmiştir.

Biyolojik yapıların temel alınmasıyla yapılan modellenmeler, robot teknolojisine birçok yenilikler kazandırdı. Örneğin, genetik yapıların yapay sinir ağları ile oluşturulabileceği fikri bu yeniliklerden birisidir. Diğer önemli bir gelişme, insan beyninden esinlenerek kaydedilmiştir. Yapılan ilk robotlarda veriler, birçok bölümden oluşan denetim merkezinde hesaplanırken; yeni yapı, farklı işlerden sorumlu odaklanmamış denetim birimlerinden oluşmuştur. Veriler, insan beyni gibi kendileriyle ilgili yerlere aktarılmaktadır.

Canlıların birkaç bireyle bir araya gelerek oluşturduğu topluluğun büyüklüğü zeka seviyesiyle yakından ilgilidir. Zekâ seviyesi yüksek olan insan türü, diğer türlerden daha büyük ve karmaşık gruplar kurar. Her bireyin kendini idare edebilme yeteneği, gelişmiş toplulukların en önemli özelliğidir.

Yapılarını düzenleyebilen bir robot sisteminin yapısı; sistemi oluşturan parçaların özellikleri, parçalar arası iletişim, sistemin zekâsı başlıkları altında incelenebilir.

2.2.4. Robotlar Arası Dünya Futbol Şampiyonası

2-9 Temmuz 1998 tarihleri arasında Paris'te **RoboCup'98** adıyla Robotlar Arası Futbol Dünya Şampiyonası yapıldı. RoboCup, The Robot World Cup Initiative cümlesinin kısaltılmışı olup yapay zekâ yazılımları kullanan akıllı robotlarının gösterilerinin sergilendiği robotlar arası dünya futbol yarışmasıdır. Robotlar Arası Dünya Futbol Şampiyonası, ilk olarak 1997'de Japonya'da Nagoya Üniversitesi'nde yapılmıştı. 1998'de değişik ülkelerin üniversitelerinden ve araştırma birimlerinden 40'ı aşkın robot futbol takımı bu yarışmaya katılmıştır.

Katılımcıların amaçları; seyircilere hem futbol ziyafeti çekmek, hem de yapmış oldukları bilimsel araştırmalardaki gelişmeleri meslektaşlarına tanıtmaktı. Araştırmacılar, Techno-Kicker diye adlandırdıkları bu robotların sevk ve idaresinde; yapay zekâ, robotik ve neuroinformatik tekniklerini kullandılar. Futbol oynayan dinamik robotlar, her bir hareket sonrasında nasıl davranmaları gerektiğini kendileri saptamak zorundaydılar. Futbol oyununu mükemmel oynamak, elbetteki robotlar için çok zor bir iş! Çünkü bir takıma ait robotlar, birçok işi aynı anda yapmak zorundadırlar. Robotlar hangi takıma ait olduklarını, rakip oyuncuyu tanıyabilme, gelen top ile nasıl oynanacağını ve kullanacağı taktikleri belirleme yeteneklerine sahip olmaları gerekir.

Klasik olarak alıştığımız sanayi robotları, sürekli benzer işleri (örneğin bir parçayı bir yerden alıp diğer bir yere koymak gibi) yaptıkları için, programlanmaları kolaydır. Oysa düşünebilen robotları ele aldığımızda, örneğin robotun önüne top düştüğünde, takım arkadaşına topu şutlamasını düşünebilmesi ve ona göre hareket etmesi, çok kapsamlı program gerektirir. Nitekim bu robotlar arası futbol şampiyonasında çok komik hareketler izlenmiştir. Önüne düşen topa bön bön bakan ve sonra topa dokuması gerektiğine karar veren veya çarpıştığı bir robotun kendi takım arkadaşı mı yoksa rakip takımdan mı olduğunu robotun rengine bakarak algılama çalışan veya şaşkın şaşkın top arayan robotlar, seyircileri doyasıya güldürmüştür. Çevredeki ışıklardan etkilenen sensörler yüzünden, bazı robotlar acayip hareketler yapmışlardır.

2.2.5. Sorular

Soru 1. Cezeri'nin yaptığı otomatlardan ikisini yazınız.

Soru 2. Robotun kelime anlamını yazınız.

Soru 3. Darmstadt Üniversitesi'nde geliştirilen robot elin en önemli özelliğini yazınız.

Soru 4. İnsan koluna benzeyen robotların yapımına hangi yılda başlandı?

Soru 5. Mikroişlemci teknolojisinin 1970'li yıllarda ortaya çıkmasıyla, robotlar için gündeme gelen en büyük yenilik nedir?

2.3. Robotların Endüstrideki Yeri

Bizler, endüstrinin çok büyük bir hızla geliştiği bir dünyada yaşamaktayız. Buna paralel olarak da otomasyonun dünyada endüstrinin her alanına girdiğini görmekteyiz. Şöyle bir geçmiş yıllara bakacak olursak, önceleri otomasyonun insan, hayvan veya su gücünden ve daha sonraları da ilk olarak buhar gücüyle çalışan makinelerden sağlandığını hatırlarız. Fakat bunun yanında günümüzde robotların hakim olduğu bir endüstriyel üretimin önde geldiğini artık bilmekteyiz. Günümüzde giderek otomatikleşen bir üretimin söz konusudur. Bütün bu durumlar, elektroniğin endüstri alanına hızla girmesini sağlamıştır. İlk olarak katı hâl biriminin bir ürünü olan çipler ve daha sonraları bunun yanında robotlar her geçen gün daha da güçlenmekte ve endüstriye girmektedir.

Endüstriyi genel bir anlamda; artık maddelerin ortaya çıktığı, çeşitli parçaların üretildiği ve sonuçta belirli işlevi olan parçaların meydana getirildiği bir yapılanma olarak tanımlamak mümkündür. Ülkeler, endüstri ile gelişmekte, güçlenmekte ve dünyada belirli alanlarda söz sahibi olmaktadır. Bu nedenle endüstrinin ne kadar önemli olduğu kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Konumuzun başında da söylediğimiz gibi büyük bir hızla gelişen dünyamızda, endüstrinin teknolojik gelişimle paralel olarak hızla ilerlemesi söz konusudur. Bundan dolayı aklımıza "geleceğin işçilerinin elleriyle değil de beyinleriyle çalışacağı" düşüncesi gelmektedir.

İlk olarak robotların 1950'li yıllarda geliştirildiğini daha önceki konularımızda anlatmıştık. 1959 yılı'nda üretilen ilk robotlar sanayi ve endüstride belli cisimleri kaldırmak amacını güdüyordu. Daha sonra 1961 yılında kendi yönünü bulabilen robotlar geliştirildi. Bunların yanında insan hayatı için tehlikeli sayılan kaynak, boya ve çok sıcak şeylerin tutulması gibi sınırlı işlerde kullanılmak üzere robotlar geliştirildi. Ayrıca bunların yanında uzaya ve aya gönderilen araçlarda bulunan robotlar, astronotların işini oldukça kolaylaştırmıştır.

İnsanlar yaratıcılıklarının şafağından beri, yukarıda da bahsetmiş olduğumuz gibi ağır, tehlikeli, sıkıcı ya da tiksindirici işlerin üstesinden gelmek için marifetli aletler icat etmişlerdir. İşte insanların yaratıcılık dürtüsünün bir ürünü olan ilk robotlar, yukarıda saydığımız işlerde kulla-

nılmak için üretilmişlerdir. Daha sonraları bu robotlar günümüzdeki bu hâllerini yavaş yavaş almışlardır.

Elektronik elemanların ve robotların sürekli küçülmesi sayesinde beyin ve kemik ameliyatları milimetreden daha küçük hassaslıkla yapılabilmektedir. Tüm bunlarla beraber şu anda dünyamızda tahmini olarak 650 bin endüstriyel robot çalışmaktadır.

Sağladıkları kolaylıklar yüzünden, robotlar dünyada birçok endüstri kuruluşunun ilgisini çekmiş bulunmaktadırlar. Bu endüstrilerin başında da uzay endüstrisi gelmektedir. Özellikle uzay araştırmalarında, üreticilerin hayal ettiği modellerin daha gelişmişleri kullanılmaktadır. Örnek olarak, insanların sinyallerle bile ulaşmasının zaman aldığı, milyonlarca kilometre uzaklıktaki bir noktada robot sistemlerinin acil sorunlara çözüm getirebilmesi çok büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca boyutları küçültülmüş modeller şekil değiştirerek ortama uyum sağlama-ları sebebiyle insan vücudundaki çeşitli hastalıkların tanınması ve cerrahî müdahale amacıyla kullanılabilirler.

Bizlerin bugün bile basit olarak tanımlayabileceğimiz robotları önemli kılan şey, şu an yaptıkları ve insanoğlunun yaratıcılığını kullanarak ileride yapabilecekleri işlerdir. Yukarıda da açıklandığı üzere; robotlar, insanların yapmak istemediği ancak bugüne kadar yapmak zorunda bıraktığı tehlikeli ve sıkıcı görevleri üstlenmişlerdir. Yine örnek olarak bu işleri hatırlayacak olursak; robotların; uzayda, maden ocaklarında, su altında, patlayıcılar, radyoaktif maddeler, zehirli kimyasal bileşikler hastalık yapıcı bakteriler ve alışılmıştan dışındaki sıcaklıklarda, sakatları korumada insanlara yardımcı olduğunu biliyoruz.

Robotlar, tehlikeli olmayan ancak tekrarlı ve sıkıcı olduğu için uzun zaman çalıştığında her insanı monotonlaştıran işlerde de insanlara yardımcı olmaktadır. Biz insanların zekasını körelten bu tür işler aslında tam robotlara göredir ve onlar bu işleri yorulmadan, somurtmadan, sıkılmadan, daha güvenilir bir doğruluk ve zaman kavramı tanımadan yapabilir.

Sürekli artan ihtiyaç sebebiyle yeni robotların geliştirilmesi, programlanması, bozulanların onarılması, robot üreten tesislerin inşası ve bütün endüstri alanlarının daha verimli robot kullanılması için yeniden düzenlenmesi gibi amaçlarla yaratılacak iş imkanı daha fazladır. Buna

paralel olarak şunu söyleyebiliriz ki, robotlu toplumda robotsuza oranla daha çok iş yeri ve daha çok iş imkanı olduğu açıktır.

Robotların endüstri alanına girmeleri sonucunda çalıştırılan işçi sayılarında önemli düşüşler olmuştur. Robotlar kendilerine verilen görevleri aksatmaksızın sürdürebilirler. Oysa insanlar iş esnasında aniden rahatsızlanması sonucunda iş verimleri önemli ölçüde düşebilir. Oysa robot sistemlerinde sık rastlanmayan arıza hâlleri dışında pek büyük aksaklıklar olmamaktadır. Öyle ki bu sistemlerle çalışan bir üretim ağı, günün 24 saati aynı verimle çalışabilmektedirler.

Bu demek değildir ki robotlarla ve elektronik otomasyonla yürütülen sistemlerin aksaklıkları bulunmamaktadır. Bu sistemler her ne kadar malî açıdan verimli olsa da bazı aksaklıklar göstermektedir. Bunların arasında en önemli olan; üretimin herhangi bir aşamasındaki bir hatanın geç fark edilmesi ile üretilen malın kalitesinin düşmesidir. Ancak teknik elemanlar ve bilim adamları bu tür hatalardan doğan üretim hatalarını en aza indirmek için birtakım yeni uygulamalar başlatmışlardır. Bu uygulamalara göre sistemin denetimindeki kişiye herhangi bir aksaklık karşısında sistemi kapatma yetkisi verilmiştir. Örnek olarak; otomobil üretim ağına kaynak yapan bir robot kollarından birinin arıza yaptığını ve hassasiyetinin bozulduğunu düşünelim. Bu durumda üretilen otomobilde belirli bir bölgedeki yapılan kaynakta hata olacaktır. Eğer sistemi durdurma yetkisi olan bir kişi yoksa ya da bu aksaklık son ana kadar fark edilmezse, bu araç son test aşamasında kalite kontrol denetlemesine takılacaktır.

Tüm elektronik kontrol sistemlerinin, tam anlamıyla güvenilir olduğunu söylemek yanlış olabilir. Her ne durumda olursa olsun insan faktörüne duyulan ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Ancak çok karamsar düşünmemekle birlikte, bu tür sorunların üstesinden gelinebileceği günümüzde yapılan çalışmalarla görülmektedir.

2.3.1. Türkiye'deki Robot Teknolojisinin Durumu

Çağdaş üretim sistemlerinde, kullanımı 1980'li yıllarda önemli bir gelişme gösteren endüstri robotlarıyla ilgili olarak, Türkiye de ilk düzenli çalışma 1987 yılında TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu ve İTÜ'nün desteği ile "Robot Teknolojisi Araştırma Ünitesi'nin (ROBOTEK)" kurulması ve 1988 yılında Türkiye'nin Birleşmiş Milletler

UNDP/UNIDO teşkilatınca düzenlenen "Endüstriyel Robotik Uygulamalar" konulu Avrupa Bölgesel Projesi'ne katılmasıyla başlamıştır. UNIDO tarafından düzenlenen çalışmanın "Millî Odak Noktası" (National Focal Point-NFP) ROBOTTEK ünitesi, İTÜ olarak belirlenmiştir. Gerek ROBOTTEK gerekse UNDP/UNIDO projeleri ulusal düzeyde bilgi yayılmasını ve işbirliğini hedef almaktadır. Söz konusu toplantıda bugüne kadar yapılan çalışmalar, gelinen düzey ve elde edilen sonuçlar hakkında "Robot Teknolojisi" ile ilgili kesim ve kuruluşlara bilgi vermek amacıyla yapılmıştır.

Bugün, sınırlı olsa da, ülkemizde mevcut harp, boya sanayi, radyasyon etkisinin bulunduğu iş alanları ve benzeri tehlikeli veya kötü şartları haiz iş yerlerinde robot uygulamaları başlamıştır.

2.3.2. Robotların Endüstride Kullanım Alanları

Uzun zamandan beri sanayide ve çeşitli endüstri alanlarında robotlar kullanılmaktadır. Bunlar bazen sabit makinelerdir ve kendilerine verilmiş az ya da çok karmaşık görevlerin (otomatik üretim, radyoaktif ya da zehirli veya çok yüksek sıcaklıktaki ortamlarda çalışmak, bir depodaki malzemeyi işlemek ve otomobil yıkamak vb...) yerine getirilmesi için planlanmışlardır. Bazen de algılayıcılar ve bilgisayarlarla donatılmış hareketli araçlar (engellerden sakınan oto kumandalı taşıtlar, pilotsuz uçaklar, insansız uydular vb...) biçiminde olabilirler.

Tıp Endüstrisinde Kullanılan Robotlar

Birkaç yıl öncesine kadar robot cerrahlar ancak bilimkurgu romanlarına ve filmlerine konu olabilecekken bugün "Geleceğin cerrahi robotlar mı olacak?" Sorusunu ciddi olarak düşünmek gerekiyor. Bugün laboratuvar düzeyinde de olsa robot cerrahlar ile yapılan, oldukça ileri uygulamalar olduğu bilinmektedir. Bir cerrahın denetimindeki bir makinenin bir ameliyatı gerçekleştirmesi, robotların yaptığı ameliyata örnek verilebilir. Gelecekte hastadan binlerce kilometre uzaklıkta, bir kumanda aygıtının içinde oturan "insan-cerrah" ellerini, daha doğrusu parmaklarını birtakım özel hareketli yuvalara sokup önündeki üç boyutlu ekranlara bakıp, hastayı ameliyat edebilecektir.

Bir tarafta görüntü sistemleri ve cerrahi el aletlerindeki gelişme ve değişim; diğer tarafta robot sistemler ve mikro makinelerdeki değişim, robot cerrahisinin temellerini oluşturacaktır.

Savaş Silahları Endüstrisinde Kullanılan Robotlar

Askerî endüstri alanında geliştirilen pilotsuz uçaklar, yerdeki mevzilenmiş askerlere, her türlü olay hakkında kuşbakışı görüntü verebilmektedir. Savaş esnasında işgalci tarafın tahrip gücü yüksek olan silahları harekete geçirmek için gönderdikleri sinyalleri karıştırarak, etkisiz hale getirilebilmektedir. Başarılı gözcülükleri ile olayları anında savaş kontrol merkezine iletmeleri sayesinde, savaşların kazanılmasına büyük yardımcı olmaktadır. İşte askerî endüstri alanında çalışan bilim adamları tüm bu işlemleri gerçekleştirmek için Uzaktan Kumandalı Pilotsuz Uçaklar (Remotely Piloted Vehicles "RPV") yaratmışlardır. RPV'ler bir çok parçanın birleşmesinden meydana gelmiştir. Sessizce uçarlar ve düşman sahası üzerinde gözlenmeleri oldukça zordur. Bunların birçoğu küçük kamyonetlerin arkasına yerleştirilmiş bir kızaktan havalandırılırlar. Yere indirmek için de bir kuş gibi ağ kullanılarak yakalanırlar.

RPV'lerin kazandığı bir zaferle ilgili bir olay şöyledir: Video ve radar sinyallerini karıştıran mekanizmalarla donatılan RPV'ler olayları anında masa başında oturan İsraili askerlere gönderiyordu. Vadiden uzakta İsrail savaş uçakları RPV'lerin radarları şaşırtmasından yararlanarak aniden Suriye ordusunun üstüne saldırdı. Suriye'ye ait bir tek SAM füzesi dahi işe yaramadı. Çünkü SAM füzelerinin alıcı radarları RPV'ler tarafından çalışmaz hâle getirilmişti. Savaş RPV'lerin başarısı ile sonuçlandı.

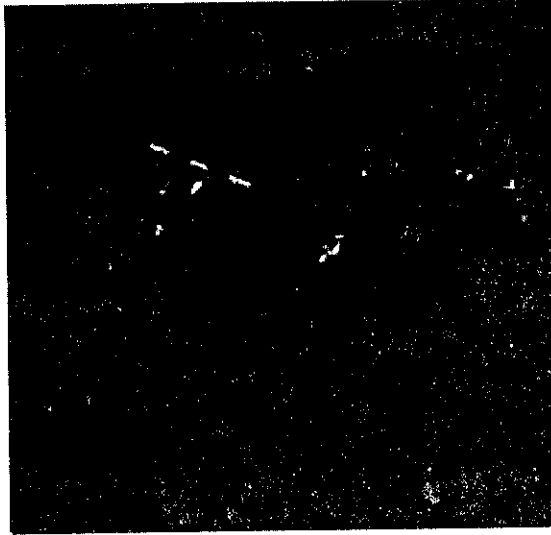
Film Endüstrisinde Kullanılan Robotlar

Robotlar, dünyada çeşitli endüstri dallarında varlıklarını sürdürdükleri gibi bilimkurgu filmlerinde de kullanılmaktadır. Hepimizin sine- ma ve televizyonlarda izlediği bilimkurgu filmlerinin başrolünü de robotlar almıştır. İşte bu filmlerin başında gelen, hepimizin yıllardan beri izlediği "Uzay Yolu" filminde yer çekimini yok ederek havada yürümeye yardımcı olan kemerler, insanları bir yerden bir yere ışınlamaya yarayan cihazlar, ayrıca Uzay Savaşları filminde insan gibi düşünebilen ve insan görünümünde olan "cyborg" diye adlandırılan robotlar birer örnek teşkil etmektedir.

Uzay Endüstrisinde Kullanılan Robotlar

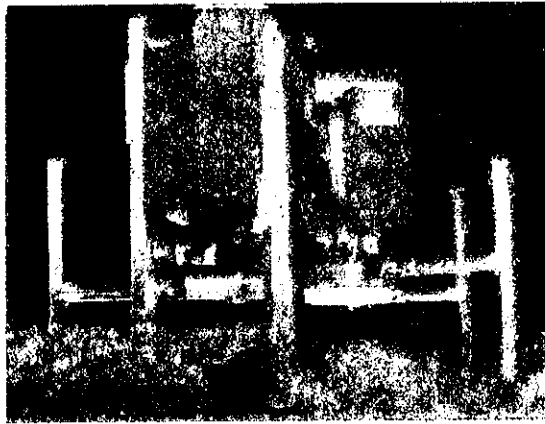
Uzay Endüstrisinde kullanılan robot örneklerinin önemli bir bölümünü NASA geliştirmiştir. NASA yapmış olduğu uzay çalışmalarını

Internet üzerinden tüm dünyaya bildirmektedir. Bu bölümde Internet üzerinden elde edilen bazı resimler aşağıda sunulacaktır.



Resim 5: Motorları güneş enerjisiyle çalışan mars yüzey aracı

Resim 5'de NASA'nın Ay yüzeyini incelemek için ürettiği bir robota ait resim görülmektedir. Bu robot enerjisini, üzerinde taşıdığı güneş kolektörlerinden almaktadır.



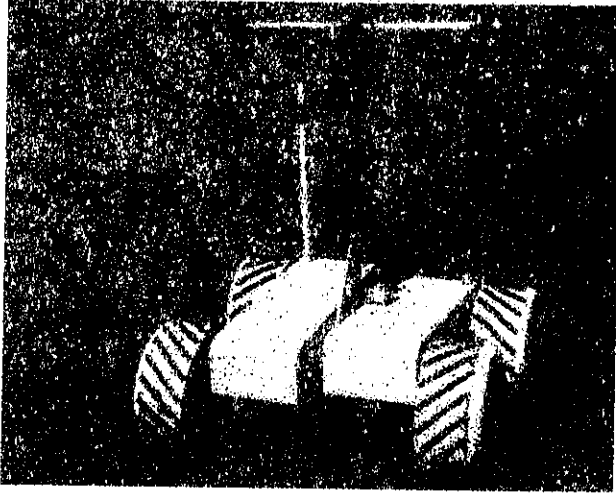
Resim 6: NASA'nın Ay yüzeyini incelemek için ürettiği bir robot

Ay yüzeyini incelemek için tasarlanmış özel bir robotun resmi
Resim 6'da görülmektedir.



Resim 7: NASA'nın yer koşullarına uygun ürettiği robotlar

Resim 7'de NASA'nın çeşitli yer koşullarına ayak uydurarak her türlü araştırma yapabilen 4 tekerlekli yer tarama araçları görülmektedir.



Resim 8: NASA'nın merkez ile haberleşmesini sağlayan bir robotu

Resim 8'de NASA'nın merkez ile haberleşmek için kullandığı ve ortamı araştıran bir robotu görülmektedir. Ayrıca robot üzerinde bulunan verici sayesinde yaptığı incelemeleri anında istasyona iletebilmektedir.

Robotların kullanıldıkları diğer bazı alanlara; inek sağan, koyun kırkan, meyve toplayan, görme özürlülere yol gösteren, cezaevi bekleyen, pencere temizleyen, yarış atı jokeyliği yapan ve boks oynayan robot türlerini örnek olarak verebiliriz. Çoğu deneme ve araştırma amacıyla yapılan bu seri, hamarat ve yorulmak bilmeyen sessiz hizmetçileri birkaç grupta toplayabiliriz:

Evde ve Ev Çevresinde Kullanılan Basit Robotlar

Örnek olarak çiçeklerin sulanması, tozların alınması, gazetenin getirilmesi, mumların yakılması ve meşrubat servisinin yapılması gibi işlerde kullanılmak üzere Omnibot 2000 robotu geliştirilmiştir. Ayrıca görme engellileri için düşünülen kılavuz robotlar üretilmiştir. Bu robotlar, hafızalarında kaydedilen yol plânları sayesinde fırıncıya, bakkala veya daha değişik yerlere güvenle gidebilmektedir.

Tarım ve Hayvancılıkta Kullanılan Basit Robotlar

Tarım alanında faydalanmak için meyvenin olgunluk derecesini bir algılayıcı ve bir mekanik sistem sayesinde ölçen, sonra meyveyi kavrayan ve koparan daha sonra da toplama kabına aktarılması işini yapan robotlar üretilmişlerdir. Hayvancılık alanında da 3 boyutlu diyagramları alınan koyunlar, yapılan bu tür robotlar sayesinde kırılabilir. Ayrıca inekleri sağan robotlarla da, ineklerin sağlıklı bir biçimde sağlanması gerçekleştirilebilmektedir.

Tıp Alanında Kullanılan Basit Robotlar

Yine Japonların geliştirdiği hastabakıcı robotlar hastayı yatağın-
dan yavaşça kaldırarak röntgen odasına veya ameliyathaneye götürebilmektedir. Ayrıca tıp öğrencilerini yetiştirmek için vücut sıcaklığı, nabız ve kalp atışı olan ve verilen programa göre öğrencinin tespiti gereken değişik hastalık numaralarını yaparak tıp öğrencilerinin geliştirilmesi sağlanabilmektedir.

Spor Alanında Kullanılan Basit Robotlar

Atları hem seven hem de onlardan korkanlar için Amerikalı bir mühendis "süper-jockey" adını verdiği robotu tasarlamıştır. Robotta u-

zaktan kumanda ile küçük motorlar; kolları ve kamçıyı hareket ettirmekte, ses komutları da küçük bir mikrofon aracılığı ile robota iletilmektedir. Kayıt cihazındaki kamçı şaklaması da hayvanı olanca hızıyla hareket ettirmektedir. Asıl jokey ise uzakta durarak robotu yönetmektedir.

2.3.3. Sorular

Soru 1: Endüstrinin tanımını yaparak, ülkeler için önemini açıklayınız.

Soru 2: İlk olarak robotlar hangi endüstri alanlarında üretime dahil edilmiştir ?

Soru 3: Endüstri robotlarının ne gibi sakıncaları ortaya çıkmıştır? Bu sorunlara karşı hangi çözüm yollarına gidilmiştir?

Soru 4: Türkiye'deki endüstri robot teknolojisi ilk olarak hangi yıllarda başlamıştır ve başlangıç olarak neler yapılmıştır?

Soru 5: Robotların üretim dünyasına sokulması insanlara ne gibi kolaylıklar getirmiştir?

2.4. Robot İnsan Kıyaslaması

Robotik, son yıllarda sık duymaya başladığımız bir sözcüktür. Robotu, kişiler kendi anlayışına göre tanımlamaktadır. Örneğin "Hukuk ve İnsan" konulu ilmî bir toplantıda söz alan bir konuşmacı, "Peki, şimdi hakimlerin yerini makineler mi alacak, o zaman taktir hakkı ne olacak?" şeklinde soru sorabilmektedir.

Kısaca robot mantığını açıklamaya çalışalım: Körleri toplayıp fili tarif etmelerini istemişler. Filin kulağını yakalayan, onu bir çarşafa benzetmiş; hortumunu ele geçiren kör, "Fil boru gibidir." demiş; bacaklarını tutan ise filin bir direk gibi olduğunu söylemiş. Meşhur mantık kaidesidir. "**Bütün**, kendisini teşkil eden **parçaların** basit bir toplamından ibaret değildir." Biz bir şeyi parça parça alır da onun bir sentezini yapamazsak, bocalar durur ve asla hedefe varamayız. İşte bu bütünü oluşturmayı anlamak, robot mantığını anlamak demektir.

Robotik konusunda çalışmalarıyla tanınan Norbert Wiener, 1948 yılında yayımladığı ilk eserine "Control and Communication in the Animal and the Machine" (Hayvan ve Makinede Kontrol ve Haberleşme) adını vererek robotiğin aşağı yukarı tam ve en veciz bir tarifini yapmıştır. Wiener;

- Hayvan ve makinenin, yani canlı ve cansız sistemlerin aynı başlık altında incelendiğini, o halde bir bakıma müşterek tarafların bulunduğunu, aynı kanunlara tâbi olduğunu;
- Robotiğin ister canlı, ister cansız olsun, bütün "organize sistemlerin" haberleşme ve kontrol prensip ve mekanizmalarını, yani işleyiş tarzlarını kendisine mevzu edindiğini, belirtmektedir.

Eski Yunanca'da "kübernetes" ve Lâtince'de "gubernare"; "sevk ve idare" anlamına gelen kelimelerdir. Milattan Önce 428-348 yıllarında yaşamış olan Eflatun kübernetesi "idare etme sanatı" manasına kullanmış ve "Kübernetes yalnız ruhları değil, bedenleri ve malları da büyük tehlikelerden kurtarır." Demekle, sözcüğün geniş sınırlarını, daha doğrusu sınırsızlığını belirlemiştir. 1834 de meşhur fizikçi Ampere de robotiği, idare etme ilmi, anlamında kullanıyordu. Fransızca'da "hükümet" karşılığı "gouvernement" kelimesi, "hükmetme, idare etme" karşılığı "gouverner" deyimini de Latince'de "gubernare" kökünden gelir. Demek

oluyor ki, "robotik" ile bir çeşit "idare ilmi (yönetim bilmi)" ni anlayacağız. Bu anlamda ve gerçek bir bilim dalı olarak robotiğin doğumu ise çok yenidir. 1940 senelerine gider. Doğum vesikası da 1943 senesinde Amerika'da "Philosophy of Science" (ilim felsefesi) dergisinde yayınlanan ve Rosenblueth, Wiener ve Bigelow'un imzalarını taşıyan "Behaviour, Purpose and Teleology" (Davranış, Maksat ve Teleoloji) isimli makaledir (Teleoloji: Tabiatın hakim olan yaratıcı düzeni inceleyen bir evren bilim dalı).

Canlılardaki "biyolojik dengeyi" (Homeostasis) araştıran Cannon, o tarihlerde Harvard Üniversitesi Tıp Fakültesinde "İlimde yöntem" konusunda yuvarlak masa toplantıları yapmakta idi. Bu toplantılarda bir araya gelen matematikçi Wiener ve biyolog Rosenblüth, ilimde aşırı ihtisaslaşmanın, çeşitli bilim adamlarını birbirinin dilinden anlamaz hâle getirdiğinden şikayet etmekte ve bu bilim dalları arasında müşterek noktaları bulup çıkarmaya çalışmaktadır. Bu sıralarda İkinci Dünya Savaşı araya girmiştir. Koca koca şehirler, bombardımanlarla bir anda yok olup gitmektedir. Acaba hedefini kendi kendine bulan bir uçaksavar topu yapmak mümkün müdür? Biyologlar, cevabını verir: "Gözü kapalı bir insanın parmağıyla burnunu bulabilmesi nasıl mümkün oluyorsa, bir uçaksavar topunun hedefini bulması da mümkündür. Yeter ki insandaki bu ayarlama mekanizması makinelerle taklit edilebilsin."

Kolunuzu yana açın ve parmağınızı burnunuzun ucuna, göztünüzü kapatarak getirin. İnsanlar bu hareketi rahatlıkla yapabilirken, bir robotun aynı hareketi yapabilmesinin ne kadar zor olacağını hiç düşündünüz mü? İnsan bu hareketi yaptığında kolumuzun, elimizin ve parmağımızın nerede olduğu beynimiz tarafından bilinmektedir. Kolumuzun burun istikametine doğru hareketi; derhal ayarlanmakta, gerekli adalelere kasılma emirleri gönderilirken onların karşısında olan adale grupları da tam onların kasıldığı kadar gevşetilmekte ve parmak, "en kısa yoldan" burnunuzun ucuna varmaktadır.

Bombasını atmak üzere gelen bir uçağı düşünün. Uçağın manevra kabiliyeti iki şeyle sınırlıdır:

1. Pilotun reaksiyon zamanı: Bir insanın, karşısından bir hareket aldıktan, mesela kendisine ateş edildiğini fark ettikten veya bir otomobil sürücüsünün önüne bir yayanın fırladığını gördükten sonra gereken

tedbiri alması, manevraları yapabilmesi için belli bir zamanın geçmesi gerekir. Buna "refrakter devre" adını veriyoruz.

2. Uçak, kendi imâlatı icabı, ancak belli süratte manevralara tahammül eder ve cevap verir. Tıpkı otomobilin frene basıldıktan sonra durması veya gaza bastığınız zaman hızlanması için belli bir zamanın geçmesi gibi. Örneğin, bugünkü erişilen hızda, iki jet uçağı havada birbirlerini gördükleri anda artık çarpışmamak için gerekli manevrayı yapmaya zaman kalmamış demektir. Bu yüzden koskoca hava boşluğunda zaman zaman uçaklar çarpışır ve insanlar can verir.

O hâlde, uçaksavar topuna, uçağa ve pilota ait bu bilgiler verilir; bir taraftan da top kendi namlusunun, uçağın geliş istikameti ile ne derece bir açı yaptığını ve kendi mermisinin ne hızda gittiğini bilirse, bunları hesaplayarak, çıkan neticeye göre yapılan ayarlama ile merminin hedefine kondurulması mümkün olacaktır. Tekrar edelim, tıpkı parmağınızı burnumuza getirmemiz kadar basit ve onun kadar karmaşık bir iş! Böylelikle, birtakım biyolojik faaliyetlerin makinelerle taklidi mümkündür. Doğadaki kanunlar; cemiyet ve sosyal olaylar için ne kadar geçerli ise, atom içinde de, uzayda da geçerli bulunduğu görülerek, evvelce felsefenin işgal ettiği yere talipli bir "ilimler arası disiplin", yani "Robotik" doğmuştur.

Robotik, canlılarla kendi kendini düzenleyen makineler arasındaki çalışma benzerliklerini araştırır. Bu bakımdan "organize varlıkların davranışdır". "Organize sistem" veya "organize varlık" tabiriyle belli bir "denge durumunu" elde etmek için çalışan ve bu denge durumunu bozmaya yönelik dış tesirler karşısında kendi iç dengesini koruyabilen çeşitli elementlerin birliği anlaşılır. Bu genel kavram içinde canlı varlık da bir çeşit makinedir ve robotik bir "genel makineler teorisi" olarak kabul edilebilir. Gene bu görüşle biyoloji, genel fiziğin özel bir bölümünden başka bir şey değildir.

Fizik; makine önündeki dirençlere karşı bir güç takibine muktedir her çeşit sisteme verilen addır. Robotik de makine, hâl değiştirme (transformasyon) kabiliyetinde olan her çeşit dinamik sistem anlamına gelir. "Hâl değiştirme" veya "transformasyon" tabiriyle, bir hâlden diğer bir hale geçiş kastedilmektedir. Gerek makinelerin ve gerekse canlıların bütün faaliyetleri birer transformasyondan ibarettir. Bir asansörün düğ-

mesine basınca zemin kattan beşinci kata çıkması, bir insanın yürümesi, bir uçaksavar topunun ateş etmesi, parmağımızın burnumuza getirilmesi vb., hepsi birer transformasyondur. Bu genel kavram içinde robotik de, makine yerine “mekanizma” veya “sistem” sözcüğü tercih edilir ve bununla, hâl değiştirme yeteneğinde olan her çeşit yapı kastedilir. Makine veya mekanizma anlamı ile klasik fiziğin basit ve kompleks makinelerinin arasına canlı hücreleri, bütün organları, canlı organizmayı, nebatları, atomları, galaksi sistemleri, nihayet sosyal ve ekonomik düzenleri katmak mümkün olmaktadır. Kelimeleri ve dili imal eden organlar da bir seri transformasyonlar sonunda konuşmayı sağladıkları için birer makine veya mekanizmadır.

Organize sistemlerin işleyebilmeleri için gerek kendilerine ait, gerekse dış ortamdaki değişikliklerden haberdar olmaları, bilgi “enformasyon” almaları gerekir. Robotikte “enformasyon” terimiyle, organize bir sistemde hâl değişikliğine sebep olan her türlü tesir kastedilir. Bir elektrik zilinin düğmesine basmak bir enformasyondur, zili çaldırır. Bir tüfeğin tetiğinin çekilmesi veya bir insan için üzücü veya sevindirici bir haber, yahut karnımızın acıkması, havanın ısınması... vs. hepsi birer enformasyon, bilgi veya mesaj, ölçülebilen, değerlendirilen, mukayese ve hesap edilen bir büyüklüktür.

Organize sistemler, aldıkları enformasyon sonunda çeşitli hâl değişiklikleri ile denge duruma varmaya çalışırlar. Buhar makinesinin çeşitli yükler karşında buhar girişini ayarlayarak hızını sabit tutması, buz dolabının iç hararetini belli sınırlarda tespit etmesi, insanın kanının şeker seviyesini veya vücudun ısı derecesini sabit tutması, birer denge durumudur. Buna “homeostasis” adını veriyoruz.

Organize sistemler kendi yaptıkları işten de haberdar olurlar. Yani, kendi elde ettikleri sonuç da onlar için bir enformasyondur. Bir buzdolabı, kendi iç hararetini; insan bedeni, tansiyon yüksekliğini veya kanındaki şekerin seviyesini; bir buhar makinesi, hızını bilmek mecburiyetindedir. Ancak bu suretle elde edilen neticenin, amaca tam uygunluğu incelenir ve varsa hedeften sapmalar düzeltilir. İşte, yapılan işin gerisin geriye sisteme bağlanmasına, robotikte “geri tepme, geri besleme” (feed-back) adı verilir.

Robotik, organize sistemlerin yapıları ile (morfolojileri ile) ilgili değildir. Robotiği ilgilendiren o sistemin işlemesi, çalışması, yani fonksiyonudur. Bu espri içinde bir uçaksavar topu ile parmağını burnuna götür-

ren insan arasında, benzerlik kurulmaktadır. Çünkü ikisinde de, yapıları çok farklı olmakla beraber, belli bir şeyin belli hedefe en kısa yoldan ulaştırılması söz konusudur. O halde robotik bir fonksiyonlar bilimidir. Yaptığı iş, fonksiyon bakımından eşdeğerli olan, aynı şema içinde ele alınabilen sistemlere "homolog sistemler" adı verilir. Robotikte inceleme yöntemlerinin en önemlisi homolog sistemlerin inşasıdır.

Belli bir sistemin modelini, homologunu inşa ederken yapı ve morfolojik bakımdan bir benzerlik aramaksızın, onunla aynı fonksiyon şemasına girebilecek bir başka sistem meydana getirilmeye çalışılır.

Fizik, davranışın kendisi ile uğraşırken, robotik daha çok davranışın gayesi ile meşguldür. Davranışın kendisi, sadece o gayeye varmak için nelerin yapılması gerektiğinin bilinmesi için müşahade ve tetkik edilir. Buzdolabında bütün transformasyonların amacı dolabın içindeki hararetin belli sınırlarda sabit tutulmasıdır. O halde bu amaca erişmek için ne gibi geri besleme bağlantılarının kurulduğu, sadece amacın nasıl gerçekleştirildiğinin bilinmesi için gereklidir. Yelkenle, kürekle, buharla veya elektrikle işleyen bir gemi, onun için sadece belli bir limana varmayı amaçlayan bir deniz taşıtıdır. Geminin ne ile işlediğinden ziyade, limana nasıl vardığı önemlidir. Bütün bu gemi çeşitleri fonksiyon bakımından, gördükleri iş noktasından eşdeğerli homolog sistemlerdir.

Bilinmeyen bir olayın, mesela bir tabiat hâdisesinin çözümlenmesi ile karşı karşıya olan bir robotikçi veya biyolog bir kapalı kutu problemi (black box problem) ile karşılaşmıştır. Bu kutunun iç yapısı onu ilgilendirmez. O, olayın kendisi ve amacı ile ilgilidir.

2.4.1. Basit Makineler ve İnsan Kıyaslaması

Robot kuralları bilinmeden çok önce, tabiatla ve bilhassa canlılarda mevcut denge sistemleri insan eliyle taklit edilmiş ve çeşitli makineler yapılmıştır. Bunların bir kısmında hayret edilecek bir ustalikle kendi kendine kontrol eden mekanizmaların geliştirildiği görülür.

Herhalde insan eliyle yapılan ve haberleşme ile denge kurmaya ait en ilkel sistem tahterevalli dediğimiz çocuk oyunudur. Burada, ortasından bir desteğe oturtulmuş bir kalasın iki tarafına birer çocuk oturmuştur. Çocuklardan biri yukarı doğru hareket ederken karşıdaki ise yere doğru hareket edecek ve neticede ayakları toprağa deyecektir.

Sirklerde kullanılan ve bir çeşit denge gösterisine fırsat veren daha kompleks tahterevalliler de vardır. Bunlarda desteğe oturtulan ana

tahterevalli kalasının iki ucuna birer, bunların da iki uçlarına birer tahterevalli oturtulur ve böylece örneğin 14 kişilik bir haberleşme denge sistemi kurulabilir.

Negatif geri tepme ile çalışan ve çok eski zamanlardan beri bilinen bir tertibat, sifondur. Bir depoya su getiren boruyu kapatacak şekilde bir kapak, deponun içindeki suda yüzen bir şamandıraya bağlanır. Depoya yeterli seviyede su dolunca yüzen şamandıra yükseleceği için buna bağlı kapak, su yolunu kapatır. Bugün su depolarından tuvaletlerimizdeki sifonlarımıza kadar kullanılan bu sistem, depodaki su boşaltıldığı zaman şamandıra tekrar alçalacak ve su yolu açılacağı için depoya su dolmaya başlayacaktır.

Diğer bir örnek, elektrikli kapı zilidir. Bir elektromıknatısın bobinine akım, bir yay ve bu yaya değen bir ayar vidası üzerinden gönderilir. Akım geldiği yani zilin düğmesine basıldığı anda elektromıknatıs mıknatıslanır ve yayı kendine doğru çeker. Yayın çekilmesiyle, ayar vidasından uzaklaşacağı için devre açılacak ve akım kesilecektir. Bu taktirde elektromıknatısın mıknatıslığı kaybolur, yayı çekmez ve yay eski yerine döner. Yayın eski yerine dönmesi, tekrar ayar vidasına temas etmesi ve devreyi kapatarak elektrik akımını başlatması demektir. Bu da elektromıknatısın tekrar mıknatıslanmasına ve yayı çekmesine, neticede akımın yine kesilmesine sebep olur. Yaya bağlı bir tokmak, böylece zilin çanına arka arkaya vuracak ve ses çıkaracaktır.

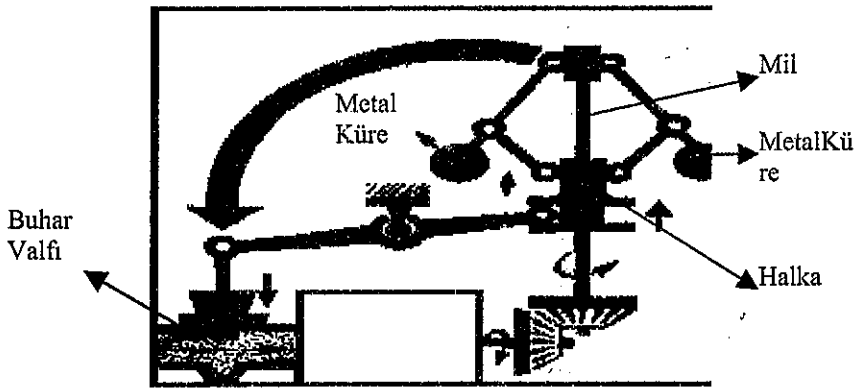
Buzdolaplarında da kullanılan termostat sistemini yukarıda anlatmıştık. Buna benzer ve zamanımızda çok geliştirilmiş termostat düzenleri gündelik hayatımıza birçok yer girmiştir. Buzdolapları, suyun sıcaklığını belli seviyede tutan banyolar, klima denen otomatik hava soğutma ve ısıtma sistemleri, termostatik hava gazı ve elektrik fırınları vs. gibi örnekler sayılamayacak kadar çoktur.

Bunların hepsinde prensip olarak ısıya duyarlı bir elektrik kontağı bulunur. Örneğin, ısınınca boyu değişen ve böylece ısındığında bir noktaya, soğuduğu zaman başka noktaya değen bir metal çiftleri vardır. Bir termostat elemanı, ısındığında değdiği ve kapattığı elektrik kontağı ile soğutucu düzenini çalıştırır. Soğuduğu zaman da kapattığı elektrik kontağını açarak ısıtıcı düzenini devreye sokar. Yani bir sıcaklığa kadar soğuma sonucunda ısınmayı, bir sıcaklığın üstünde ise soğumayı kontrol eder. Sistem bu negatif geri tepme bağıntısı ile kendi ısı derecesini belli sınırlar içinde kendisi ayarlayacaktır (NTC: Negative Temperature Coefficient, Negatif Sıcaklık Katsayısı).

İstim makinesinde hızı düzenleyen bir Watt guvernörü vardı. 1780 yılında, robotik kuralları bilinmeden 1,5 asır önce, James Watt tarafından geliştirilmiş bu mekanizmada **Şekil 12**'de de görüldüğü gibi, buhar makinesinin döndürdüğü sisteme bağlı ve kendi çevresinde dönen bir mile iki metal küre asılı bulunmaktadır. Mil döndükçe bu metal küreler santrifüj kuvvet tesiriyle yana doğru açılırlar ve bu açılma hareketi onlara bağlı bulunan halkanın yükselmesine sebep olur. Halkanın yukarı doğru çıkması, buhar sevk eden valfi kısar ve buhar girişini azaltır. Sonuçta sistemin dönme hızı düşer. Yavaşlama ile metal küreler dönen eksené yaklaşır ve bu suretle halka aşağı inerek kendisine bağlı buhar valfini açar. Buhar girişi artınca, sistem hızlanacaktır. Böylece buhar makinesi negatif geri besleme bağlantılarıyla kendi hızını kendisi ayarlamaktadır.

Tarihte böyle otomasyon sistemlerle çalışan ve çok ilgi çekici makinelere rastlamaktayız. Bunlar insan zekâsının ve kültürünün gelişmesi ile bugünkü seviyeye erişmişlerdir.

Şüphesiz, insanın en büyük buluşlarından biri tekerlektir. Tekerleksiz bir medeniyetin düşünülemeyeceğini göz önüne alırsanız, tekerleğin icadı ile ne büyük bir aşama yapıldığını kolayca anlarsınız. Onu kaldırma (manivela) takip eder. Bir desteğe oturtulmuş bir çubuk ile çok ağır cisimlerin yerlerinden kaldırılması manivela sayesinde olmuştur. Arşimed, "Bana sağlam bir destek verin, manivela ile dünyayı yerinden oynatayım" diyerek, bu düzenle insan kuvvetinin ne derece arttırılabileceğini göstermiştir.



Şekil 12: İstim makinesinin çalışma prensibini gösteren şematik çizim

Manivelayı, çıkırıklar daha da geliştirmişlerdir. Kuyudan su çeken çıkırıktan palangalara kadar birçok bu esasa göre yapılmış düzenler insan gücünü defalarca arttırarak yüzyıllar boyu yardımcı olmuşlardır. Fakat, bunlarda henüz kendi kendini kontrol ve geri besleme bağlantıları gibi, gerçek robotik sistemler mevcut değildir. Max Kemmric'in yazdığına göre, otomatik aletler dahi çok eski çağlardan beri bilinmektedirler. Örneğin eski Yunan medeniyetine bir göz atarsak, Tarent'li Archytas'ın tahtadan bir güvercin yapmış olduğunu görürüz. Bu güvercin havada bir süre uçabilmiştir. Phaleron'lu Demetrius da kendiliğinden yürüyen bir sümüklü böcek yapmıştır. Olimpia'da kanat çırpın tuncdan bir kartal varmış.

Milattan önce ikinci yüzyılda yaşayan İskenderiye Heron mukaddes su otomatlarından bahsetmektedir. Bu makineler mabetlere konulmuş olup içlerine bir para atıldığı zaman musluğundan su akmaktaymış. Bugün birçok yerde, para atıldığı zaman Coca Cola, sigara, sandviç vs. veren otomatlar görülmektedir.

Doğu Roma İmparatoru Theophilus (830-842) tahtının iki yanına som altından birer aslan heykeli yaptırmış. İmparator tahtına her oturduğunda bu aslanlar ayağa kalkar ve kükrermiş.

Andrew Thomas'a göre eski Çin'de Ta-Çokam çok meşhur bir otomatik sistem imal etmiş. İmparatoriçe bu robotu o kadar beğenmiş ki, sonunda İmparator bu durumu kıskanarak sistemi tahrip edilmiş.

Perulu Gercilaso De La Vega, Inka ülkesinde Rimak vadisinde bulunan bir Inka heykelinin insanlarla konuştuğunu ve kendisine sorulan soruları cevap verdiğini yazmıştır.

Orta çağda yaşamış filozof ve bilgin, Regensburg Piskoposu Albertus Magnus (1193-1280) çeşitli bilim dallarında yaptığı araştırmalar yanında yürüyen bir otomat imal etmesi ile de ünlüdür. Albertus Magnus'un yapmış olduğu otomat, bir kapıyı açıyormuş; başını eğip kolunu kaldırarak selam veriyormuş.

Denis Papin'in (1647-1714) icat ettiği buhar kazanlarındaki emniyet supabı, bugün düdüklü tencerelere kadar kullanılmaktadır. Buhar basıncı belirli bir seviyeye yükselince, yayım mukavemeti yenilerek

kapak açılmakta, buhar dışarı sevk edilmekte ve basınç belli bir yere düşüncü de yay vasıtası ile kapak kapatılmaktadır.

Cizreli Ebül-iz adındaki bir Türk bilgini bundan aşağı yukarı 8 asır önce Diyarbakır'da otomatik makineler yapmıştır. Tarihte Diyarbakır'da hüküm süren Artuk Türkleri, Ebül-iz'in yapmış olduğu otomatik makineleri saraylarda kullanmışlardır. Cizreli Ebül-iz'in buluşlarını Kitab-ül Camii Beynel İlm-i Velamel En-Nafî Fin Sinaat-İlhiyel isimli kitabında topladığı bildirilmektedir. Ebül-iz eserini kaleme alış sebebini şöyle açıklamaktadır:

“Ben bu kitabı Artuk Oğullarından Diyarbekir Hükümdarı Ebulfet Mahmut İbn-i Karaaslan için yazdım. Bir gün yapmış olduğum makinelere birini ona gösterdim. O, bu işimi büyük bir alaka ile tetkik etti ve bana: Dünyada eşi bulunmayan bir şey yaptın, emeğin boşa gitmeyecektir. Bana bütün yaptıklarını içine alan bir kitap yaz.” dedi. Ben de bütün gücümü toplayarak ve elimden geldiğince çalıştım. Bu kitabı yazarak kendisine takdim ettim. Kitabımı bir önsöz, elli şekil ve altı çeşit üzerine hazırladım.”

Ebül-iz'in kitabı İstanbul'da Topkapı Sarayı 3. Ahmet Kütüphanesi'nde 3472 numarada kayıtlı olarak mevcuttur. Kitabın sayfaları aradan 8 asır geçmesine rağmen eskimemiş ve resimlerin renkleri bozulmamıştır. Ebül-iz'in kitabında takdim ettiği çeşitli otomatik makinelerde çok ilgi çekici bir denge kurulmuştur. Bunlarda genellikle hidro mekanik güçten faydalanılmış, şamandıra ve palangalar arasında karşılıklı tesirde bulunma yoluyla çok enteresan otomatik kontrol mekanizmaları geliştirilmiştir.

Ebül-iz'in kitabınının 274. sayfasında çizdiği resimde robot adam elinde tuttuğu testiden su dökerken suyun boşaldığı kabın içinde bulunan bir robot tavus kuşu da suyu başka bir kaba aktarmakta, suyun boşaltıldığı kabın içinde bulunan bir şamandıra ile otomatik makine adamın kolu, yeniden harekete geçmektedir. Böylece mekanizma işleyip hareket devam etmektedir. Ebül-iz'in makinelerinden bir kısmı Almanya'da Prof. Widemann tarafından günümüzde Erlangen Üniversitesi'nde muhafaza edilmektedir.

Gene, Ebül-İz'in kitabında Watt governörüne benzer bir ayarlama sisteminin, bundan daha 8. asır önce ve başka bir biçimde, kuşun hareketi ile ayarlanan bir düzenle temin edildiği hayretle görülmektedir. Hidromekanik tesirlerden faydalanarak makine adama ne çeşit hareketler yaptırılabilirdiği gösterilmiştir. Ebül-İz'in yaptığı büyük bir otomatik makinede 24 kapı vardır. Kapıların arkalarında, her biri ayrı seslerle öten kuşlar saklıdır. Saat başı gelince üst kapılardan bir adam çıkar, yürür, ikinci bir kapı önünde durur. Eliyle kapıya dokununca bir kuş kanatlarını çırparak ortaya fırlar, saati seslenir ve aynı anda ağzındaki madeni küreleri, saatine göre, makinenin altındaki aynalı tabağa atar. Bu tabaktan, çok uzaklara kadar yankılanan bir ses çıkar. Gündüz saate bakan bir kimse, güneşin o saatte ufuktaki durumunu gördüğü gibi, gece de renkli camlar önünde ayın gökteki durumunu görebilir. Saatler hep aynı biçimde bildirilmemekte, zaman zaman saati bildirmek üzere saatin sahnesine davul, boru, zurna ve zil çalan adamlar çıkmakta, çalıp söylemektedirler.

Gene Ebül-İz'in yaptığı bir "makine adam ve fil" vardır. Bu düzende makineden bir fil üzerine bir adam binmiştir. Makine adamın kolunun hareketleri ile, filin bacakları hareket etmektedir.

En önemli hususlardan biri de Ebül-İz'in makinelerinin çalışma prensiplerini anlatırken, tıpkı elektronik makinelerle iletilen bilgilerin bazı sembollerle ifade edilmesi gibi kendi bulduğu birtakım sembolleri kullanmasıdır.

2.4.2. Abaktan Bilgisayara Geçiş

Herhalde insan, ilk sayı sayma fikrini kendi parmaklarından almıştır. Bir elde beş parmak, iki elde on parmak, ellerde ve ayaklarda toplam yirmi parmak... ve iki parmak üç parmak daha eder beş parmak... Bugün halabir çok ilkel toplulukta rakam adedi ona kadar veya bir kısmında yirmiye kadardır. On ve yirmiden fazlasını onun ve yirminin abaktaki karşılığı, katlarıyla ifade edebilmektedirler. Daha sonra birtakım çakıl taşlarıyla hesaplamalar yapılmıştır. Gene pek eski çağlardan kalma üstüne düğüm atılmış iplikler kullanılarak, sayı sayıldığını görüyoruz. Bunlar da kendi zamanına göre bir hesaplama yöntemi ve aletleridir.

Gerçek anlamıyla insanlığın ilk yaptığı "hesap makinesi", daha önce uzun sözünü ettiğimiz abaklardır. Abaklarda sıra sıra teller üzerine yerleştirilmiş ve sağa sola hareket edebilen toplar vardır. Bir topun solda bulunması sayı yazdırmaz, yani "hayır" cevabını veya "sıfır" durumunu ifade eder. Topun sağa çekilmesi ise "evet" cevabını, o sayının yazılmasını ve "1" durumunu gösterir. En üstteki sıra birler basamağını, altındaki onlar basamağını, daha altındaki yüzler basamağını gösterirse, üstten bir topun çekilmesi 1, ortadan 2 topun çekilmesi 20 ve alttan 4 topun çekilmesi 400 yazdırır ve toplam olarak 421 yazılmış olur. Buna top eklemek ve çıkarmak işlemiyle, matematik işlemlerini yürütmek kabildir. Abaka benzer ilk cihazların yapılışı bundan 3000 sene evveline kadar gider.

Otomatik hareketlerden yararlanarak ilk toplama yapan makineyi bulan Fransız filozof ve matematikçisi Blaise Pascal'dır. Sayıların toplanmasının ana prensipleri ilk defa 17. yüzyılda Pascal tarafından belirlenmiştir. Pascal, bir tarafa doğru döndürülen dişli çarkların hareketinden faydalanılarak, ikili sistem üzerine kurulu bir makine icat etmiştir.

1623-1662 yılları arasında yaşamış olan Pascal, bu makineyi 1642 yılında bir tahsildar olan babasına yardımcı olması amacıyla imal etmiştir. Bir mil veya çivi yardımıyla döndürülen çarklarda kaydedilen sayı 9'u geçince sıfır yazılmakta ve bir sonraki çark 1 rakamını yazmakta idi. Bugün çarklı, mekanik hesap makinelerinin babası sayılan Pascal'ın toplama cihazının çalışma prensibi otomobillerdeki kilometre sayacında da aynen kullanılmaktadır. Bu prensiple toplama ve çıkarma rahatça yapılabileceği gibi çarpma ve bölme işlemleri de rahatça yapılabilir. Zira daha önce belirttiğimiz gibi, matematik işlemlerinin esası toplama ve çıkarma işlemidir.

Çıkarma toplamanın tersi, çarpma bir sayıyı birçok defa toplama, bölme de onun tersidir. Bu noktadan hareket eden bir Alman bilgini Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) çarpma işlemi de yapabilen bir hesap makinesi geliştirmiştir. Makinenin iki bölümü vardır: Bir bölümü, toplama ve çıkarma işlemlerini; diğer bölümü ise çarpma ve bölme işlemlerini gerçekleştirirdi. Leibniz makinesinde üç çeşit çark vardır: Toplama çarkları, çarpma çarkları, çoğaltıcı çarklar. Leibniz'in kademeli çarkı, çeşitli uzunlukta 9 dişi olan silindir şeklinde bir kutucuktan meydana geliyordu. Ayrıca küçük bir kanat çarkı, ileri geri vaziyetini değiştirebiliyor ve durduğu yere göre bu dişlerden bir kısmının arasına geçebiliyordu. Silindir üzerindeki dişlerden 9'uncusu en uzun 8'incisi

daha kısası, 1' incisi ise en kısadır. Kanat çarkı resimdeki durumda en sağda ise bir turunda yalnız bir dişlilik miktarda silindiri çevirecek, halbuki en solda bulunduğu takdirde bu dönüş 9 dişlik bir tam tur olacaktır. Makinede 1'den 9'a kadar olan sayıları gösteren böyle dokuz çark mevcuttur.

Hâlen dahi bir çok büroda çarklı, kollu ve bir kısmı da elektrikle çalışan hesap makineleri kullanılmaktadır.

Hesaplama elektronik sistemin öncüsü İngiliz bilgini Charles Babbage'dir (1792-1871). Babbage'nin "Analytical Engine (analitik motor)" adını verdiği cihaz, belli bir programlama içinde hesaplamaları otomatik olarak yapabiliyordu. Babbage ömrünü biri diferansiyel, biri de analitik sistemle işleyip çözümlene yapabilen makinelerin icadı yolunda harcamıştır. Ancak "20 rakamlı sayıları otomatik olarak hesaplayarak çözümlenmede bulunan bir makinenin icat ve imalî için İngiliz Hükümeti 20 senelik mesaisinden sonra Babbage'e malî desteğini kaldırmıştır.

Babbage'den 35-40 yıl önce Joseph Marie Jacquard delikli kartları icat etmişti. Bu delikli kartlar yolu ile nümerik hesaplama ve kontrol sistemleri kurulabilmekte idi. Babbage bu sistemi de ele almış, biraz daha geliştirerek bir ana yapı meydana getirmiştir ki böylece bugünkü elektronik hesaplayıcıların temeli atılmıştır.

Bir istatistikçi olan Amerikalı Helman Hollerith (1860-1929), Jacquard kartlarını Babbage'nin ileri sürdüğü gibi nümerik (sayısal) kontrol işleminde kullanmayı denemiş ve "istatistik makinesini" icat etmişti. Hollerith'in makinesi üç üniteden oluşuyordu. Bunlar, kartları delen, ayıran ve okuyan ünitelerdi. 1890 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde seçim sırasında kullanılan oylar Hollerith kartlarıyla sayılmış ve büyük bir çabuklukla sonuç alınmıştı. Delgi kartlarının çalışma prensibinde ikili hesaplama sistemine dayanmaktadır. Cevaplar "evet" ve "hayır" veya "1" ve "0" şeklinde toplanıyordu. Bu sistem bilgi toplama ve bilgileri değerlendirme makinelerinin de temelini teşkil etmektedir.

Delikli kart sistemiyle bilgilerin "evet" (1) ve "hayır" (0) şeklinde depolanma ve değerlendirme konusunu Harvard Üniversitesi'nden Howard H. Aiken yeni bir şekilde ele almıştı. Aiken, delikli kartlarla yapılacak işlemlerin tamamen otomatik bir hâle getireceğini ileri sürü-

yordu. Bu konu ile ilgilenen International Business Machines Corporation (IBM) firması, 1937 yılında Aiken ile işbirliği yapmış ve ilk otomatik bilgisayar (computer) diyeceğimiz cihaz 1944 yılında meydana getirilmiştir. "Automatic Sequence Controlled Calculator"(ASCC) (Otomatik dizilerle kontrol yapan hesaplayıcı) adını alan bu cihaz, gene sayıları birtakım çarklarla oluşturmakta olup, ayrıca bir de kayıt deposu ihtiva etmekte idi. Her çark bir ondalık haneye karşılık olup 0'dan 9'a kadar sayıları bulunmakta idi. Böyle 23 çark da 23 ondalık haneye (digit'e) ve 24 üncü çark da, işaret hanesine tekamül ediyordu. ASCC'de 72 kayıt deposu mevcut olup her kayıt deposuna bir toplama makinesi takılmış bulunduğundan, bir depodaki sayı bir diğer depodaki ile doğrudan doğruya toplanabiliyordu. ASCC, görüldüğü gibi, çok ileri ve komplike bir sistem olmasına rağmen, henüz çarklara ve birtakım mekanik düzenlere bağlı olduğu için bugünkü elektronik bilgisayarlar yanında çok yavaş sayılmaktadır.

Bilgisayarlarda ASCC ile biten dönem, Robotik öncesi dönem olarak kabul edilir. ASCC 'nin geliştirildiği tarihlerde Norbert Wiener'in "Cybernetics or Control and Communication in the Animal and The Machine" başlıklı kitabını yayınladığını görüyoruz. Bu dönemden sonra işe elektronik karışmış, transistörler, yarı iletkenler keşfedilmiş ve bilgisayar tekniği akıl almaz boyutlara ulaşmıştır.

Bugün "akıl almaz" dediğimiz şeyin pek yakın gelecekte "gülünç ve basit" geleceğini görmek için, bir insan ömrü dahi çok uzun bir zamandır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde ilk buharlı tren işlemeye başladığı zaman 8-10 kilometre hıza ancak ulaşabiliyordu. O devirlerde çıkan gazeteler ise bunun insanoğlunun varabileceği ve tahammül edebileceği en yüksek hız olduğunu iddia ediyorlar, bundan daha süratli bir vasıtada insanın yaşayamayacağını söylüyorlardı.

Thomas A. Edison 1879 yılında ilk elektrik lambasını icat etti. Bu tarihlerde İngiltere'de henüz sokaklar gaz lambasıyla aydınlatılıyordu. İngiltere Parlamentosu, Amerika'daki bu yeni icadın kullanılabilirliği ve gelecekteki durumunu incelemek üzere bir komisyon kurdu. Komisyon çalışmalarını, komisyonun Başkanı ve Genel Posta Hizmetleri Müdürü Sir William Preece, avam kamarasında şu sözleri noktalyordu. "E-

lektrikle aydınlanmanın evlerde kullanması sonucuna ulaşılması bir hayaldir ve gülünçtür.”

Hesap makinelerine, elektronik sistemlerin sokulmasıyla gerçek anlamıyla bilgisayar, 1941 yılında Berlin’de Zuse tarafından geliştirilmiştir. Bu cihaz IBM’in ilk elektro-mekanik sistemine çok benzemekle beraber, Kondrat Zuse’nin yaptığı Z3 ve Z4 bilgisayarları mekanik sistem yerine, elektronik sistemi, elektron lâmbalarını kullandığı için çok daha hızlı işliyordu. Örneğin, IBM makinesinin 5 saniyede yaptığı Z3, 0.43 saniyede bitirmekte idi. Bir manyetik röle en çabuk 1/300 sn çalışırken bir elektron lâmbası aynı cevabı 1/1000000 sn gibi şaşırtıcı bir süratle verebilmektedir.

1946 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde Pennsylvania Üniversitesinde J.P.Eckert ve J.W.Mauchly bir elektronik bilgisayar meydana getirmişlerdir. “Elektronik Numerical Integrator and Calculator” (ENIAC) (Elektronik Sayısal Toplayıcı ve Hesaplayıcı) adını alan bu cihazı çok daha gelişmiş diğerleri takip etmişlerdir. Bugün günlük hayatımıza tamamen girmiş bulunan bilgisayarlar, birçok meseleyi çözebilmekte kendilerine verilen program içinde hayret edilebilecek çabuklukta sonuçlar alabilmektedir. Dünyanın öteki ucundaki bir hava alanından falan şirkete ait ve filan saatte kalkacak bir uçaktaki yerinizi, oraya uydu ile bağlı bir bilgisayar aracılığı veya Internet ile bir düğmeye basarak ayırılırken, çoklu ortam yazılımları ile hangi yemeğe ne cins salça ve sosun iyi gideceğini anında öğrenmek mümkündür. Elektronik hesap makineleri veya veri bankaları bugün ilkokul öğrencilerinin elinde ve cebinde dolaşabilmektedir. Bir kol saatine sığacak bilgisayarlar ve veri bankaları yapıldı. Bütün bu ilerlemeleri robotiğin getirdiği bilgilere ve bu bilgilerin endüstriye uygulanmasına borçluyuz.

2.4.3. Hastalık Teşhisinde Robot İnsan Kıyaslaması

Canlıyı tarif ederken bunun, dış ortamın değişen şartları karşısında kendi iç ortamını belli limitler içinde koruyabilen yani homeostasisini temin edebilen bir kapalı sistem olduğunu söylemiştik. O hâlde bu sözcüğümüzü biraz daha matematik diliyle ifade edersek canlı varlık dış alemin $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ tesirleri karşısında $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ gibi bağımsız değişkenleri iç şartlarını belirli hudutlar içinde dengede tutabilen varlık demektir. Bunlardan örneğin,

- x1: Kan basıncı,
- x2: Vücut harareti,
- x3: Nabız sayısı,
- x4: Kan şekeri seviyesi.

olabilir. Eğer dış âlemin y tesirleri karşısında vücudumuz x değişkenlerine gerekli değerleri sağlayamıyor, onları normal ve sağlıklı limitleri arasında tutmuyorsa, o zaman hastalık söz konusudur. Örneğin x2; 36,5 °C civarında tutulamıyor da farz edelim 40 °C yükseliyorsa o kimsenin ateşi vardır veya x4 %90-110 mg arasında tutulamıyor da örneğin 250 mg'a yükseliyorsa, o şahıs şeker hastasıdır.

X değişkenlerinden birinin normal homeostatik sınırdan çıkmasına tıpta belirti (araz-semptom) adı verilir. Belirtiler bir araya geldikleri zaman belli bir hastalığın çerçevesini çizerler. Örneğin tifo hastalığı için;

- Ateşin yükselmesi (x1),
- Nabızın yavaşlaması(x2),
- Şuurun bulanması(x3),
- Vücutta ufak kırmızı lekelerin çıkması(x4),
- Kanda aglütasyon reaksiyonları denen lâboratuvar bilgisinin müspet olması(x5).

gereklidir.

Eğer teşhis makinesine biz bu programı verir ve verilen belirtileri mantıksal AND ifadesi içerisinde kullanırsak;

$$x1 \text{ AND } x2 \text{ AND } x3 \text{ AND } x4 \text{ AND } x5 = y1$$

(Tifo hastalığı) sonucunu alırız.

Bazı belirtilerin bir arada bulunması ile o hastalık teşhisine varabilmesi halinde, yukarıda tifo hastalığı örneğinde gösterdiğimiz gibi bu belirtiler arasında AND şeklinde bir ilişkinin bulunması şarttır. Bu belirtilerin hepsine ait cevapların EVET olması halinde, bilgisayar bize TİFO teşhisini verir. Bir tanesinin eksik olması halinde ise hastalık teşhisini değiştirebilir.

Bazı hastalıklarda her belirtinin yerine diğer başka bir belirtinin bulunması da teşhise yeterli sayılabilir. O halde bu iki belirti arasında OR

münasebeti bulunacak ve bilgisayar bunlardan birinin karşılığında EVET cevabı vermesi, teşhisi koyduracaktır.

Gene bazı hastalıklarda iki belirtinin birlikte bulunması teşhisi değiştirmektedir. Meselâ tifo hastalığında ateş yükselir ve buna karşılık nabız yavaşlar. Halbuki başka enfeksiyonlarda, ateş yükselirken nabız da ona paralel bir şekilde yükselmektedir. O halde tifo teşhisi için ateş yükselmesi ile nabız hızlanması arasında NOT tarzında bir bağlantı vardır ve bu iki belirti için EVET cevabı verildiği takdirde, TİFO teşhisi sonucuna varılmaz. Bilgisayar ile teşhis işlemi şöyle yapılır:

- Hastamız $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ hastalıklarından birine tutulması muhtemel olsun.
- Bu hastalıkların her birinin belirtileri de $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ belirtiler dizisi ile değerlendirilebilsin.
- Bu belirtileri hasta üzerinde belirli bir plana göre uygulanacak $e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$ klinik test ve muayeneleri ile tespit etmek mümkün olsun.

Hasta programa göre muayene edilir, gerekli analizler yapılır ve elde edilen sonuçlar bilgisayara verilir. Bilgisayar bu sonuçları mantıksal yöntemlere göre değerlendirerek bize teşhisi bildirir. Eğer yapılan muayeneler bir teşhis için yetersiz ise bilgisayardan muhtemel teşhisler ve kesin teşhis için yapılması gereken ek muayeneler de öğrenilir. Son zamanlarda ortaya çıkan uzman sistem yazılımları, tıpta teşhis amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.

2.4.4. Hukuk Alanında Robot İnsan Kıyaslaması

Bilgisayarlar, tıpta hastalık teşhisi meselesine benzer bir şekilde hukukta da müeyyide tayininde kullanılmak üzere geliştirilmektedir. Henüz elektronik hakimler tatbikata girmemiştir; ama birçok durumda bunların başarılı olması beklenir. Bunun yanında adlî sicillerin bilgisayar merkezinde toplanması ve bu suretle depo edilen enformasyonların istenen mahkeme tarafından bir anda bir düğmeye basılarak temini, başta Avusturya olmak üzere birçok ileri memlekette tatbik edilmektedir. Ülkemizde son 5 yıldır adliyelerde bilgi depolamak için otomasyon kullanılmaktadır. Ama istenilen düzeye ulaşamamıştır.

Bir eylemin suç olabilmesi için o eylemin maddî ve manevî ve kanunî unsurlarının bir araya gelmesi gerekir. Böylece bir insanın başkasına ait bir malı, sahibinin haber ve rızası olmaksızın alıp başka bir yere götürmeye karar vermesi ile suçun manevi unsuru, bu işin icrası ile maddî unsuru, bu eylem karşı kanunda bir cezanın tayin edilmiş bulunması ile de kanunî unsuru teşekkül eder. Bu üç faktör arasında AND bağlantısı kuran bir bilgisayar her üç soruya da, yani;

Suçun maddî unsuru var mı?

Suçun manevi unsuru var mı?

Suçun kanunu unsuru var mı?

sorularında EVET cevabını alırsa, bu bilgilere karşı vereceği cevap EVET yani “Şahıs suçludur ve cezalandırılmalıdır” olacaktır. Ayrıca bilgisayar bu eyleme karşı kanunun tayin ettiği cezayı ve maddesini de bulacak sanığın ne gibi bir cezaya çarptırılması gerektirdiğini bildirecektir. Hırsızın suçunun meydana gelmesi, yani suçun maddî unsurunun teşekkülü için de

- Çalınan malın başkasına ait bir mal olması,
- Bu malın taşınabilir olması,
- Sahibinin rızası olmadan alınmış olması,
- Bulunduğu yerden alınıp götürülmüş olması,
- İstifade etmek amacıyla alınmış olması.

gerekir. O hâlde, bilgisayara verilen bilgiler arasında “Suçun maddî unsuru var mı?” sorusunun cevabının da EVET olması için yukarıda sıralanılan 5 soruya EVET cevabının verilmesi, bunların arasında da AND mantıksal ifadesinin olması gerekir. O hâlde yazılım, aynı zamanda delilleri birleştirip takdir edebilecek bir yapıya da sahip olmalıdır.

2.4.5. Biyolojide Robot İnsan Kıyaslaması

Televizyonda “Terminatör“ veya “Sibermanın Kaçışı” dizilerini takip edenler, biyonik kelimesine oldukça aşinadırlar. Bir çeşit robot teknolojisi, kendi kendine çalışan makinelerin imal prensipleri gibi anlaşılacak olan bu deyim bir bilim dalını ifade eder. Robotiğin prensiplerine göre çalışan biyoloji bilim dalı, biyolojik olayların ve yöntemleri, mü-

hendislik problemlerinin çözümlenmesinde kullanılması diye tarif edilir. Biyonik nedir, nereye kadar gitmiştir ve ne vaat etmektedir?

İnsan beynini her türlü hesabın üstündeki azametli kapasitesi bir yana, birtakım başka canlıların nelere muktedir olduklarını hiç düşündünüz mü ?

- Bir çingiraklı yılan 1/1000 derecelik ısı değişikliklerini fark edebilir .
- Bazı balıklar bir litre suya milyarda bir oranında karıştırılacak bir kokulu maddeyi hissetmektedir. Bu, mesela Karadeniz'e 30 gram kokulu madde konması demektir.
- Fareler bazı radyasyonlara duyarlıdır.
- Bir sivrisinek derimizi delmek için iğnesiyle santimetre kareye bir milyon tonluk bir basınç yapar. Tabii bu, sivrisineği iğnesini ucuna isabet ettiği için sadece derimizi delmekle kalır. Sivrisineğin iğnesini deldiği noktaya isabet eden basınç 4 santimetre kareye yaysak, bu yüzeyin santimetre karesine 4 kilo basınç isabet etmiş olur.

Derin deniz balıkları bir amperin yüz milyarda biri kadar bir elektrik akımı değişikliğini fark ederler. Yarasalar radara benzer bir cihazla karanlıkta yollarını bulurlar. Nil nehrinde yaşayan bir çeşit balık elektro manyetik dalgalardan yararlanarak hareketlerini düzenlemektedir.

Biyonik bilimi, biyoloji sistemleri incelemekte onların bu özelliklerini birtakım makineler ve elektronik düzenlerle taklide çalışmaktadır. Bu çalışmalar sırasında birtakım robotlar meydana getirilmekte, bunların bir kısmı araştırma maksadıyla faydalı olmakta, canlı organizmada olup biten bazı olayların bu makinelerle tekrarı ve taklidi suretiyle bu olaylar aydınlatılmaktadır. Bir kısmı gündelik hayatımıza girmekte; uçakları kullanan otomatik pilotlardan tutun, çok daha basit veya komplike işleri görebilen robotlar imal edebilmektedir. Gene bir kısmı çok marifetli oyuncaklar olarak görenlerin hayretlerini toplamaktadır.

Böyle bir marifetli oyuncak, robotik bilgini Grey Walter'in kaplumbağasıdır. Bu kaplumbağa, bir fotosel aracılığı ile devamlı surette etrafında ışık aramakta, ışık kaynağını görünce ona doğru yaklaşmakta; bir süre ışık karşısında kalınca, aldığı gıdadan karnı doymuşçasına, bu defa ışıktan uzaklaşıp karanlık bir yere çekilmekte, besinlerini hazmettiği

zaman ise gene ışık aramaya başlamaktadır. Kaplumbağa etrafındaki engelleri dokununca bu engeli hissetmekte ve engelin, örneğin bir sandalyenin etrafını dolaşarak gene hedefine girmektedir.

Lillie isimli fizyolog, meydana getirdiği sinir lifi yönteminde doymuş nitrik asit içine batırılmış bir demir tel söz konusu idi ve bu tel, sinir lifinin gösterdiği bütün reaksiyonları taklit ediyordu. Bunun daha gelişmiş ve elektronik sistemle çalışan bir başka türünü Grey Walter yapmıştır.

Dikkat edilirse, bu yapılan modellerin ikisi de sinir lifini, yani sinir hücresinin uzantılarını, aksonlarını taklit etmektedir. Bizzat sinir hücresi bundan çok daha komplike bir yapıya sahiptir. Sinir hücresinin çalışmalarını bütünü ile taklit bugün için mümkün olmamakla beraber, bazı özelliklerini gösteren ekonomik modeller teşkil edilebilmiştir. Bu modeller özellikle sinir hücresinin 1 ve 0 tarzındaki ikili çalışmasını, giren bazı enformasyonlar karşısında faaliyetlerini durdurmasını (inhibisyon) ve bazı enformasyonlarla da faaliyete geçmesini (eksitasyon) taklit edebilmektedir.

Robotların, biyonomik ilminin istikbali, aklın hudutlarının çok ötesinde geniştir. Burada, insan eliyle meydana getirilen bu yeni canavarların bir gün gelip insanlara hakim olup olmayacağı sorusu, ister istemez akla gelmektedir.

Sovyetler Birliğinde, Omsk şehri okulunun öğrencileri tarafından yapılan "Sibiryalı-2" isimli robot bir sergide ziyaretçilere rehberlik etmekte, bilet ve kitap satmakta, satılan malların reklamını yapmakta, sonra da yer silip cilalamaktadır.

Bu robot 19 bloktan meydana gelmiştir. Ana bloklar baş, kollar, bacakları kontrol eden ve gövdenin dönmesini sağlayan bloklardır. Sibiryalının en önemli kısmını programlama bölümü ve zaman rölesi teşkil etmektedir. Robot, şehrin elektrik akımından kendisi için gerekli olan elektrik akımını alıp depo etmekte, 27 voltluk bir akımla çalışmakta, koridorları geçerken köşeleri görüp dönmekte, ziyaretçiler karşısında durup banda alınarak içine yerleştirilmiş olan, sergi hakkındaki bilgileri hopperlörü vasıtasıyla söylemektedir. Sağ eli ile cebinden piyango biletle-

rini almakta, alıcıya uzatmakta, alıcı, bileti tutar tutmaz da bileti onun eline bırakarak elini eski hâline getirmektedir.

Bir dilden başka bir dile tercüme yapan robot makineler, bugün iyice geliştirilmiş durumdadır. Yazılı bir metni insan gözü de elemanlarına ayırarak görür. Gözüm retina tabakasındaki ışığa hassas hücrelerin her birini bir fotosel olarak kabul eder.

Konuşan kelimeleri de anlayan robotlar yapılmıştır. Burada da esas, tıpkı ışık kaynaklarının fotosellerle süzülmesi gibi, bir mikrofon önünde söylenen bir sözü, mikrofona gelen sesi, frekans filtrelerinden geçirerek analiz etmek ve elektronik beyinde değerlendirmektir. Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilmiş Brick adlı bir robot 1600 kelimeyi ve rakamları anlayabilmekte ve kendisine emredilen altı muhtelif işi yapabilmektedir.

2.4.6. Siborg, Sibernetlar ve İnsan

Siborg terimiyle, insan-makine ortak hayatının sağlanması insan beyninden çıkan emirlerle çalışan makinelerin imalı kastedilmektedir. Siborg'lardan önce sunî uzuvlarla bu çeşit birtakım çalışmalar yapılmıştır. Nitekim kalbe pil takılması, ameliyat sırasında kan dolaşımının sunî kalple sağlanması, sunî böbrek gibi gerçekten çalışan ve canlı organizma ile bir işbirliği hâline giren makineler imal edilmiştir.

Wiener tarafından Amsterdam Kongresine takdim edilen bir takma kol o zaman için çok şaşılacak bazı işler yapıyordu. Bu kolun kasıcı mekanizmaları, insanın gerçek ve canlı kolunda kendisine tekabül eden kaslara bağlanmakta, böylece o kas kasılınca takma koldaki aynı kasıcı sistem de kasılmak suretiyle sağlam kolun yapabildiği bütün hareketler aynen ve sadakatle taklit edilebilmektedir. Bunu, örneğin bir kolu olmayan bir insana takar ve sağlam kolu ile irtibatlandırarsak iki kol aynı işi birlikte yapacak ve böylece, bir ağırlığın iki tarafından tutulup kaldırılması mümkün olacaktır. Wiener, bu işin takma kolun beyinden gelen emirlerle çalıştırılması olduğunu söylemişti. İşte gerçek anlamıyla Siborg budur. Siborg konusunu kurgu-bilim (science-fiction) yazarları daha ilerlere götürerek, bedenden ayrı yaşatılan bir beynin bir makineye monte edilmesi suretiyle "beyni insan, gövdesi makine" bir canavar yapmayı hayal etmektedirler.

2.4.7. Robotların Çoğalması İnsanları Nasıl Etkiler

Dokuma makinelerinin keşfi ve endüstri devrimi denen devrin başlamasıyla insanları bir korku almıştır. Bu devirlerde İngiltere'de dokuma işçilerinin ayaklandığını, makine dokuma tezgâhlarının kurulmasıyla kendilerinin işsiz ve aç kalma tehlikesine maruz kaldığının iddia ettikleri görülür. Gemilerin küreklerle yürütüldüğü devirleri düşünün. Bir çift kürek ve bir kürekçi ile götürülen bir kayık bir insan gücündedir. Onu iki insan gücünde yapabilmek için o kürekçinin yanına bir kürekçi daha oturtmak ve bir çift kürek daha eklemek gerekir. Atla çekilen araba için de aynı şeydir. Arabanın hızını, çekiş kuvvetini arttırmak için beygirlerin sayısının çoğaltmaktan başka çare yoktur.

İnsan gücü ile yapılan iş arasına giren makine, insanın gücünü yüzlerce binlerce kat büyüttü. Böylece buhar makineleri ile başlayan endüstri devrimi, bugünkü hâlini aldı. Fakat neticede görüldü ki, insanların makinelerden korkmasına sebep bulunmamaktadır. Onların kendi imal ettikleri makine hiçbir zaman insanı işsiz bırakmamış, fabrikaların açılması ve üretimin artması ile de daha da çok işçiye ihtiyaç duyulmuştur. Bugün makinesiz bir dünya düşünülemez.

Robotik insanın düşüncesini çoğaltarak, bir çeşit zeka amplifikatörü meydana getirerek, ikinci endüstri devrimini başardı. Artık birçok hesapları bizim yerimize makineler yapıyor, fabrikalardan toplumlara kadar bir çok alanda makineden bir idareci sınıfı türemektedir.

İkinci endüstri devrimi de beraberinde, birincisi gibi birtakım problemler, endişe ve korkular getirdi. Acaba gelecek robotlar, Siborg'lar dünyaya hakim olacak ve biz makine idarecilerin emri altında birer köle hâline mi geleceğiz? İnsan kendi eliyle meydana getirdiği bu canavarlara eşir mi olacak? soruları gündeme gelebilmektedir.

Bilgisayarlarda satranç programları geliştirilmiştir. Bu satranç yazılımları, kendisini yazan bilgisayarlar dahil, herkesi çabucak yenmektedir. Zira, sürülen bir taşa mukabil hangi taşı süreceğini çok çabuk ve en doğru bir şekilde, bütün ihtimalleri dikkate alarak kararlaştırabilmekte ve oynayabilmektedir. Kendisi programlanırken 1000 oyun öğretilse, 1001 oyun bilen birisi onu her zaman o 1001'nci oyunla yenecektir ve makine bunun farkına bile varmayacaktır. Buradan şu gerçek ortaya çıkmaktadır.

Makine insan eliyle yapılmıştır ve onu aşması mümkün değildir. Makineler de sahiplerinin daima emrinde ve programlarının kontrolünde kalacaklardır.

Pierre de Latil, geçmişin ve geleceğin makinelerini şöyle gözden geçirmektedir:

1. Makinede serbestliğin bulunmaması hâli: Manivelalar, yazı makineleri, hesap cetvelleri abaklar ve bütün klasik makineler.
2. Makinenin meseleyi nasıl hâlledeceğini serbest bulunması hâli: Homeostat gibi geri beslemeli makineler.
3. Makinenin erişmek istediği son gayeyi tespitinde serbest olması hâli: İnsan ve diğer toplumlar.
4. Makinenin kendi organlarını kendisi seçmesi hâli: Gelişme dedikleri organların kullanımına göre zamanla karakter değiştirmesi durumu.
5. Makinenin madde imal etmesi hâli: Bu durum termodinamiğin birinci kanununa her ne kadar aykırı gibi görünürse de, kainatın yaratıldığı anda madde ve enerji toplamının sabit olması ve madde ve enerji arasındaki geçişlerin teorik olarak mümkün olması dikkate alınır. Örneğin atom ve hidrojen bombaları bu cins makinelerden sayılabilir.

Bir makine için aşağıdaki kurallar geçerlidir:

- Makine kendisine önceden verilen bir programın dışına çıkamaz.
- Makine kendi iradesiyle yeni bir şey öğrenemez.
- Makinenin tenkit yeteneği yoktur. Tamamen saçma fakat programına uygun bir problem verilirse, çıkan saçma sonuçlardan hiç rahatsız olmaksızın onu halletmeye çalışır.
- En önemlisi makinelerde soyutlama (tecrit) kabiliyeti yoktur.
- Makinenin bir yenilik getirme veya bir keşif kabiliyeti yoktur.

İnsanların beyinlerinin hudutsuz kabiliyetine karşılık makine sadece kendisine verilen program içinde çalışmakta, ondan öteye gidememekte; fakat bu program içindeki işleri büyük bir dürüstlük ve sadakatle, kısa zamanda yerine getirmektedir. Örneğin bir gramofon plağı veya bir manyetik bandın hafızası, çeşitli şekillerde zayıflayan, dağılan insan hafızasından çok daha sağlam ve devamlıdır. Bir bilgisayar hafızasından çok daha sağlam ve devamlıdır. Bir bilgisayar için bir problemin

1/100000 saniyede çözülmesi ise, o bilgisayarın çok "yavaş" ve çok "tembel" olduğunu simgeler.

Makineler insan tarafından yapılmıştır. Program, onu yapan teknik eleman tarafından belirlenmiştir. O hâlde makine, daima insanlığın hizmetinde kalacak ve gerektiğinde durdurulabilecek, programı değiştirebilecektir.

Araştırma merkezlerinin ve üniversitelerin robotla ilgili birimleri son yıllarda yoğun şekilde insan gibi düşünebilen robotlar yapmak için çalışmaktadırlar. Bugünkü ve yakın gelecekte robotların insan gibi düşünmesi ve karar vermesi imkansız gibi görünmektedir. Asırlar sonra insanoğlunun karşısına bu konuda nasıl bir tablonun çıkacağını bugünden kestirmek çok güçtür. Ancak günümüzde yapay-zekâ konusunda önemli gelişmelerin olduğu da bir gerçektir. Artık bir olay karşısında nasıl davranması gerektiğini ve seçeneklerinin neler olabileceğini düşünebilen robotlar yapılabilmektedir. Yapay-zeka alanındaki gelişmelerin, bir dönem sonra meyvesini vereceği ve insanın, çok az da olsa bazı düşünce kabiliyetlerinin robotlar tarafından da gerçekleştirilebileceği tahmin edilmektedir.

2.4.8. Sorular

Soru 1: Hakimlerin yerini robotlar alabilir mi?

Soru 2: Makinenin verdiği hüküm yeterli midir?

Soru 3: Gözünüzü kapatınız, kolunuzu yana doğru açınız ve parmağınızı burnunuzun ucuna değdiriniz. İnsanoğlunun çok basit olarak yapabildiği bu hareketi aynı basitlikle robota yaptırmak mümkün müdür? Açıklayınız.

Soru 4: Robotlarla insanlar kıyaslandığında neler söylenebilir?

2.5. Robotların Çalışma Alanları

İnsanlar herhangi bir iş ile uğraşırken karşılaştıkları zorlukları icat ettikleri düzeneklerle çözmüşlerdir. İşte robotların bu dürtü ile gelişimi, doruk noktalarına hızla ilerlemektedir. Netice olarak, çağdaş dünyada kabiliyetli cihazların sayısı hızla artmaktadır. Varlıklarının pek de farkında olmadığımız bu cihazlar, hemen her alana nüfuz ederek insanları birçok sıkıcı ve ağır işlerden kurtarmaktadır. Resim 9'da ayakları üzerinde yürütülebilen bir robot görülmektedir.



Resim 9: Ayakları üzerinde yürüyebilen bir robot

Robotlar, otomasyonun ayrılmaz bir ögesidir. Robotların sanayiye girmesi ve üretime katılması, yüksek oranda kaliteyi arttırmıştır. Endüstride kullanılan robotlar daha önceden programlanmış bir seri hareketi hızlı ve hassas bir şekilde yerine getiren mekanizmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Robotun çalıştığı ortamda olabilecek herhangi bir değişiklik robot tarafından algılanmakta ve bu değişikliğin önceden robot programında belirtilmesi gerekmektedir. Ancak sezici sistemlerdeki (sensör sistemleri) son gelişmeler doğrultusunda robotlar ileri teknoloji ürünü kamera ve benzeri sistemlerde donatılarak çalışma ortamı içinde doğabilecek değişikliklere uyum sağlayabilecek sistemler olarak geliştirilmektedir.

2.5.1. Robotların Sanayideki Uygulamaları ve Sonuçları

Robotların en çok kullanıldığı alanlar arasında, otomotiv sanayi üst sıralarda yer alır. Bu sanayide çok sayıda robot görev yapmaktadır.

Robotlardaki teknolojik gelişmenin sağlanması sonucu olarak, başlangıçta otomobil sanayinde nokta kaynağı yapımında yoğunlaşmışken, daha sonra boya işlemi ile birlikte üretime bağlı işlere de girmiştir. Aynı zamanda otomobil sanayicilerinin ihtiyacı olan üretim ve kalite artışı yanında, üretim maliyetinin de düşürülmesinde robotlar çok önemli fonksiyonlar üstlenmişlerdir. Otomobil sanayinde robotlar, daha uzun süreli önemli üretim görevi üstlenecektir.

a. Robotlara Olan Talebi Etkileyen Faktörler

Robotlara olan talebi etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler şunlardır :

1. Üretim Artış İhtiyacı

Rekabet gücünün artırılmasının bir yolu da piyasaya yeterli sayıda ürün sürmektir. Robotlardaki iş hızı kullanılarak, kalite düşürülmeden üretim artırılabilir. Otomobil sanayinde uluslararası rekabette zorlanan uluslararası pazardan tatmin edici pay alma işleminde özellikli sanayilerde lider firmalar ve ülkeler, rekabeti sürdürebilmek için robotları yüksek kalitede üretim yapma yeteneğinden yararlanarak sağlamaktadırlar.

2. İşçi Maliyeti Yüksekliği

Firmalar, karlılığı ve rekabet gücünü elde edebilmek için; her ürün başına toplam maliyeti etkileyici faktörleri gözden geçirmek zorundadır. Birçok firmanın elastik üretime geçmesi direk işçilik maliyetleri ile ücret dışı işçilik maliyetlerinin çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle fazla işçi çalıştırmak yerine, onların birkaçının yapabilecekleri işleri, sadece bir robot ile yapma imkânlarını kullanmaktadırlar.

3. Çalışma Ortamının İyileştirilmesi

İş emniyeti ve çalışma şartlarının iyileştirilmesi yanında, elle yapılan işlerin azaltılması, sağlığa zararlı, kirli ve tehlikeli işler, robot uygulamasına geçişte etki eden önemli etkenlerdendir.

4. Elastik Üretim

Üretim düşüncesi daha elastik üretim için üretim hattı, birçok yeni üretimin kısa hayat süresi özelliği taşıması yanında, müşteri arzu ve is-

teklerinin çabucak değiştiği günümüzde sanayiye çabucak ve kolayca adapte edebilme imkânına sahip robot teknolojisi uygulanmaktadır.

b. Ekonomik Fayda

Aşağıdaki alanlar sanayi robotlarının artan oranda kullanılmasını haklı çıkaran ekonomik fayda ve tasarrufların nedenleri arasında yer almaktadır:

- Girdilerin hassas bir şekilde işlenmesi ve üretim artışı.
- Yüksek kalite talebinin karşılanması.
- İşçi maliyetinde tasarruf, işçi açısından monoton ve sağlığa zararlı işlerde robotların istihdamı.
- Enerji ve malzemenin tasarruf.

Yukarda ifade edilmeye çalışılan faydalı alanlarla aşağıdaki konular yakından ilişkilidir:

- Tam zamanlı yüksek hızdaki işlerde fabrika seviyesinde değişen alet ve donanımın otomatik bir şekilde yerleştirilmesi, her gün üç vardiya olarak çalışan işçilerde aletlerin bozulmasını minimuma indirecek, üretim ve toplam çıktıyı artıracak esas unsur olarak görülmektedir. Sermaye mallarının faydalı bir şekilde kullanılması artı ekonomik fayda olarak düşünülebilir.
- İnsan gücü ile yapılan bir iş yerine robotun istihdam edilmesiyle açıkça artan oranda emniyet ve kesinlik yanında işi ret etme işleme azalmaktadır. Öte yandan net üretimde kesin bir artış olmaktadır.
- Robotların ortalama iki veya üç işçinin yapacağı işi yaparak işçi maliyetlerinde tasarruf sağlaması ve işçinin tehlikeli işler yerine daha güvenli işlerde kullanılmasındaki gerekliliğin en basit ifadesidir.
- Üretim proses ekipmanı ile pazarda daha rekabetçi olduğunu otomotiv sektöründe ispatlamıştır. Temel bilgisayar ile otomotiv sanayinde dizayn, gövde kaynağı ve spreyle boyamada robotun kullanılması müşteriye güven vermektedir.
- Diğer ekonomik etkiler arasında enerji tasarrufu ve malzeme ilişkisi daha da önemlidir. Otomatikleştirilen üretim sisteminde materyallerin talebinin plânlanmasının sağlanması için yarı bitmiş ürünün birleştirilmesinde, çeşitli materyal ilişkisinin optimum stok kontrolü önemlidir.

2.5.2. Robotların Sanayideki Kullanım Alanları

a. Uygulama Alanları

Sanayi robotlarının başlıca uygulama alanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz. **Resim 10**'da sanayide kullanılan tipte iki robot görülmektedir.



Resim 10: Sanayi tipi robotlar

Pres döküm:

Robotlar öncelikle pres döküm sanayinde kullanıldılar. Önemli iki faktör, robotların bu sanayide kullanılmasına neden olmuştur. Birincisi, kalıplama işleminde sıcak metalin dikkatli ve düzenli bir şekilde pres altında kalıplanması işlemidir. İkincisi, robotların döküm işleminde kullanılmasında yardımcı materyali asgariye indirmedir. İnsan sağlığı açısından uygun olmayan çalışma şartlarından olan dökümcülükte robotların kullanılması uygulamayı kolaylaştırır.

Nokta kaynağı:

1969 yılında ilk elektrikli nokta kaynağı sanayi robotlarının başlıca uygulama alanı olan otomobil sanayiinde kullanılmaya başlanmıştır. Bugün otomotiv sanayisinde nokta kaynaklarının hemen hemen tümü robotlarla yapılmaktadır.

Ark kaynağı:

Ark kaynağı işlemi daha kompleks bir işlem gerektirir ve nokta kaynağından daha zordur. Bu işlem için karmaşık robotların kullanılması gerekir. Örneğin hissedebilen bir robotun ark kaynağında görevlendirilmesi gerekir.

Dökümcülük:

Sermaye malı yatırımlarında kompleks ve nitelikli parçaların üretiminde döküm kalıplarının bir araya getirilmesinde kullanılır.

Dövmecilik:

İnsan sağlığı açısından tehlikeli olan elle yapılan sıcak işlemcilik yerine robot kullanılmaktadır.

Presleme:

Otomobil parçası, kaportası, uçaklar ve sanayi içinde birçok işleminde pres kullanılmaktadır. Yapılan presleme işlemlerinde robot istihdam edilmektedir.

Yüzey işleme ve spreyleme:

İnsan sağlığına birinci derecede zararlı, püskürtme ile boyama işleminde özellikle otomobil sanayiinde kullanılır. Diğer sahada beyaz eşyada mobilya ve marangozluk sanayiinde boyama, cilalama ve porselen gibi malzemelerin yüzey düzenlemesi işlemlerinde kullanılır.

Plastik kalıplama:

Robotlar palet, yükleme, boşaltma, ayarlama, püskürtme makinelerinde malzemelerin boşaltılmasında kullanılmaktadır. Ekonomik bir yerleştirmede temel felsefe, işçiden ve zamandan tasarruf yanında üretimin artırılmasıdır. Kötü çalışma şartlarında yerleştirme işleminde uyarıcı bir faktör olarak da kullanılmaktadır.

Takım tezgâhları yüklenmesinde:

Robotlar takım tezgâhları depolarında artan önemde rol oynamaktadır. Takım tezgâhları yanında parka kaldırma, yerleştirme, yerini değiştirme vb. birçok yerde kullanılmaktadır.

Paketleme işinde:

Sanayi robotları ticarî, dağıtımda ve üretimde özellikle paketlemede yararlı bir şekilde kullanılmaktadır.

Montaj hattı uygulamasında:

Robotlar montaj hattında, aletlerde, makine mühendisliğinde, otomobil elektrik malzemesinde, elektrik ve elektronik makinelerinin imalâtında kullanılmaktadır.

b. İş Emniyeti ve Çalışma Şartları

Robot uygulamasında operatör; tehlikeli kimyasallar ağır metaller ve makineler ile doğrudan daha az kontak kurmak durumundadır. Robotlar tehlikeli üretim işlemlerinin işçilerin vasıtasıyla yapılmasını ortadan kaldırdığı gibi, üretim işlemlerinin tamamlanmasında bilgisayara bağlı olarak işlemleri yürütmektedir.

c. İstihdam Etkileri

Teknolojik gelişmeler rekabetin artmasına yardımcı bir etken olarak görünürken, diğer bir yandan makinelerin işçilerin yerini alacağı ve işsizliğe sebebiyet vereceği endişesi taşınmaktadır. Diğer taraftan kendi yaşama imkânlarını kendilerinin yaptıkları bir makineye terk etmek mecburiyetinde kalan insanların karşılaştığı güvensizlik duygusu, çok ciddi bir sosyal problem olarak ortaya çıkarabilir. Ancak unutulmamalıdır ki, robotlar sanayiye girdikçe daha yeni iş imkanlarının doğmasına da vesile olacaktır.

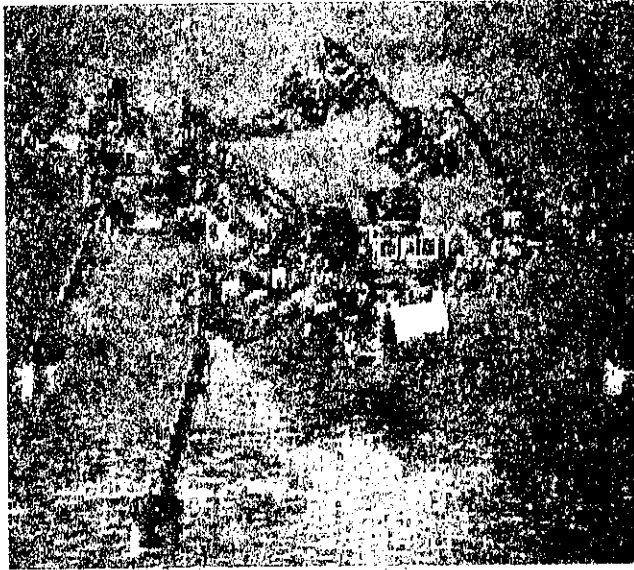
2.5.3. Yeni Nesil Robotlar

Yapay zekâ çalışmalarının hedeflerinden biri, robotları daha işlevsel ve becerikli bir hâle getirmektir. Fakat çok daha basit sistemlerden

yola çıkan Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) bilim adamlarından Rodney Brooks, "Atilla" adını verdiği böceğe benzeyen robotu icat etti. Atilla'nın, boyutlarına göre dünyanın en karmaşık robotu olduğu söylenmektedir (**Resim 11**).

Atilla üzerinde, 23 motor 10 mikroişlemci ve 150 adet algılayıcı bulunmaktadır. Her bacak 3 bağımsız hareket yapabilmektedir. Bu sayede Atilla engellerin üzerine tırmanabilmekte, dik inişler yapabilmekte ve tutunarak 25 cm yüksekliğe kendisini çıkabilmektedir.

Atilla önüne çıkan bir tuğlayı aşmak için şöyle bir yol takip etmektedir. Alıcı antenlerden birinin tuğlaya çarpması "Ön ayağını kaldır." komutunu doğrulamaktadır. Eğer, ayak serbest hareket edemiyorsa bu kez dizdeki bir başka alıcı bunu hissetmekte ve bu, "Daha yükseğe kaldır." emrini vermektedir. Eğer ayak tuğlanın üzerine erişmişse bu defa da "İleri git" komutunu doğrulamakta ve Atilla kendini yukarıya doğru çekmeye başlamaktadır. Bunu yaparken, bacaklarındaki alıcılar ağırlıktaki değişimi fark etmekte ve "Eklemleri döndür" fonksiyonunu harekete geçirmektedir. Atilla'nın bacakları yere dik oluncaya dek yuvalarında kaymakta ve böylece tuğlanın üzerine tırmanırken robotun arkaya devrilmesini engellenmektedir. Buna benzer bir seri hareket Atilla'yı, engelin diğer tarafına indirmektedir.

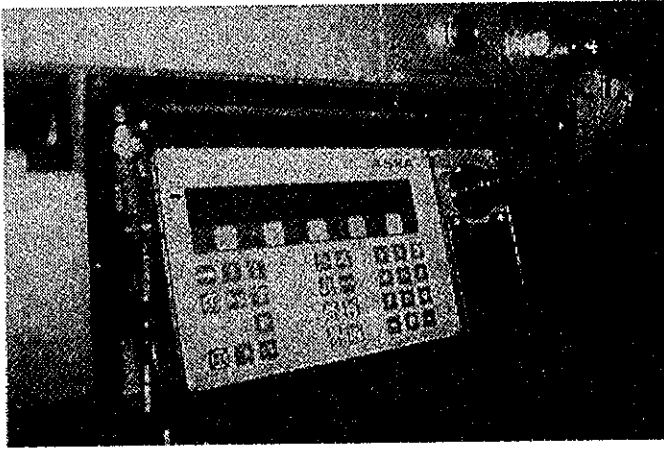


Resim 11: Atilla isimli robot

Atilla'da teorik olarak, her davranış kendi mikroişlemcisinde bağımsız bir program olarak çalışmaktadır. Atilla'nın işlevlerindeki özelliklerinden dolayı birçok alanda kullanılabilir. Örneğin üzerine kamera yerleştirilerek keşif amacıyla insanların ulaşamayacakları tehlikeli yerlere gönderilebilir.

2.5.4. Teleoperatörler

Tamamen bağımsız robotlara kavuşuncaya kadar, uzaktan insanlar tarafından yönetilen makineler, tehlikeli alanlarda ve erişilmez mesafelerde kullanılacak en güvenilir araçlardır. Örneğin bir radyasyon sahasında, okyanusların derinliklerinde ya da bir savaş alanında, insanlar yerine uzaktan yönetilen robotlar kullanılabilir. Uzaktan müdahale amacıyla teleoperatörler geliştirilmiştir. Teleoperatörler, bir kişi tarafından uzaktan kumanda edilebilen aygıtlardır (Resim 12). Bu tür araçlar, uzakta emin bir yerde bulunan bir operatörün algı ve kararlarına uygun olarak işlev görürler.



Resim 12: Teleoperatör

Çalışma sahası, ister yandaki bir odada isterse başka bir gezegende olsun, bir teleoperatörün en büyük yararı, kullanıcıya başka herhangi bir araçla erişemeyeceği yerlerde çalışma imkanı sağlamasıdır. Robotlardan farklı olan yanları, bu araçların, bir bilgisayardan çok, bir insanın zekâ, algı ve motor kabiliyetleri ile kontrol ediliyor olmasıdır. Bu noktada teleoperasyon, yapılacak işle ilgili bilgilerin iki taraflı aktarımlardan

ibarettir. Böyle bir makineyi kullanan operatör, devamlı olarak teleoperatörün çalışma sahasını gözlerken, makineye yapacağı işlere dair gerekli komutları da gönderir. Teleoperatörlerin en büyük özelliklerinden biri, kullanıcıda çalışma sahasında olduğu duygusunu uyandırmasıdır.

2.5.5. CNC ve Robotlar

Bilgisayarlı Sayısal Denetim (CNC) diye adlandırılan makineler, sanayide genelde takım tezgâhlarında görülür. İlk mikroişlemcilerin üretilmesini takip eden birkaç yıl içinde CNC'ler geliştirildi. Bu adım, üretim alanındaki en büyük devrimlerden biriydi. CNC'lerin geliştirilmesi birden fazla NC (Numerical Control) makinenin aynı anda daha kolay denetlenebileceği anlamını taşıyordu.

Yarı iletken teknolojisine bağlı olarak CNC'lerin işlem yapabilme hacmi ve çalışma hızları oldukça arttı. Ayrıca yarı iletken teknolojisinin önemli bir diğer katkısı, algılayıcıların geliştirilmesi oldu. Hemen hemen ilk CNC'lerden beri kullanılan algılayıcılar tam anlamıyla üretimin gözü kulağı oldu. CNC tezgâhları programına göre bir metalin birçok şekle sokulmasında ya da farklı şekildeki parçaların kesilmesinde kullanılabilir. Daha küçük parçaları düşünecek olursak, PLC'ler uygun programlarla yüzlerce rölenin yapacağı işi, çok daha az yer kaplayarak gerçekleştirebilmektedir. Yüzde olarak eski yöntemlerle yapılan talaşlı üretimde hata oranı çok yüksek iken, CNC ile yapılan talaşlı üretimde hata payı binde bir oranındadır.

2.5.6. Mikrorobotlar

Adından da anlaşılacağı gibi serinin en küçük boyutlu üyesidir. Alüminyum levhalardan oluşan bir gövdesi vardır. Tekerlek görevini, makaralar üstlenmiştir. Kablo kumandalı ya da uzaktan kumandalı olarak gerçekleştirilebilir. Boyutları 12x12x12 cm'dir. Radyo kumandalı olarak kullanılmak istendiğinde kontrol modüllerini ve bataryaları yerleştirmek için baş bölümü eklenebilir. Baş engel tanyıcı gözleri yerleştirmek için de uygun bir yer oluşturur (Resim 13).

Robot kedi, diye adlandırılan küçük bir robot yapılmıştır. Bu robot etrafta dolaşip engellerden sakınarak yolunu bulabilmektedir. Işık, ısı ve hareketi algılayabilmekte ve program içerisine yerleştirilecek sözcükleri söyleyebilmektedir. Gövde yapısı küçük ve hafif olduğundan normal

bataryalarla uzun süre aktif kalabilir. Eksen dönüş kontrol diskli sistemini kullanarak belirlenmiş rotalarda dolaşması sağlanır.

Sanayi ihtiyaçlarına bağlı olarak, mikro düzeyde robotlar yapılmaktadır. Bu robotlar istihdam edilecekleri alanlara uygun bir yapıda imal edilmekte ve kullanılmaktadır. Bu tür robotlarda kullanılan parçalar, lego diye adlandırılan oyuncak sanayinde kullanılan tiptedir.

Küçük lego parçalar, genellikle plâstik malzemelerden imal edilir. Bu plâstik malzemeler, biri birine geçirilerek monte edilir. Kitabın son bölümlerinde üzerinde durulacak konular arasında eğitim amaçlı robotlar da bulunmaktadır. Eğitim amaçlı robotların özellikleri, parçalarının çok küçük olmasıdır. Bu parçalar arasında dişliler, mıknatıs, raylar, paneller, LED'ler, NTC'ler, ışık kaynakları, anahtarlar vb. birçok değişik hazır malzeme yer alır. Bu malzemelerin uygun montajı sonucunda, birçok değişik amaçlı otomasyon sistemleri kurulabilmekte ve bilgisayarla kontrolü sağlanabilmektedir.



Resim 13: Elma tutan bir mikrorobot

2.5.7. Robotların Gelecekteki Yeri

Gelecekte robotların yaşantımıza gireceklerini bugünkü bazı prototipleri ile haber veren robotlar bilim kurgu yazarları için vazgeçilmez unsurlardan biridir. Gelişen bilimin ilerleyen teknolojinin tek düşü kusursuz robotlar üretmek değildir. Makineler, insan için her türlü konforu,

kolaylığı sağladığı gibi; onun fiziksel özelliklerini de geliştirebilir. Bilim kurgu yazarlarına göre hiçbir makine insanın yerini tutamaz. Bir zamanlar televizyonlarda gösterilen “altı milyon dolarlık adam” ya da “biyonik kadın” gibi dizi filimler buna örnektir. Sonradan bu kahramanlar, “androit” ya da “terminatör” gibi isimlerle karşımıza çıkmışlardır. Bunu insanın gelişmeye duyduğu bir özlem olarak niteleyebiliriz. Bu gelişme, zihinsel ve bedensel olarak bilime, teknolojiye bağlı ve onu özleyen gelişmelerdir. Bilim kurgu iyi niyetli bilim adamlarının elinde yararlı olan bilimin kötü niyetli ellere geçtiğinde son derece tehlikeli olabileceği konusunda bizleri uyarmaktadır. **Resim 14**'de bilim kurgu filmlerinde rastlanan ve yapısını değiştirebilen bir robot resmi görülmektedir.



Resim 14: Değişebilen robotlar

2.5.8. Sorular

Soru 1: Robotların üretime katılmalarının faydalarını açıklayınız.

Soru 2: Robotlar sanayide en çok hangi alanda kullanılır.

Soru 3: Atilla isimli robotun özelliklerini sayınız.

Soru 4: Robotların gelecekteki yeri hakkında düşüncelerinizi açıklayınız.

3. ÜNİTE: ROBOTLARDA EKSENLER

3.1. Endüstriyel Robotların Tasarımı

Bir tasarımcı, tasarım görevini yerine getirirken, belli başlı üç etkinlikte bulunur. Bunlar; hayal gücü, karar verme ve modellemedir.

Hayal gücü, sanılabileceği gibi tümüyle doğuştan sahip olunan bir yetenek değildir. Tasarımcıda hayal gücü doğal yeteneğe olduğu kadar bilgi birikimi, eğitim ve deneyime dayanır. Ayrıca tasarımcılık geliştirebilir bir yetenektir.

Karar verme süreci ise, tasarım alanında bütünüyle kendine özgü biçimde gelişir. Tasarımcılar için, zaman kısıtlı ve değerlidir. Bu yüzden tasarımcı, seçenekler arasında bir karar verme durumunda kaldığında, çoğunlukla uzun matematiksel çözümlere girişmez. Bu gibi durumlarda tasarımcılık sezgilerini ve deneyimlerini devreye sokar.

Tasarım sürecinin en sonunda ise tasarımın ürününe, çoğunlukla da bir model veya prototip ürüne ulaşılır. Elde edilen bu tasarım ürünün değerlendirilmesinde tek kriter, makinenin çalışıyor olması değildir. Arazının işlevini ne kadar hızlı gerçekleştirdiği, ne kadar ağırlık taşıyabildiği, enerji tüketimi ve verimliliği, değerlendirilmesi gereken önemli unsurlardır. Tüm bu teknik değerlendirmelerden sonra ise, ürünün yapım niteliği, estetik, özgünlük gibi kriterler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Tasarımcı, robot dizaynına başlamadan önce, müşteriden ayrıntılarıyla robotun yapacağı hizmet hakkında bilgi almalıdır. Ayrıca müşteriden robottan beklentileri öğrenilir. Yani müşteri, robotun ne gibi özelliklere sahip olmasını istediğini tasarımcıya bildirmelidir. Tasarımcının tasarım işlemine başlarken yapacağı işlemler şunlardır:

- Robotun çalışacağı alan saptanmalı ve öncelikle görev yapacağı iş sahasının özellikleri ortaya konulmalıdır. Robot çalıştığı yerde ne gibi işlemler yapacaktır. Buna göre robotun ünite parçalarının listesi çıkarılır ve bu parçalar tasarlanır. Ayrıca bu parçaların işletim özellikleri, cinsi, çalışma hızı, manevra kabiliyetleri incelenir.

- İkinci olarak robotun ebatları, manevraları, parçaları, robotun fiziksel özellikleri ve kendine has özellikleri tasarlanır.
- Robotun istenilen performans özellikleri, örneğin robotun çalışma devri ve hareketlerinin hızı belirlenir.
- Robotu tasarlariken üretim metodunun esas mahiyeti, yani; robotun kullanılacağı mekân, kaldırma kuvveti, çalıştığı merkez sayısı belirlenir.
- Müşterinin istediği özel ayrıntılar tasarlanır, robotun performans parametreleri, robotun fiziksel ve teknik yapısındaki ayrıntılar belirlenir.
- Robotun çalışacağı ortamın durumu; ortamın sıcaklığı, nemi, basıncı, robotun çalıştığı çevrenin toz ve gaz yoğunluğu, yıpratıcılık özelliği ve radyoaktivite durumu, sallanma derecesi, vuruş gücü, robotun çalıştığı merkezin güvenliği, robotun tamiri, kurulması ve çalışanların teknik bilgileri göz önünde bulundurulmalıdır.
- Robotun teknik ve ekonomik özellikleri indekslerden ve kataloglardan incelenir.
- Bütün bunlardan sonra tasarlanan robotun, piyasalardaki benzerleriyle karşılaştırması ve müşterinin özel isteklerine uygun olup olmadığının kontrol edilmesi gerekir.

3.1.1. Temel Tasarım Hesapları ve Performans Özellikleri

Yeni tasarlanan robotun yük kapasitesini belirlemek için, benzerlerinden birinin katalog bilgileri tercih edilir. Robot kullanım kılavuzunda yazan yük kapasitesinin en az %10 daha fazlasını taşıyabilmelidir.

Robotun büyüklüğü, şekli, plânı çalıştığı alana uygun olmalıdır. Ayrıca robotun çalıştığı yerde tam bir servis imkânı olmalıdır.

Robotun ihtiyaç duyabileceği eksen sayısı, ya da serbest hareket dereceleri, büyük oranda robotun yapacağı işe, hareket edebilme serbestliğine, çalıştığı alana bağlıdır. Seçilen blok diyagramı;

$$N = N_f + N_{gr} + N_{gl}$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Buradaki simgelerin anlamları aşağıda verilmiştir.

- N = Toplam serbest hareketlerin sayısı.
 Nf = Kolun yönlendirici ya da yerel hareketleri (robot olduğu yerde sabittir).
 Ngr = Kolun kaba (eklem) hareketleri.
 Ngl = Genel hareketler (robot bir işi bitirip diğerine başlarken sergilediği hareketler).

Robot için sağlanan hareket kabiliyeti, yapacağı işe bağlıdır. Robotların hareketlerini seçerken dikkate alınacak bazı temel noktalar **Tablo 2'**de verilmiştir.

Faktörler	Nf	Ngr	Ngl
• Cisimlerin pozisyonunun değiştirilmesi, çevrilmesi...	+		
• Bir cismi yüklerken, indirirken özel bir yönlendirme yapılması	+		
• Bir parçayı sabitleştirme ya da bunun gibi temel hareketleri içermesi	+	+	
• Biçim, büyüklük, çalışma alanının plânı		+	
• Çalışma yerinin ve çalışma birimlerinin plânlanması.		+	+
• Robot koordinat sistemi ve fonksiyon blok diyagramı içermesi	+	+	+
• Uç alıcıların otomatik yerleştirilmesi ve parça veya alanların temizliği.	+	+	+

Tablo 2: Robotların hareketleri seçilirken dikkat edilecek bazı temel noktalar.

Bir üretici robotun eklemlerinin sayısının fazla olması, onun bazı üretim işlemleri yapabilmesi için tasarlanır. Bir robot kolu, bazen iki, dört veya daha fazla Nf'ye (yerel harekete) sahip olabilmektedir. Bu sayıların seçiminde etkileyici faktörler: kol uç alıcılarının ya da araçlarının otomatik hareketleridir.

Bir robot hantal kol hareketleri (Ngr) için 3 veya bazen daha çok serbest hareket eksenine ihtiyaç duyabilir.

Hareketli ve iz süren bir robot genel olarak (Ngl) 2 veya daha az serbest hareket eksenine sahip olabilir. Analizler göstermiştir ki, üretim robotları (MRs) ve universal robotlar (URs) 5 – 8 serbest hareket eksenlerine ihtiyaç duyarlar.

Bir robotun hareket eksenleri belirlenirken aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulur:

- Robotun hizmet amacı.
- Robotun şekli.
- Robotun büyüklüğü.
- Robotun çalışma alanının planı.
- Robotun çalışma bölüm sayısı vs.

500 değişik endüstriyel robot üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda, endüstride en fazla silindirik eksene sahip robotların kullanıldığı görülmüştür. Tablo 3'de eksenlere bağlı olarak bu 500 endüstri robotunun yüzde olarak dağılımı verilmiştir.

Eksen Türü	%	Eksen Türü	%
Açısal düzlem eksen	11	Küp eksen	
Kutupsal eksen	2	Silindirik eksen	57
Küresel eksen	11	Açısal Silindir eksen	10
Açısal küre eksen	2		

Tablo 3: Endüstriyel robotlarda karşılaşılan eksen türleri

Robot, bir makine parçasını yüklemek ya da indirmek için iki hareket eksenine ihtiyaç duyar. Yani $N = N_{gr} = 2$ 'dir. Eğer sabit bir makineye bir parça takmak için bağımsız bir eklem isteniyorsa, o zaman $N = N_{gr} + N_f = 2 + 1$ olacaktır. Eğer bu parça tekrar kaldırılmak isteniyorsa $N_f > 1$ olmalıdır. Robot bir makine grubuna hizmet veriyorsa $N_{gr} = 3$, $N_{gl} = 1$, toplam $N = 6$ hareket eksenine eder.

Genellikle, kollarda (farklı fonksiyon istenmiyorsa) 3 eklem bulunur. Kol seçimi, robotun çalışacağı koordinat sistemine bağlı olarak

saptanır. Robotun hareketi için kutupsal koordinat sisteminde kol, bir parçayı yerleştirmek için üç değişkene bağlı hareket eder. Kartezyen koordinat sisteminde $N = N_{gr} + N_f = 2 + (0 \text{ veya } 1)$ hareket eksenini olabilir. Geniş alanda hareket için kol eklemlerinin seçimi, robotun şekline, ağırlığına, çalışacağı iş çevresine ve gidebileceği diğer platformlara bağlıdır.

Robotun çalışması için seçilen koordinat sistemi ve tasarlanan çalışma blok diyagramı seçilirken eklemlerin en aza indirme prensibi göz önüne alınır. Eklem azaltmak için robotun bir hareketi ve farklı eksenlerdeki hareketleri ortak yapmış olması gerekir. Örneğin bir ray üzerinde hareket eden taşıyıcı robot, bu sırada birkaç hassas ve kaba hareket de yapılabilir. Üzerinde çalışılan nesnenin yörüngesi az sayıda birkaç eksen hareketiyle bulunabilmelidir. Eksenlerle ilgili seçim, aşağıdaki kriterlere göre yapılmalıdır:

- Çalışma alanı robota uygun mu?
- Çalışma sahası iyi plânlanmış mı?
- Parçanın robota sunulmuş şekli uygun mu?
- Robot parçayı havada tutarken onu döndürecek mi?

En az hareket sayısı seçilerek robot hareketleri basitleştirilebilir. Robot nesnenin her tarafına kolayca ulaşabilmelidir. Bir robotun polar ya da kartezyen koordinatlarda yaptığı kol hareketlerinin miktarı, çalışacağı cismin kapladığı yer ile orantılıdır. Çok eklemlili bir robotun açısız (polar ya da kartezyen) sistemde yaptığı hareketler, robotun uzuvlarının hareket miktarına, iki uzvun birbiri ile olan ilişkisine ve her uzvun yaptığı açısız hareketlere bağlıdır.

3.1.2. Robot Sürücülerinin Tasarımı

Robot sürücülerini motorlardan iletim mekanizmalarından, sensörlerden gelen sinyalleri karar merkezlerine ileten yükseltici ve çevirici devrelerden, çevre birimlerinden ve kontrol sinyali üretici gibi bölümlerden oluşur. Sürücü seçiminde güç, hareket biçimi, kontrol yöntemi, uyumluluk, üretim işleminin tipi, yangına karşı korunma ve dış etkenlerden koruma gibi faktörler göz önünde bulundurulur. Seçim, ayrıca 3 türlü sürücü arasında da yapılır:

- Elektrik devrelerden oluşmuş tam bir sürücü,
- Robot kollarına takılmış hareketlendiriciler,

- İki sistemi ortak kullanan sürücüler.

Robotun kontrol sistemi tasarlanırken ya piyasadaki bir sistem seçilir ya da yapılacak hizmete uygun bir sistem tasarlanır. Burada temel faktörler şunlardır:

- Çevre birimleri konumlandırma mekânizmaları,
- Çevreye veri iletimi,
- Kontrol eksenlerinin sayısı,
- Hafıza kapasitesidir.

Robotun hizmet durumuna, robot fonksiyonlarına ve güvenlik şartlarına bağlı olarak sürücü tipi, kontrol şekli ve veri işlemeye ait bilgiler seçilir. Tasarım işinde birkaç önemli nokta vardır:

- a. Bir robotun fonksiyonel blok diyagramını analiz etmek,
- b. Sürücü yerleşim plânının belirlenmesi,
- c. Sürücüde kullanılacak sistem,
- d. Hareketin her eksenini için kullanılan hareket motorları,
- e. Hareket dizisinin belirlenmesi,
- f. İletim mekânizması ve elamanları.

Robotun kinematik analizi diferansiyel dişli yöntemine dayanır. Tasarımcı, iletim oranlarına karar verir. Bağımsız organlar arasındaki hareket ilişkisini açıklar. Bağımsız sürücülerin operasyonlarda yapacakları ortak işleri ayarlar. Robotun uç noktalarının çalışma hızını hesaplar. Uygulanan her kuvvetin, her bağlantı noktasına yaptığı etki hesaplanır. Robotun üzerinde çalışacağı malzemeye uygulayacağı kuvvet bulunur. Tezgâh ile sürücü arasında sistemi moment olarak dengede tutacak sürücü bağlantıları yapılır. Bir eşitlik ortaya çıkar:

$$P_i = Q_i + P_{gi} + P_{li}$$

Burada;

Q_i = Dış kuvvetler,

P_{gi} = Yer çekiminden doğan kuvvet,

P_{li} = Mekanizmanın hareketinden doğan kuvveti

simgelemektedir.

Bu kuvvetlerin hepsi sonuçta dış kuvvet gibi düşünülür ve statik denge yasasından bütün robot sisteminin dengesi için toplam $P = 0$ ve toplam $M = 0$ olmalıdır. Bunun sonucunda sürücü motorunun miline düşen statik kuvvetler bulunur ve fazladan harcanacak kuvvet hesaplanır. Bir robotun kinematik hareket dizileri, ona istenilen noktalara hassas şekilde gitmesine imkân vermelidir. Bir hareket diğerine etkide bulunmamalı, beklenmedik dış kuvvetlerin etkisinden robotu arındırmalı, dış bağlantıları ayarlayarak sürücü motorlarının vereceği gücü dengelemelidir. Farklı kinematik hareket dizilerinin birbirine olan etkilerini önlemek için her hareket için birebir eşitlik kurulmalıdır.

Robot sistemlerinde farklı dengeleyiciler kullanılır. Bunlar üçe ayrılır:

- Yaylı dengeleyiciler,
- Ağırlık dengeleyiciler,
- Hidrolik ve hava silindirleridir.

Elektrikle çalışan bir sürücü, aşağıdaki maddelere göre seçilir:

- Başlangıçta istenilen dinamik özellikler (çalışmaya başlamada),
- Çalışma hızı,
- Yüklenme değişimleri,
- Hız ayarlama işleri,
- İstenilen çalışma devrinin mekanik karakteristiği ve çalışmanın dengesi,
- Sürücü mekanizmasının anahtarlama oranı.

Bir DC motor seçerken aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir:

- İletim mekanizmasının dönme açısı,
- Kolun maksimum dönme hareketi,
- İşlem zamanı.

Endüstriyel robotların sürme devreleri iki moddan oluşur:

- Kısa zamanlı operasyon modu

- Kesilmeli (fasıllı) operasyon modu

Birinci modda motorun ısısı, gücü düşürücü bir faktör olmaz. İkinci modda ise ısı kaybı olduğundan, motor fazla devirde çalıştırılmamalıdır.

Robot mekânizmalarında hareketlendiriciler çıkış milini asgari değerde çalıştırmak için seçilirler. Karışık havalı veya hidrolik sürücülerde, havalı silindirler, hareketlere hız ve öteleme kazandırmak için kullanılır, fakat robot sistemlerinde kısıtlı kullanım alanları vardır. Karışık hidro-pnömatik sürücülerde, hidrolik sürücüler hareketlendirici olarak kullanılırlar. Bu modellerde pnömatik sistem, hidrolik sistemin vereceği (pompa ünitesinin) basıncı sağlar.

3.1.3. Güç Analizi

Robot hareketlerinde göze çarpan ilk özellikler; yüksek hız, robot mekânizmasının çabuk yüklenmesi, çok fazla frekans ile iş yapma bir çevrimde bir elemanın farklı işler yapmasıdır. Robotların ağırlıklarından doğan güç kayıpları, onları mümkün olduğu kadar hafifletme çabası içine götürmüştür. Robotların hareket sahalarının genişletilmesi, iletim mekânizmalarının geliştirilmesi ve doğru sürüm teknikleri ile robot teknolojisi oldukça ilerlemiştir. Bu özellikler daha da geliştirilmektedir.

Bir robotun mekanik sistemlerinin güç analizi;

- Maksimum yüklemde bütün yapıların baskıya alınması,
- Robotun bütün elemanlarının farklı işlerle yüklendiklerinde dayanıklılıkları (farklı iş yapabilmeleri),
- Acil bir durumda ya da hatada parçaların dayanabileceği son noktalar,
- Robotun mekanik parçalarını oluşturan yapıların sertliği,
- Yükleme ve taşıma elemanlarının sallanmaya dayanması. Özellikle en son noktanın (kolun uç noktasının) dayanımı ve aniden değişen farklı yüklemelere dayanması,
- Sabit bir robot olarak hareketsiz dayanma kuvveti,
- Parmakların operasyonlarda sağlamlığı ve aşırı yüklemelerdeki sağlamlık.

3.1.4. Sorular

Soru 1: Elektrikle çalışan bir sürücü nasıl seçilir? Maddeler halinde yazınız.

Soru 2: Kaç çeşit denge mekanizması vardır? Açıklayınız.

Soru 3: Robotun kontrol sistemi tasarlanırken dikkat edilecek faktörleri yazınız.

Soru 4: Nf nedir? Açıklayınız.

Soru 5: Robotun organlarının çalışma hızı nelere bağlıdır?

3.2. Eksenlerin Tanımı ve Hareket Biçimleri

Eksenlerin tanımı ve hareket biçimlerine geçmeden önce, skaler ve vektörel büyüklükler hakkında bazı kısa bilgilerin verilmesi gerekmektedir. Uzunluk, alan, hacim, zaman, ısı, yoğunluk, kütle elektriksel yük gibi fizik, mekanik ve matematiğin çeşitli dallarında çeşitli büyüklükler tanımlanır. Örneğin; uzunluk, alan, hacim sadece pozitif bir sayı ile ifade edilebilir. Bu tür büyüklüklere skaler büyüklükler denilmektedir. Bunun dışında kuvvet, hız, ivme gibi büyüklükler de vardır. Bunların tek bir sayı ile gösterilmesine imkan yoktur. Örneğin, bir kuvveti göz önüne alırsak, gerçi bunun şiddetini bir sayı ile gösterebiliriz, fakat verilen kuvveti belirtemeyiz. Çünkü kuvvetin, doğrultusu ve yönü de vardır. Bu türlü büyüklükleri temsil etmek için yeni bir takım büyüklükler tanımlamamız gerekir ki, vektörel büyüklüklerin kullanılması bu ihtiyacın bir sonucudur.

3.2.1. Eksen Nedir?

Bir doğru üzerinde birbirine zıt iki yönde hareket edilebilir. Bu yönleri birbirinden ayırt edebilmek için birine pozitif, diğerine negatif yön denir. İşte, üzerinde bir yön tayin edilmiş doğruya “**eksen**” denir. Eksenlerin pozitif yönleri üzerine konmuş bir okla veya doğruya paralel bir okla belirtilir (Şekil 13).



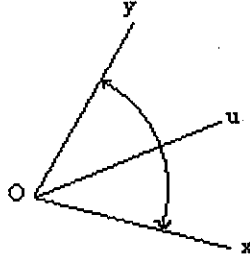
Şekil 13: Eksenlerin pozitif yönlerinin gösterilişi

Böylece aynı yöndeki paralel doğruları tek bir okla belirtmek mümkündür. Fakat başka, başka yönlerde olunca bunu belirtmek için ayrı ayrı oklar kullanmamız gerekir. Paralel olmayan eksenler için de ayrı oklar kullanılır.

3.2.2. Yöneltilmiş Düzlem

Bir düzlemin ox ve oy gibi iki yarım doğrusu verilmiş olsun. $xoy < 180^\circ$ olmak üzere xoy açısını göz önüne alalım. Bir ou yarım doğru-
su açığı iki türlü tarayabilir. Birisi ox 'den oy 'e doğru, diğeri oy 'den ox 'e

doğru, bu iki dönme yönü birbirine zıttır. Bu yönleri birbirinden ayırt etmek için, pozitif ve negatif yön kavramı kullanılır. Genel olarak saat yelkovanının dönme yönünün tersi pozitif yön olarak alınır. Böylece üzerindeki açılar için belirli bir pozitif dönme yönü tayin edilmiş düzleme **yöneltmiş düzlem** denir (Şekil 14).



Şekil 14: Yöneltmiş düzlem

3.2.3. Eksen Üzerindeki Bir Vektörün Cebirsel Değeri

Bir eksen üzerinde alınan her AB vektörüne, bir cebirsel sayı tekbül ettirebiliriz. Şöyle ki, bu cebirsel sayının mutlak değeri verilen vektörün modülünü gösteren sayı, işareti de vektörün yönü eksenle aynı yönde ise pozitif, ters yönde ise negatif alınacaktır.

Eksen üzerinde alınan AB vektörünün cebirsel değerini sadece AB ile gösterirsek,

$$AB + BA = 0 \Leftrightarrow AB = -BA$$

yazılabilir.

Chasles Bağıntısı: Bir eksen üzerinde A, B, C gibi herhangi üç nokta alırsak, bu noktaların sırası ne olursa olsun

$$AB + BC + CA = 0 \Leftrightarrow AB + BC = AC$$

dir.

3.2.4. Bir Eksen Üzerindeki Noktaların Gösterilmesi

Verilen bir eksen üzerinde bir 0 başlangıç noktası seçtiğimize göre, her noktaya bir cebirsel sayı ve her sayıya da bu eksen üzerinde bir nokta karşılık gelir. Şöyle ki, eksen üzerinde alınan her A noktasına $=A$ vektörü karşılık gelir. İşte $0A$ 'nın a cebirsel değeri. A noktasına karşılık gelen sayıyı gösterir. Karşıt olarak da bir cebirsel sayı verilmiş olsun. Bu cebirsel sayı pozitif veya negatif olduğuna göre, eksen üzerinde 0 dan itibaren eksenin pozitif veya negatif yönünde seçilen birim uzunluğuna göre verilen sayının gösterdiği uzunluk kadar alırsak, bulacağımız nokta verilen sayıya karşılık gelen noktadır. Eksen doğrultusunda alınan birim vektör u ise A 'ya eksen üzerinde karşılık gelen cebirsel sayı a olduğuna göre:

$$0A = a.u$$

olarak gösterilir.

Bir eksen üzerinde A noktasına karşılık gelen cebirsel sayıya A'nın **apsisi** denir. Eksen üzerinde alınan A ve B noktalarının apsisleri a ve b ise, AB vektörünün bu eksen üzerindeki cebirsel değeri X olduğuna göre :

$$X = b - a$$

dır. Çünkü Chasles bağıntısına göre

$$0A + AB = 0B \Rightarrow AB = 0B - 0A$$

olup, bunların cebirsel değerleri ise

$$AB = 0B - 0A \Rightarrow X = b - a$$

dır.

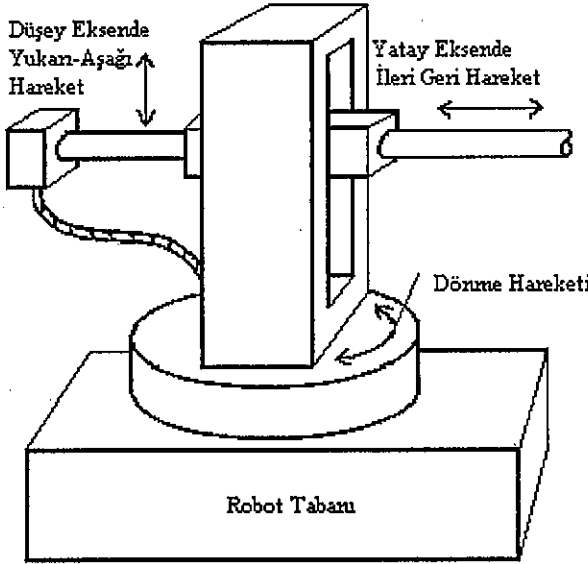
3.2.5. Bir Robotun Ana Bölümleri

Bir robotun ana bölümleri maniplatör, güç kaynağı ve kontrolördür. Maniplatör: parçaları, maddeleri ve üretim için gerekli araçları kal-

dırmada kullanılır. Maniplatörü hareket ettirmek için güç kaynağı kullanılır. Kontrolör ise güç kaynağını kontrol eder. Böylece maniplatör kendi görevini düzenlemiş olur.

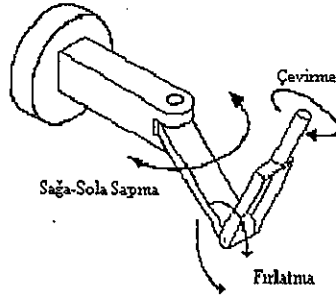
Robot Hareketinin Eksenleri

Maniplatörün kendi eksenini veya serbestlik derecesi diye tanımlanan değişik hareketleri vardır. Eğer bir maniplatör kendi eksenini etrafında dönüyorsa, bu robota “tek eksenli robot” denir. Eğer maniplatör yukarı ve aşağıya doğru hareket ediyorsa, bu robota “çift eksenli robot” denir. Kendi eksenini etrafında dönen ve yukarı aşağı hareket eden maniplatör, yatay ekseninde ileri-geri hareket de edebilir. Bu robota “üç eksenli robot” denir (Şekil 15).



Şekil 15: Üç eksenli robot

Endüstriyel robotlar en az üç ana eksene sahiptir. Bu hareketler, kendi eksenini etrafında dönmesi, yukarı-aşağı ve ileri-geri hareket edebilmesidir. Küçük eksen robotun bileğinde bulunur. Robot bileğinin üç hareketi veya eksenini vardır. Bu hareketler, fırlatma, çevirme ve sağa-sola sapmadır (Şekil 16).

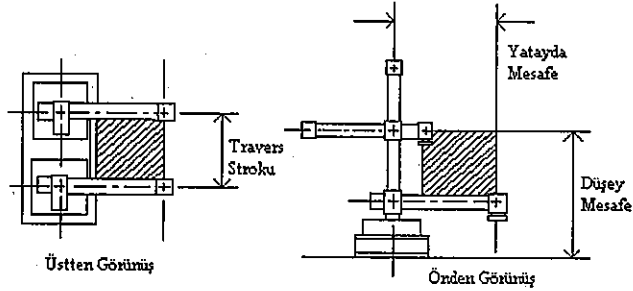


Şekil 16: Robot bileğindeki hareketler

Fırlatma hareketi bileği aşağı yukarı bükür. **Çevirme** hareketi, bileği döndürür. **Sağa sola sapma** hareketi, bileğin kenardan kenara hareket etmesidir.

Çalışma Konumu

Robot kolunun yetişebileceği toplam alana, çalışma konumu denir. **Şekil 17'**de bir robotun çalışma alanı görülmektedir. Robotun tepeden görünüşüne, üst görünüş; kenardan görünüşüne yan görünüş denir. Üst ve yan görünüşün kombinasyonu robot kolunun yetişebileceği toplam hacmi gösterir.



Şekil 17: Robotun çalışma konumu

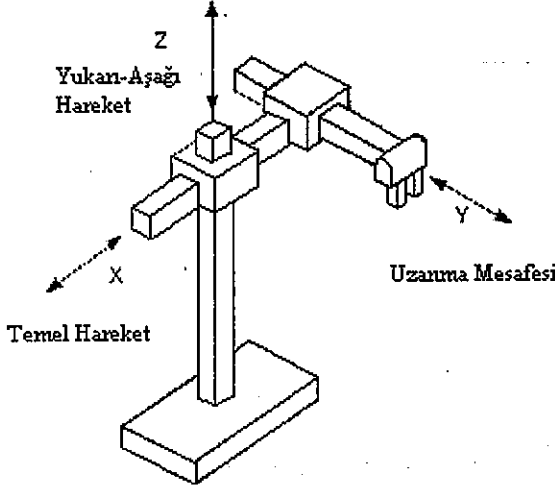
3.2.6. Koordinat Sistemlerine Göre Robotların Sınıflandırılması

Koordinat sistemlerine göre robotlar dört kısımda incelenir:

- Kartezyen Koordinat Sistemi,
- Silindirik Koordinat Sistemi,
- Polar Koordinat Sistemi,
- Revolute Koordinat Sistemi.

3.3. Kartezyen Koordinat Sistemi

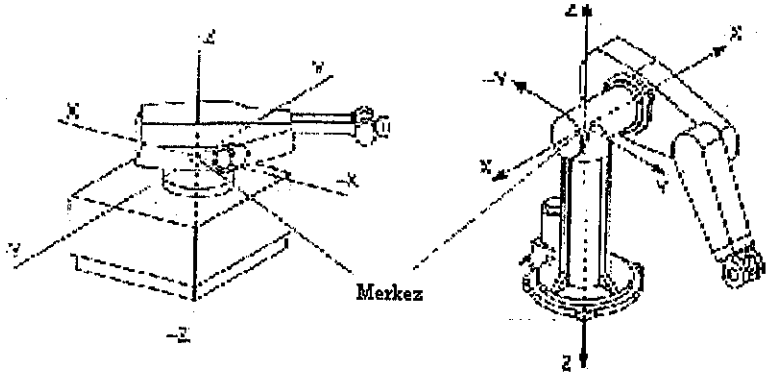
Bu sistemde bütün robot hareketleri; birbirlerine karşı dik açılı bir şekilde olur. Kartezyen koordinatta radyal yönde hareket yoktur. Dolayısıyla kartezyen uyarlanmış bir robotun profili dikdörtgenimsi biçimlendirilmiş bir çalışma zarfına sahip olacaktır (Şekil 18).



Şekil 18: Kartezyen koordinat sistemine ait şematik çizim

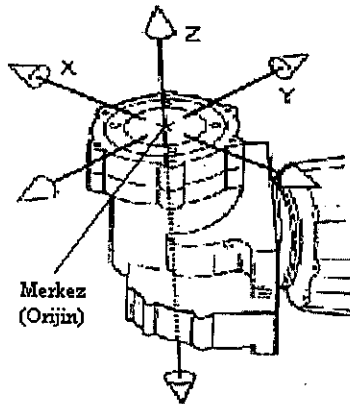
Bazı sistemler son etkileyici (end-effector) yönelimlerini kontrol etmek için dönme çalıştırıcıları kullanır. Bu türün robotları genellikle özel tatbiklerle sınırlandırılır. Bir robot, hatları doğru kartezyen koordinatlarını kapsayabilir. Şöyle ki; devamlı bir uzatılmış ince yol alanında, robot, bir köprü ve bir ray sistemi aracılığıyla daha çok işlevlik kazanabilir. Tavana monte edilerek, birkaç fonksiyonla birçok istasyona hizmet verilebilir. Robotun tavana asılı olmasıyla, zeminde daha fazla boş saha kazanılmış olur. X ve Y hareketleri, köprü ve raylı sistemlerle sağlanır. Dikey hareketler ise iç içe geçen tüpler kullanılarak yapılır.

Bir kartezyen koordinat sisteminde, koordinat sistem merkezinin yeri, ilk iki bağlantının birleşme yerinin merkezidir. Merkezine doğru yapılan hareketler dışında, merkez hareket etmez, yani robotun merkezi sabittir. Robotun yerleştirildiği çalışma alanında eğer X yönündeki hattı bir kolona doğru çevrilirse, X hattı daima aynı kolona doğru yönelir. Robotun programını yaparken döndüğü yönde sorun yoktur. Bunlar, verilmiş bir robot donanımı için, yer koordinatları olarak bilinir (Şekil 19).



Şekil 19: Kartezyen koordinat sistemine göre çalışan bir robotun yer koordinat sistemi

Bir merkeze sahip olan, bir ölçüm referansı, bir robot operasyonunda yeterli değildir. Bununla beraber, böyle bir operasyonda, hangi ölçümlerin yapılacağına da bilinmesi gerekir. Bu ölçüm koordinat sisteminin merkezinden, son etkileycisinin yükseltildiği bir noktaya doğru yapılır. Bu sistem aletle hareket eder ve alet koordinat sistemi olarak tanımlanır. Alet koordinat sisteminde, X ve Y hatları birbirine dik açıdadır. Z yönü belirlenen nokta için olan yönelme eksenleri ile aynıdır. Z yönü, alet ve diğer taraftan bileğin sahip olduğu hareket yönüyle aynıdır. Bu sistem yere (zemine) bağlanmamıştır. Sistem, alet yükseltme yüzeyinde kalır ve alet ne tarafa hareket ederse o yöne hareket eder. En sonunda, sistemin merkez (orijinin) etrafında hareket etmesine izin verildiğinde, gidilecek yer, kullanıcının ihtiyacına göre belirlenir (Şekil 20).

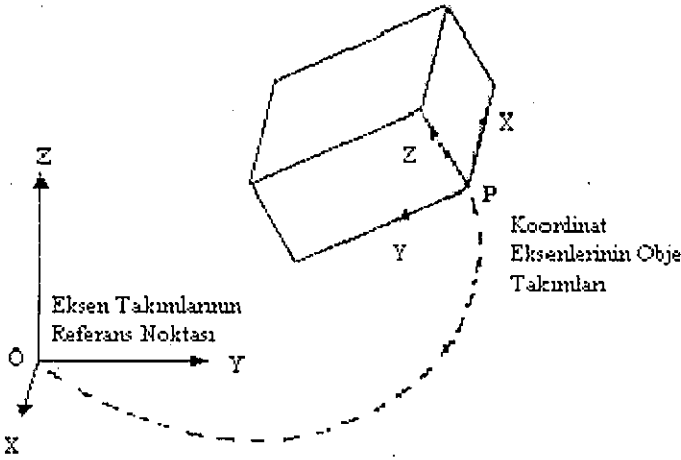


Şekil 20: Kartezyen koordinat sistemine göre çalışan bir robotun takım koordinatları

3.3.1. Geometrik Modelleme

Robotun düzenli çalışmasında geometrik modelleme önemli rol oynar. Robotların yapacakları hareketler, programlama dili ile robota bildirilmelidir. Robotların hareketini kontrol etmek için, çok farklı programlama dilleri kullanılabilir. Yüksek seviyedeki robotsal dillerde genellikle koordinat eksenlerini bir kartezyen setinde değişik parçaların pozisyonlarını ve konumlarını tanımlayan, programcıya ait değişikliklere imkân tanıyan giriş yolları bulunur.

Programlamada uyarılma, genellikle dilimle birleşmiş olan koordinat eksen setini seçmek ve kapsadığı dilimi (parçayı) tanımlamak içindir. Dilim (parçanın) pozisyonu daha sonra eksenlerin referans setlerinin içindeki koordinat eksenlerinin setinin pozisyonları gibi tanımlanır (Şekil 21).



Şekil 21: Eksen takımlarının referans noktası ve koordinat eksenlerinin obje takımları

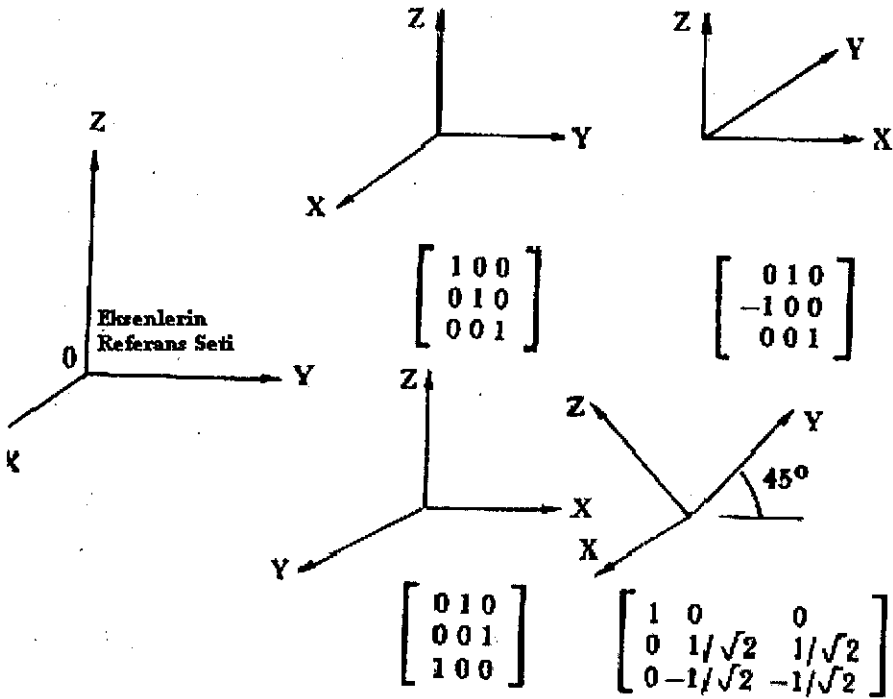
Koordinat eksenlerinin bir setinin diğerine olan bağıntısı, referans setinin orijini arasında tüm bir çeviri kullanılarak tanımlanabilir. Amaç, koordinat eksenlerinin dilim set kısımlarının ve de tüm dönme eksenlerinin aynı anda olabilmesidir. Her ne kadar bu çeviri basitçe OP vektörünün üç koordinatı tarafından tanımlanabilirse de, dönme ekseninin tanımı daha kompleksdir. Bu teoride, üç değişken bu dönme eksenini tanımlamak için yeterlidir.

Uygulama içinde koordinat eksenlerinin bir setinin yönelimi çoğunlukla bu açıların kullanıcıları tarafından sağlanır. Robotun pozisyonu ve yöneliminin koordinatları şu şekildedir:

$$\text{GRIPPER} = (100.0, 100.0, 0.0, 0.0, 90.0, 180.0)$$

durumunu, koordinat eksenlerini, değişmeli parça setine göre verir. Açılarının kullanımının tanımlama yöntemi bu olmakla beraber koordinat eksenlerinde hesaplamalarda değişiklik için buna mevcut dezavantajlar da dahildir. Dejenere olmuş bazı koordinat seti değişikliklerinde sınırsız cevaplamalar bulunur. İfadenin diğer sistemleri genelde buna dahilen kullanılır.

Robotsal işlerde çoğunlukla kullanılan metot 3x3 matrisidir. Her bir vektörde 3x3 matrisi görülür (Şekil 22).



Şekil 22: Dönme matrisleri

Her ne kadar çoğunluğunun seviyesi yüksekse de (üç değişken yerine dokuz değişken) bu ifade yöntemi bazı avantajları sunar.

- Matris değişkenleri genelde sonraki hesaplamalar için kullanılır.
- Bu metot teklige bağlı problemleri ortadan kaldırır.
- İfade etme nispeten gözle canlandırmadan daha kolaydır.

Bu 3x3 matrisleri genellikle 4x4 matrislerine büyütülür. Bu durum, homojen koordinatların şekillenmesini içeren bir dönüşümdür.

Bu matrisler beraberce sıralı koordinat değişimlerini ortaya koymak için çarpılıp çoğaltılabilir ve koordinat eksenlerinin setinin pozisyonu ifade edilerek tersine çevrilebilir.

$$\begin{aligned} M &= \text{Matris, } R = \text{Dönme eksenini} \\ M(R_0 \rightarrow R_2) &= M(R_0 \rightarrow R_1) \times M(R_1 \rightarrow R_2) \\ M(R_1 \rightarrow R_0) &= M^{-1}(R_0 \rightarrow R_1) \end{aligned}$$

Fiziksel dilimlerin konumlarının tanımlanmasında ve dönüşümlerinde değişkenlik arz eden AL, LM gibi bazı diller, koordinat eksenlerinin setleri arasındaki farkı gösterir. Operatörler ise, bu uzaysal bağıntıların bu dilimler arasında olduğunu ifade ederler. Koordinat setleri ve dönüşümleri, aynı şekilde ifade edilir ve farklılıkları ise tümü ile formal biçimdedir.

Bir T dönüşümü büyük bir ihtimalle her iki koordinat eksen setleri R_1 ve R_2 ile gösterilecektir. Böylece operatörün hareketi, R_1 den R_2 ye getirdiğini ifade eder.

$$R_2 = R_1 * T$$

Veya direk olarak çeviri ve dönme eksenini bileşmeleri olarak tarif edilir. Bu iki bileşke, genellikle vektör kullanılarak tanımlanır.

Bir vektör, üç gerçek bileşkesi olan veri birimidir. Bir vektör, X, Y ve Z ile tanımlanabilir.

$$V = \text{VECT}(X, Y, Z)$$

veya diğer vektörlerle kullanılır. Vektörlerle kullanılabilen operatörler şunlardır:

İki vektörün toplanması;

$$V_3 = V_1 + V_2$$

İki vektörün çıkarılması;

$$V_3 = V_1 - V_2$$

Bir vektörün işaretinin değiştirilmesi;

$$V_2 = -V_1$$

Gerçek bir rakamla çarpma;

$$V_2 = X * V_1 = V_1 * X$$

Vektörel yapım;

$$V_3 = PVECT (V_1, V_2)$$

Vektörler üzerindeki diğer operasyonlar, gerçek sayılarla yapılır.

Vektör uzunluğunun çıkarılması;

$$X = LENGTH (V)$$

X, Y ve Z boyunca bileşkelerin değerinin bulunması;

$$XVECT (V), YVECT (V), ZVECT (V)$$

Skaler değerinin bulunması;

$$PASCAL (V_1, V_2)$$

Genelde üç parça vektör kullanılır. Bunlar koordinat eksenlerin sabit setlerinin üç birim vektörüdür.

$$V_x = VECT (1, 0, 0)$$

$$V_y = VECT (0, 1, 0)$$

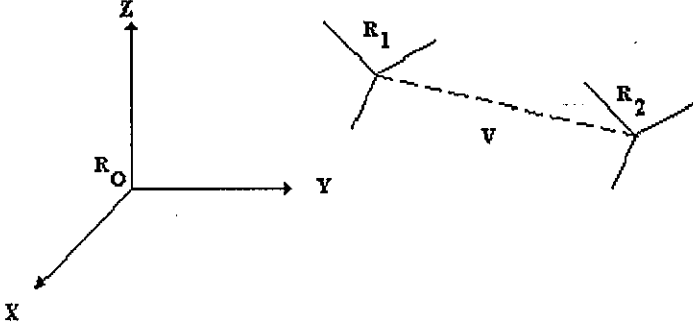
$$V_z = VECT (0, 0, 1)$$

Bu vektörler sayesinde iki basit dönüşüm kullanılarak, keyfi dönüşümler tanımlamak kolay olur.

Bir V vektörünü çevirme;

$$T = \text{TRANSLANT}(V)$$

Bu olay R_1 orijinin V vektörünün konumunda hiçbir değişiklik yapmaksızın yerinden alan, R_1 den diğer R_2 ye takip eden koordinat eksenin se-tinden bir hareketin dönüşümüdür (Şekil 23)

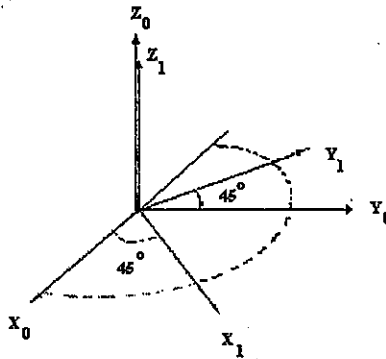


Şekil 23: Öteleme hareketine maruz kalmış koordinat eksenleri takımı

Alfa açısı ile V vektörüne rotasyon (dönme) hareketinin yaptırılması;

$$T = \text{ROT}(\text{ALFA}, V)$$

Orijini değiştirilmeden bir V eksenli hakkında koordinat eksen setlerinin döndürülmesiyle ilgili dönüşümdür (Şekil 24).

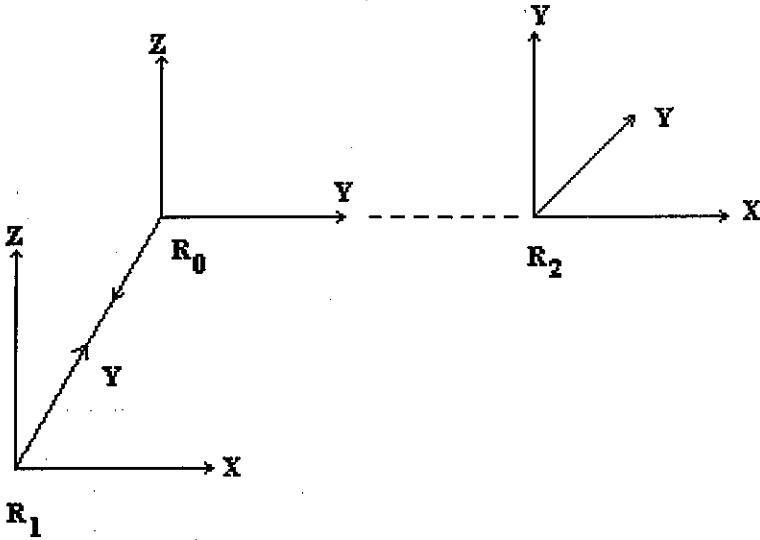


Şekil 24: Dönme hareketini gösteren koordinat eksen takımları

Basitçe oluşturulan şu iki temel fonksiyonunun kendince dönüşümü şu şekilde yapılabilir:

$$T = \text{TRANSLAT}(V_1) * \text{ROT}(\text{ALFA}, V_2)$$

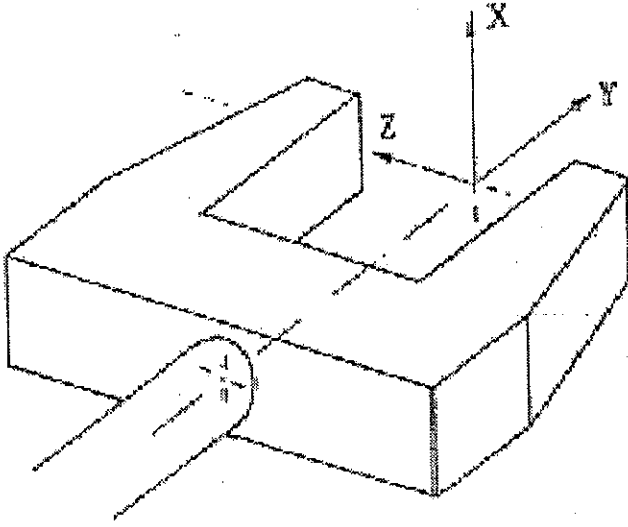
Kullanılan dile bağlı olarak kompozisyon kuralları değişebilir. Genelde, kompozisyonu değiştiremeyen yeni üretilmiş koordinat eksen takımlarının her yeni transformasyonunda kompozisyon; soldan sağa veya sağdan sola yapılır. Çevirme ya da döndürmede kullanılan bu vektörler genellikle sırasıyla eksenlerin setinin içinde yorumlanır ve mutlak vektör olarak yorumlanmaz (Şekil 25).



Şekil 25: Değişimlerin çoğaltılması

3.3.2. Koordinat Eksen Setinin Alet ve Nesnesi

Manipülasyon çalışmalarında, koordinat eksen seti tercihinde, son etkileyicinin (tutucu, alet gibi) yerinin belirlenmesidir. Bu set genellikle koordinat eksenleri alet takımı olarak bilinir. Orijin ve eksenleri Şekil 26'daki gibidir.



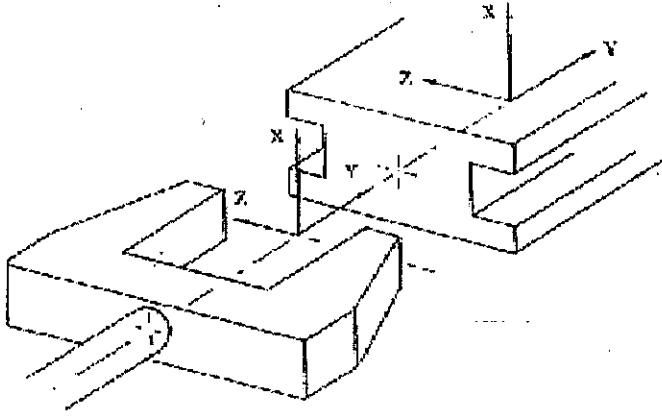
Şekil 26: Koordinat eksenlerinin alet takımı

Değişebilen alet veya tutucularda, aletin koordinat eksenlerinin seti ortadaki bir set ile değiştirilebilir. Buna bilek koordinat eksenlerinin seti adı verilir. Bu set kullanılan alete bağlı olarak farklı tipte olabilir ve kullanıcı tarafından değiştirilebilir.

Robot programlama, robotu oluşturan parçaların birbiri ile uyum içerisinde çalışmasını sağlamalıdır. Eğer bir parça ustalıkla idare ediliyorsa kullanıcı bir ya da birkaç birbirine geçmeli koordinat eksen setinin her biri için kafasındaki parçaların ana özelliklerini bilmeli ve ona göre gerekli hareket ve giriş hesaplarını yapmalıdır (Şekil 27).

3.3.3. Koordinat Eksen Setleri Arasındaki Bağlantılar

Bazı robot dillerinde (AL, LM), nesne hareket ettirildiği zaman koordinat eksen setini bu dil içinde modern dile uyarlayabiliriz. Bazı koordinat eksen setlerini tek nesne ile birleştirebiliriz. Bu geçici veya kalıcı olsa da olabilir. Karşılıklı birbiriyle çalışacak olan parçaların mutlaka birbiriyle uyum içerisinde olması ve programlanabilmesi gerekir.



Şekil 27: Bir parçayı kavrama

Hareketleri

Son etkileyici seviye programlama dillerinde, robot hareketleri için noktadan noktaya modu kullanılır. Bu programlama esnasında koordinat eksenleri alet takımının gideceği mesafeler göz önünde bulundurulur. Bu amaçla;

MOVE GRIPPER TO OBJECT

komutu kullanılır. Bulunulan konumdan diğer bir konuma hareket etmek için de;

MOVE GRIPPER BY $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z, \Delta_\alpha, \Delta_\beta, \Delta_\gamma$

komutu yazılabilir. Burada verilen komutlar, sadece ait olduğu yazılıma ait olduğu unutulmamalıdır. Yani bu komutlar sayesinde her türlü robot çalıştırılabileceği yanılgısına düşülmemelidir.

Yörüngenin Yapısı

Robotun bir işlemi yerine getirirken çizmiş olduğu yola **yörünge** denir. Yörünge; serbest mod, koordine edilmiş mod veya kartezyen modda lineer interpolasyon şekline yapılabilir. Robotu çalıştırmak için kullanılan programlama diline bağlı olarak, bu üç moddan biri, ikisi bir arada veya hiçbiri seçilmeyebilir. Örnek bir komut satırı:

MOVE GRIPPER TO OBJECT IN CARTESIAN MODE (Tutucuyu nesneye kartezyen modda hareket ettir).

İşlem Hızı veya Zamanı

Bir yörünge üzerinde bulunan işlemlerin (kaynak, boyama, ergitme vb) verilen belirli bir zaman içerisinde bitirilmesi isteği olabilir. Bazı programlama dillerinde, ilgili hesaplama yöntemlerinin karmaşıklığı nedeniyle, istenilen zamanda işlem yapmak mümkün olmayabilir. Diğer taraftan, normal hızı bir çarpanla çarparak işlemleri hızlandırmak da mümkün olabilir. Örnek:

MOVE GRIPPER TO OBJECT AT SPEED = 0.25

Ortadaki Noktalar

Karmaşık yörüngeler veya engellerden kaçınmak için; serbest, koordine edilmiş veya lineer mod kullanılarak yeni yörüngeler belirlenebilir. Bu durum ya koordinat eksenleri takımının orta noktaları alınarak aşağıdaki komutla

MOVE GRIPPER VIA R₁, R₂, R₃ TO OBJECT

komutu ile, ya da

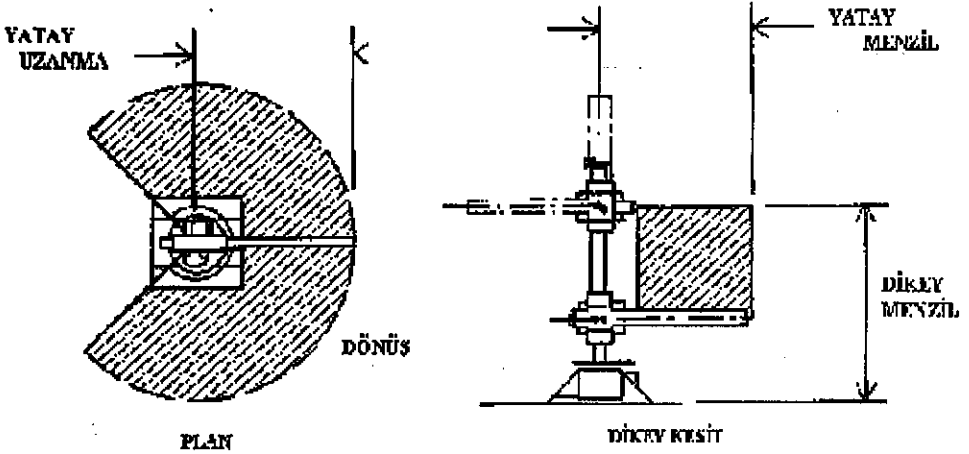
```
CONTINUOUS
MOVE GRIPPER TO R1
MOVE GRIPPER TO R2
MOVE GRIPPER TO R3
MOVE GRIPPER TO OBJECT
END
```

satırlarının oluşturduğu program parçası ile sağlanır.

Genelde bu koordinat eksenleri setinin ortalaması, ulaşacağı noktalara çok hassas yaklaşamaz. Alet, gideceği noktanın yakınından geçebilir. Bu nedenle her bir değişimin sapmasının belirli sınırlar içerisinde kalması gerekir. Koordinat eksen setleri içerisinde tüm değişkenler için uygun bir gidişat sağlanamadığında, geçilecek son nokta içerisinde sadece küre yarıçapının belirlenmesi basitçe yeterli olacaktır.

3.4. Silindirik Koordinat Sistemi

Eğer bir robot bir iş yaparken kolu bir silindir gibi ya da bir silindirin parçası gibi hareket ediyorsa, bu tip robotlara **silindirik koordinat sistemli robotlar** denir. **Silindirik koordinat sistemli robotun çalışma prensibi Şekil 28'de gösterilmiştir.**



Şekil 28: Silindirik koordinat sistemli robotun çalışma alanı

Robotun yükselme hareketi gösteriyor ki kol aşağı - yukarı hareket edebilir. Bu, dikey eksen diye adlandırılır. Kol ayrıca ileri - geri gidip gelebilir. Buna yatay eksen denilir. Yatay eksen ile düşey eksenin kombinasyonu sonucu dikdörtgen biçimi oluşur. Robotun ulaşabileceği alanlar düşey ve yatay eksenlerin kombinasyonları sonucunda belirlenir.

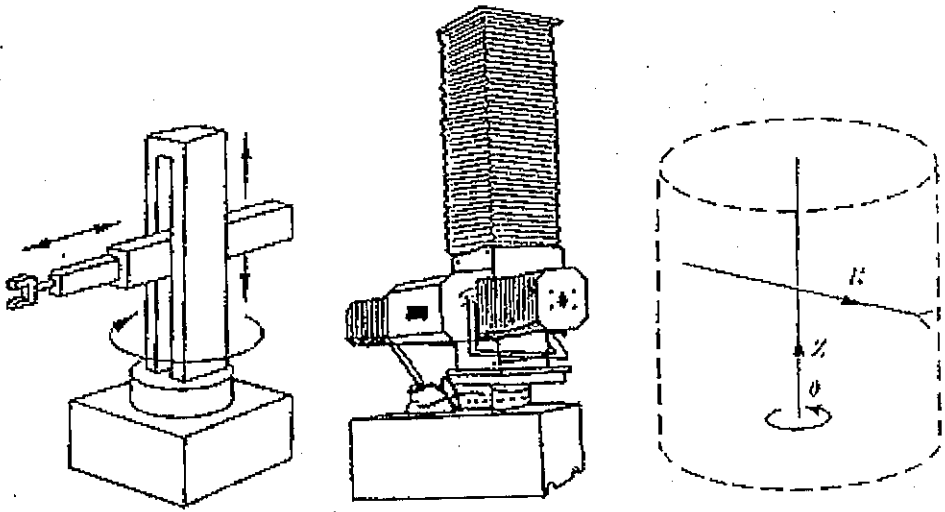
Aynı robota tepeden baktığımızda robotun eksenini ya da kendi merkezinde döndüğünü görürüz. Bu eksen bir silindirin parçasını andırmaktadır. Şekil 28'de ayrıca yatay eksenini de görebiliriz. Taralı bölge robotun uzanabileceği toplam alanı göstermektedir. Şekilde gördüğümüz bu iki kesit gösteriyor ki silindirik koordinat sistemli robotun çalışma alanı bir silindir ya da bir silindir parçası şeklindedir.

3.4.1. Çalışma Alanı

Robotun kolunun toplam alan üzerinde ulaşabileceği en son noktaya **çalışma alanı** denir. Şekil 28'de robotun çalışma alanı açıklanmıştır.

Robotun üstten görünüşüne **üstten kesiti** denir. Robotun yan taraftan görünüşüne ise **dikey kesit** denir. Yan kesit ile üstten kesitin birleştirilmesi sonucu robotun kolunun ulaşabileceği toplam çalışma alanı bulunur.

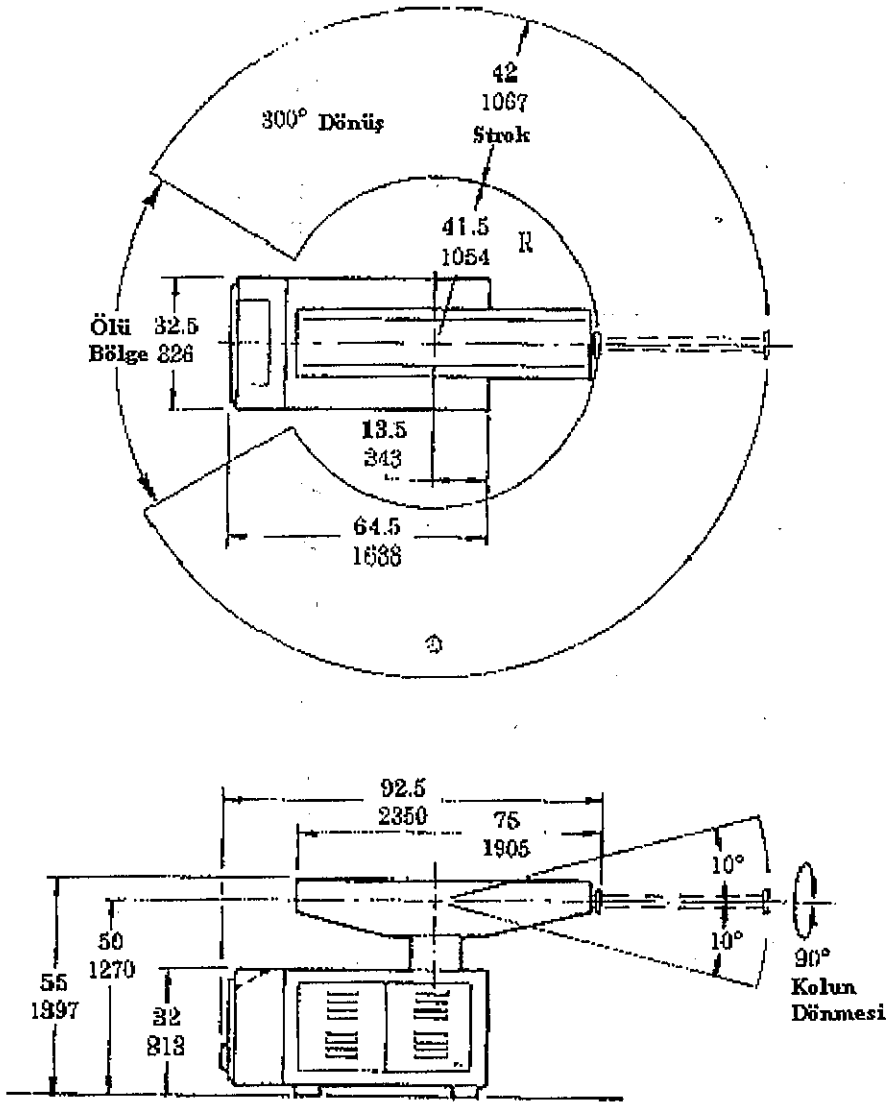
Silindirik koordinat sisteminde 3 değişik eksen kullanılır. Silindirik koordinat sistemlerinde dönme açısı, θ (teta) olarak adlandırılmıştır (Şekil 29). R eksenı uzanma ya da ileri-geri eksenidir. Z eksenı ise aşağı-yukarı hareketler içindir. Bu tip hareketler sonucunda işlemler yapıldıktan sonra silindirik bir şekil orta çıkar. Bu şekildeki temel dönmeye θ (teta) ismi verilmiştir.



Şekil 29: Silindirik koordinat sistemli robotun dönme açısı

Silindirik robot, kendi ekseninde 300° dönmektedir. Geri kalan 60° ise robotun etrafında güvenli bir alan oluşturmak için kullanılır. Bu güvenlik alanına ölü bölge ismi verilmiştir (Şekil 30). Bu tip robotlar yapıldıkları dizayna ve göstermesi istenilen performansa göre 19 ile 59 inç (1 inç = 2,54cm) arasındaki alanlara uzanabilir. Robotun uzanma ve diğer hareketleri için metrik ölçü birimi kullanılır.

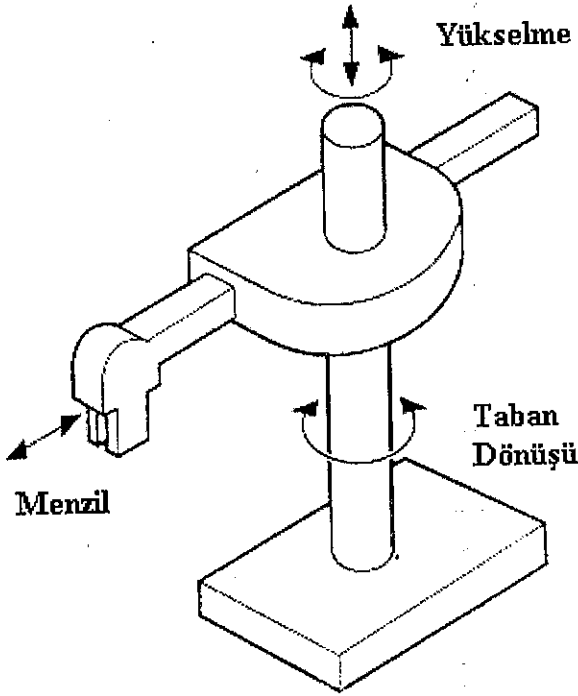
Z eksenı robotun aşağı ve yukarı hareketleri için kullanılır. Bir çok robot 100 ile 1100 mm (4 ile 43 inç) arasında hareket edebilir. Robotun hareketinin sınırlılığı, robotun göstermesi gereken performansa bağlıdır.



Şekil 30: Silindirik koordinatlı robotun hareket alanları

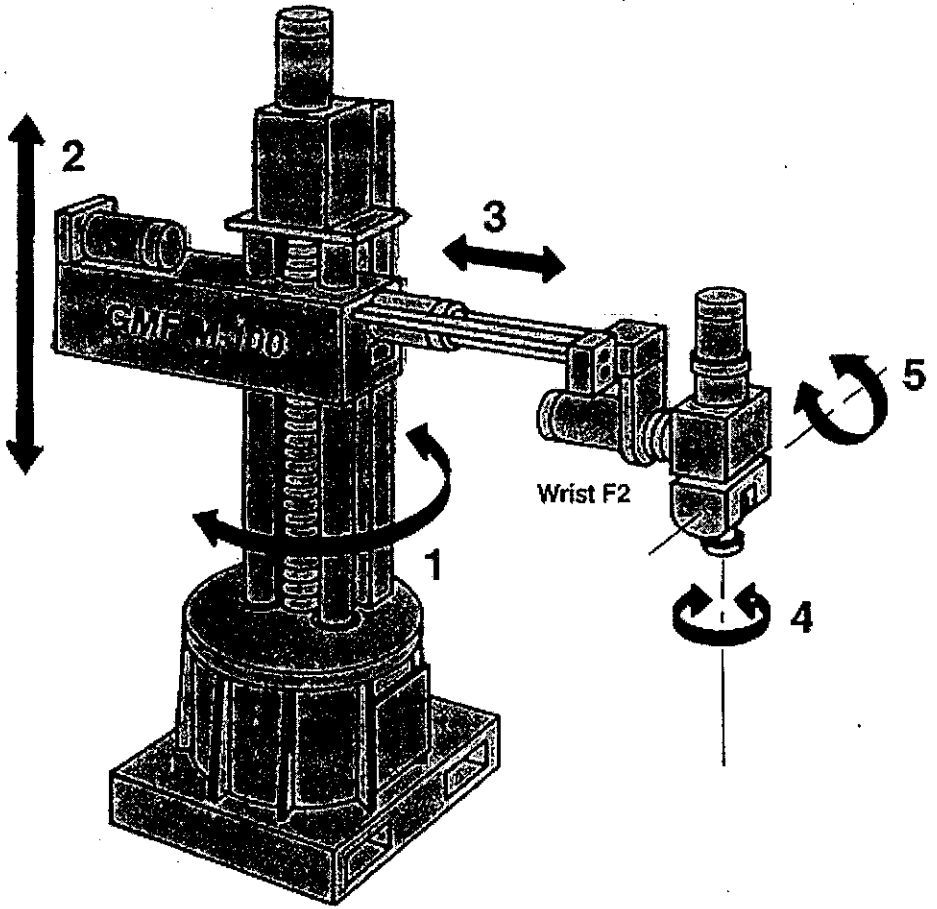
Robot, ileri-geri hareketini yatay ve aşağı-yukarı hareketini de dikey shaftlar (mil) üzerinde yapacak şekilde dizayn edilmiştir. Robotun döner eksen etrafındaki hareketini, sonlandırıcı bir nokta vardır.

Silindirik koordinat sistemli robotlar, genelde düzenli ve koordinatlı bir şekilde bir yere konmak istenen makineleri taşımada kullanılır. Bir silindirik koordinat sistemli robotun çalışma alanı ya da sınırı, bir silindirin parçası şeklindedir. Bu silindirik koordinat sistemli robotun kendi ekseninin herhangi bir yüksekliğinde istediği yöne hareket edebilmesi özelliğidir. Robot aşağı-yukarı hareketini düşey bir sütun üzerinde kayarak yapar. Robot kolu, herhangi bir yere ulaşmak için açısız hareket yaparak kayar. Robotun dönme eksenini bir işi yaparken bir silindire benzer şekilde hareket eder (Şekil 31).



Şekil 31: Silindirik koordinat sistemli bir robotun hareketleri

Bu robotlar, yaptıkları işe ve boyutlarına göre çok ucuzdur. Bunlar geniş bir alan içerisinde incelenebilir. Bant genişliği robotun büyüklüğüne ve bilekteki eklem (oynar kısımlar) sayısına göre değişmektedir. İş alanı çok geniştir ve robotun yapmış olduğu yukarı ve aşağı hareketi belirgin bir biçimde merkezsiz harekete benzemektedir. Şekil 32'de silindirik koordinatlı bir robotun şematik çizimi görülmektedir.



Şekil 32: Silindirik koordinatlı bir robotun şematik çizimi

Daha küçük silindirik koordinat sistemine sahip olan küçük robotlar, çok fazla dikkat isteyen küçük montaj işlerinde kullanılır. Büyük robotlar materyal (malzeme) taşımada, makine yüklemelerinde ve indirmelerinde kullanılır.

Silindirik koordinat sistemli robotlar belirgin bir biçimde hareketlerinde vida dönmesini andıran, dikey eksen olarak (2) aşağı-yukarı ve merkezsiz eksen olarak (3) ileri-geri hareket eder (Şekil 32). Robot dönme hareketini merkezsiz (5) ve açısız eksen (4) biçiminde yaparak elde eder. Robotun bileğine bir ya da iki tane eklem (oynar kısım) eklenebilir.

DüŖey eksenin tercih edilmesinin sebebi, düzgün ve düŖey yönde hızlı bir hareket imkanı tanmasıdır. Bu, montaj ve materyal taşımada arzu edilen bir durumdur. Merkezsel eksen robota hızlı bir şekilde ileri ve geri hareket imkânı sağlayacaktır.

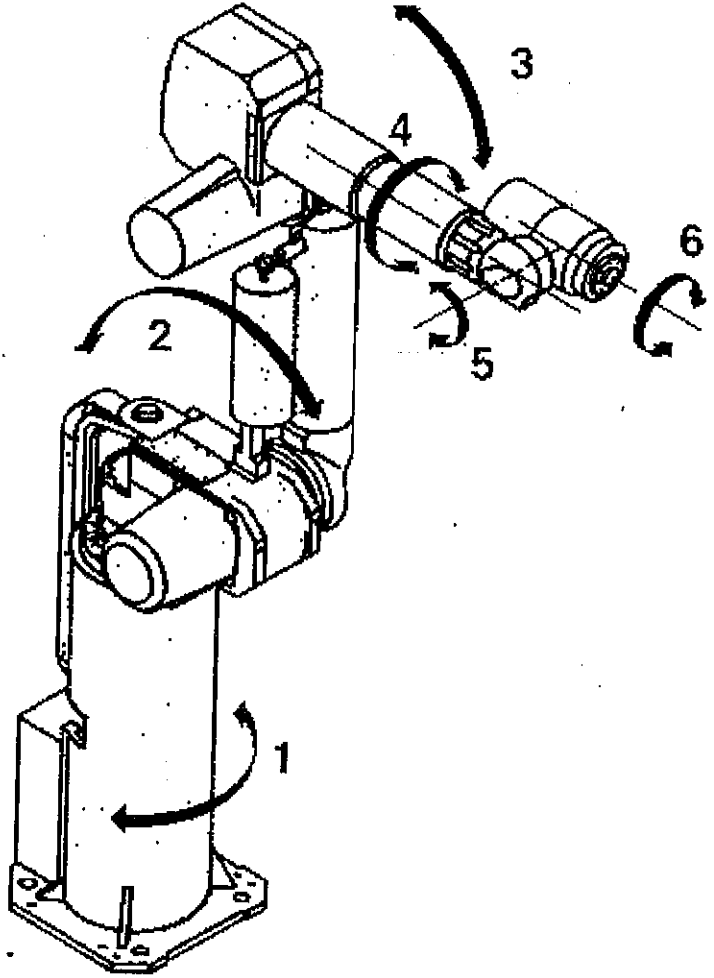
Robot alçak yerlere uzanmak zorunda olan bir makine ise, açısız vuruş veya açısız darbe istenen bir durumdur. Robot, merkezsel eksen üzerinde hareket ederek hedef üzerine ulaşır ve preslemeyi yapar.

Diğer değişik tip robotlarda robotun kolu robota meyilli bir açı ile bağlıdır. Bu da diğer robotları silindirik koordinat sistemli robotlardan daha kullanışlı hâle getirir. Silindirik koordinat sistemli robotlar yatayda ileri-geri hareket ederken, diğer tip robotlarda kol meyilli olarak hareket eder.

Silindirik robotun en büyük dezavantajı robottan dışarıya doğru merkezsel eksen doğrultusunda bir çıkıntı yapmasıdır. Robotun arkasında kapalı bir alan bulunmamalıdır. Çünkü robot merkezsel ekseninde 180° olduğunda kol arkaya geçer ve arkada boşluk olmadığı takdirde dönüş tamamlanamaz, yani robot takılır. Böylece 180°'lik dönüşünü tamamlayamaz.

Silindirik koordinat sistemli robotun en büyük avantajı hızıdır. Robot dönme durumunda iken merkezsel eksen kuvvetine büyük ihtiyaç duyar. Bu, robotun hızını azaltır. Yol kontrolü tekrarlama ve kesinlik çeşitliliği bu robota özgüdür. Bazı silindirik koordinat sistemli robotlar büyük hızlar ve dikkat isteyen montajlar için üretilir. Bu robotların iyi bir yol kontrol, yaptığı işi tekrarlama ve kesinlik özelliği vardır. Diğer robotlar büyük ve ağır makineleri yükleme ve indirmede kullanılmak üzere dizayn edilir. Bu robotların geniş bir iş yapma alanı vardır, fakat tekrarlama ve kesinlik özellikleri zayıftır.

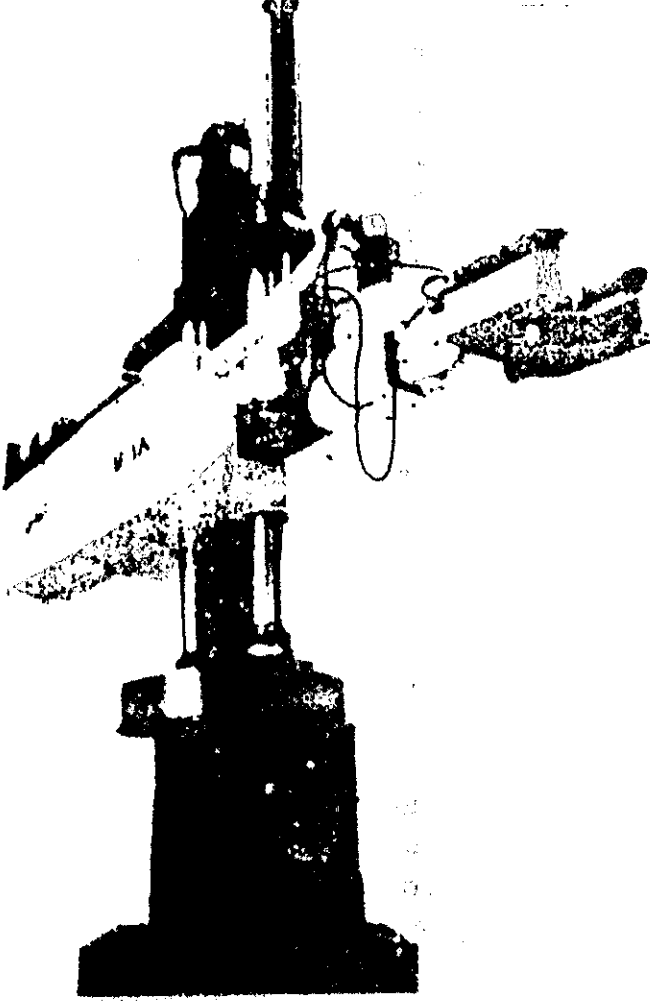
Silindirik koordinat sistemli robotlar ağır parçaların taşınmasında hala idealdir ve geniş bir uygulama alanı vardır. Endüstride en yaygın kullanılan robot tiplerinden biridir (Şekil 33).



Şekil 33: Silindirik koordinatlı robotlarda hareket yönleri

Silindirik koordinat sistemli robotlarda bir ya da iki oynar eklem kısmı vardır. Diğer robotlarda iki ya da üç tane oynar eklem kısmı vardır. Eklem sayılarına göre hareket yeteneği artan bu robotun kolları, hidrolik güç ya da elektrik motorları ile hareket ettirilir. Eklemlerin dönüş oranları da çok duyarlı ölçüm yapabilen optik diskler ve bunlara bağlı sistemlerle saptanır. Bu optik diskli sistemlerin basit bir benzerini “Eksen dönüş kontrol sistemi” adı altında bulabilirsiniz. Bu sistemin temel parçası olan disk üzerine açılan deliklerin sıklığı ölçümün duyarlılığını artırır. Bu

deliklerden geçen "Kızıl ötesi ışığın (IR- Infrared) kesilip açılması sayılarak" dönüş oranı bulunur. Her durumda eklem pozisyonunu anlamak için tek delik yerine o noktanın kodunu verebilecek ve sekizli diziden oluşan (açık- kapalı) bir bayt değerinde delik dizisi ayrıca bu delikli kodu okuyabilecek sekiz ayrı IR led ve foto diod çifti ile bunlara bağlı "IRC" ler gerekir (Yalnızca kablo bağlantısı için geçerli).



Resim 15: Endüstride kullanılan silindirik koordinat sistemli robot

3.4.2. Sorular

Soru 1: Silindirik koordinat sistemli robotun tanımını yapınız?

Soru 2: Silindirik koordinat sistemli bir robot kaç türlü hareket gerçekleştirebilmektedir? Açıklayınız.

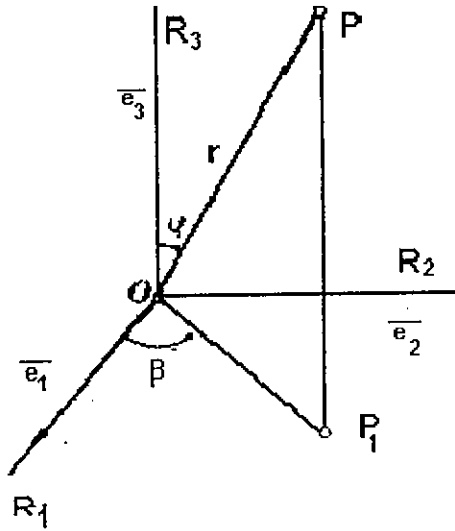
Soru 3: Silindirik koordinat sistemli robotları diğer değişik tip robotlardan ayıran özellikler hakkında bilgi veriniz.

Soru 4: Silindirik koordinat sistemli robotların avantajları ve dezavantajları hakkında bilgi veriniz.

Soru 5: Silindirik koordinat sistemli robotların nerelerde kullanıldığını açıklayınız?

3.5. Polar Koordinat Sistemi

Matematiksel olarak polar ya da küresel koordinat sisteminin iki tane dairesel ve bir de doğrusal eksenini olmak üzere üç tane eksenini vardır. Şekil 34'de bu eksenler R_1 , R_2 ve R_3 olarak tanımlanmıştır. Herhangi bir P noktasının R_2 eksenini üzerindeki dik izdüşümünü P_1 olduğuna göre, OP_1 yarımlı doğrusunun OR_1 ile yaptığı açı β ile, OP 'nin OR_3 ile yaptığı açı φ ile ve P 'nin O 'ya olan geometrik uzaklığı da r ile gösterilmiştir. P noktasını bilirse (r , β , φ) değerleri bulunabilir. Bu üç noktaya P noktasının uzaydaki kutupsal koordinatları denir.



Şekil 34: Polar koordinatların vektörel bileşenleri

P noktasının kartezyen ve kutupsal koordinatları arasında:

$$X_1 = r \sin\varphi \cos\beta$$

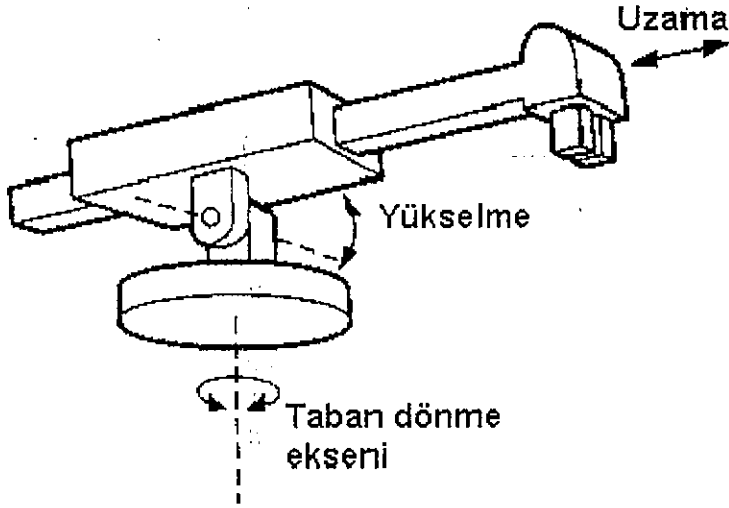
$$X_2 = r \sin\varphi \sin\beta$$

$$X_3 = r \cos\varphi$$

bağıntıları vardır.

Robotikte polar koordinat sistemi en eski koordinat sistemlerinden biridir. Oldukça çok işlevli, birçok uygulama alanına sahip özelliğinin yanında, yapım ve montaj açısından da oldukça kolaylık sağlamaktadır.

Günümüzde robot üreticilerinin kullandığı polar koordinat robotu: sanayi, endüstri, tarım, ziraat ve savunma sanayiinde en popüler koordinat robotudur. Polar koordinat robotunun şekli en basit hâli ile Şekil 35'de görüldüğü gibidir.

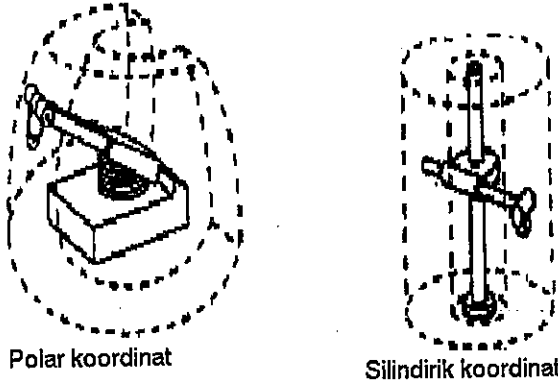


Şekil 35: Polar koordinat robotunun en genel hâli

Şekilden de anlaşılacağı gibi temelde iki hareketi mevcuttur. Bunlar yatay ve düşey dönmedir. Üçüncü bir hareketi ise doğrusal (uzama kolunun ileri geri hareketi) harekettir. Doğrusal hareket aynen kartezyen koordinatlardan herhangi bir koordinatın hareketi gibi bir davranış gösterir.

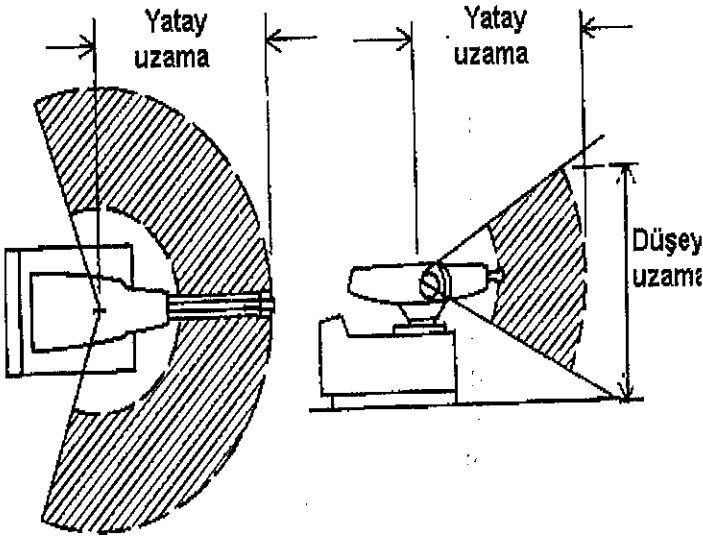
Polar koordinat robotunun düşey ve yatay hareket alanı Şekil 36'da görüldüğü gibi silindirik koordinat robotuna benzer. Bilindiği gibi silindirik koordinat robotunun üç hareketi vardır. Bunlardan biri dönme, diğer ikisi ise doğrusal hareketlerdir.

Polar koordinat robotunun da üç tane hareketi vardır. Bunlardan ikisi dönme, diğeri ise doğrusaldır. Silindirik koordinat robotunun kolu, tabandan yukarı doğru hareket ederken, polar koordinat robotunun kolu bir daire çizerek tabanda yukarı doğru hareket eder ve robot kolunun tabana bağlı ucu düşey ekseninde sabit kalıp sadece diğeri ucu bir daire çizmektedir. Örnek olarak bir tankın namlusuna benzetebiliriz.



Şekil 36: Polar koordinat ile silindirik koordinat arasındaki benzerlik

Polar koordinat robotunun yatay ve dikey dönme miktarları Şekil 37'de gösterilmiştir. Yatay ve dikey tarama alanı, tasarımcının isteğine bağlı olarak istenen açı değerlerine göre imal edilebilir.



Şekil 37: Polar koordinat robotunun yatay ve dikey hareket alanları

Şekil 30'da bu robotun yatay ve dikey hareket alanları belirtilmişti. Şekildeki taralı alanlar robot kolunun ulaşabildiği ve bu alanlarda

etkin olduğunu göstermektedir. Robotun yatay düzlemdeki hareketi bir daire şeklindedir. Robotun yatayda ulaşamadığı bölgeye ölü bölge denir. Aynı şekilde robotun düşeydeki hareketi de yine dairesel bir harekettir. Fakat robot kolu düzlemsel bir hareket yaptığı için bu üç hareket sonucu oluşan hareket küresel olacaktır.

Polar koordinat robotunun temelde iki hareketi olduğunu söylemiştik. Bunlar yukarıda anlattığımız gibi biri düşey diğeri ise yatay harekettir.

Robotun düşey ve yatay eksenindeki hareketi sonucu bir küre şekli ortaya çıkar ve bu nedenden dolayı **polar koordinat robotu** adını alır. **Şekil 30**'da görüldüğü gibi polar koordinat robotunun yatay da yaptığı hareket tam 360 derece değildir. Robotun hareketi **ölü bölgede** yoktur. **Ölü bölge** olarak tanımlanan bölge, robot kolunun yatay ekseninde dönerken ulaşamadığı bölgedir. Bu bölgenin alanı robotun kullanım amacına göre değişmektedir. Robot tasarımcısı robotun yatay ekseninde hareket edebileceği maksimum ve minimum alanı belirlerken iki çeşit yol izler. Bunlardan biri, robot çalışırken, robotun yataydaki hareketi kullanım amacına göre sadece belirli bir alanda hareket eder. Yani robot kolunun yatay eksenindeki hareketi eşit periyotlarla hep aynıdır. Robot kolunun yatay eksenindeki her hareketi bir önceki hareketi ile aynıdır.

Robot kolunun yatay eksenindeki diğer bir hareketi ise, farklı durumlarda farklı periyotlarla hareket etmesidir. Robot kolunun, yatay eksenindeki her hareketi bir önceki yatay eksenindeki hareketinden bağımsızdır. Örneğin bir fabrikadaki farklı hacimlere sahip kutuların, hacimlerine göre sırası ile farklı birimlere taşınmak istenirse, robot kolunun her birim için yatay eksenindeki hareketi farklı olacaktır. Dolayısıyla robot kolunun yataydaki hareketi belli açılarla olacaktır. Bütün bu hareketler robotun programlanması ve tasarlanması ile ilgilidir.

Polar koordinat robotunun diğer bir hareketi ise düşey eksenindeki harekettir. Bu harekette ise, robot kolunun bir ucu, robotun tabanına bağlı olduğundan, sadece tabandan kola geçirilmiş bir mil (eklem bağlantı noktası) vasıtasıyla düşey ekseninde hareket edebilir. Robot kolunun diğer ucu ise, robot kolunun düşeydeki her hareketinde, düşey ekseninde yukarıya ve aşağıya doğru gidip gelerek belirli bir alanda hareketini sürdürür. Yine bu alan yatay ekseninde olduğu gibi belirli açılarla olacaktır. Robot

tasarımcısı, bu açıları (robotun düşey ekseninde tarayabileceği maksimum alan) robotun kullanım amacına göre dizayn etmelidir. Polar koordinat robotunun düşey eksenindeki her hareketi bir önceki hareketi ile aynı olabileceği gibi, farklı da olabilir.

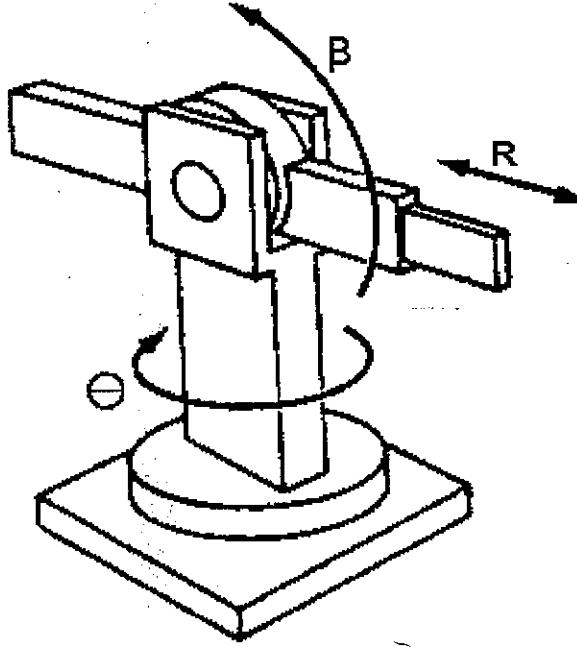
Robot kolunun içerisine bir mil geçirilerek robotun hareket alanı daha da geliştirilebilir. Böylece robot kolu istenen doğrultuda ve istenen uzaklıktaki bir işi yapması kolaylıkla sağlanabilir. Gerekirse iç içe geçirilmiş mil sayısı artırılabilir. Böylece robotun taradığı alan daha da çoğaltılmış olur.

Polar koordinat robotunun düşey ve yatay hareketi çok hassas seçilmelidir. Bu yöndeki hareket belirli açı değerlerine göre ve tasarımcının robotu amacına uygun olarak tasarlamasına bağlıdır. Örneğin ellerini kullanamayan bir hastanın yemek, su gibi temel ihtiyaçlarının robot yardımı ile yapılabilmesi için robot kolunun düşey ve yatay hareketi çok hassas bir şekilde olmalıdır. Aksi durumda hastaya zarar verebilir. İstenmeyen kötü sonuçlar doğurabilir.

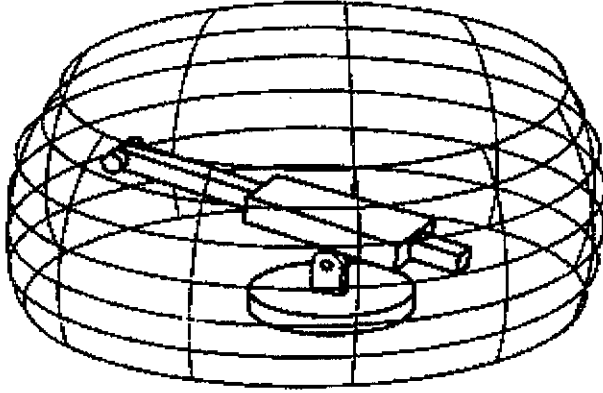
Şekil 38'de gösterildiği gibi polar koordinat robotunun üç tane hareket eksenini vasıtasıyla robotun hareket alanı istenilen değerlere göre seçilebilir. Yatay dönme miktarı (θ), düşey dönme miktarı (β) ve uzama miktarı (R)'nin büyüklüğüne bağlı olarak robotun amacına yönelik bir şekilde imal edilmesi mümkündür. Görüldüğü gibi polar koordinat sistemi ile silindirik koordinat sistemi temelde aynıdır. θ ve R aynıdır, farklılık β eksenindedir.

Polar koordinat robotunun bu üç hareketi sonucunda robot kolu istenen yöne rahatlıkla götürülebilir. Robot kolunun bu üç hareketi sonucu oluşan şekil, bir küre (top) olduğundan, buna **küresel koordinat robot** da denilmektedir.

Polar koordinat robotunun diğer robotlara göre çalışma alanı biraz farklıdır. Bu robot çalışma alanının alt ve üst kısımlarına rahatlıkla ulaşabilir. **Şekil 39'**da görüldüğü gibi robot kolunun ucuna bağlı işlem birimi (tutucu vb.) küre şeklindeki alanın hemen hemen tüm noktalarına ulaşabilir.



Şekil 38: Polar koordinat robotunun hareket eksenleri

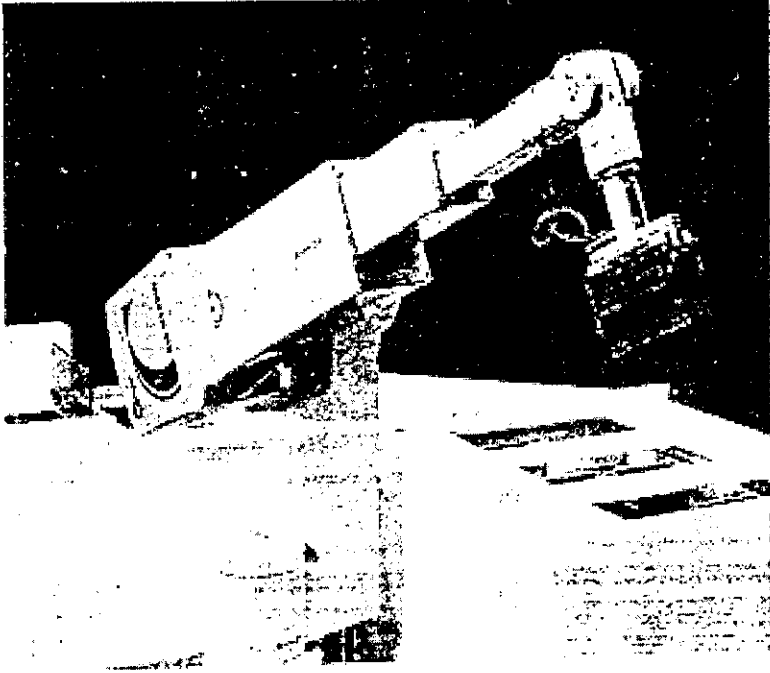


Şekil 39: Polar koordinat robotunun küresel hareketi

Bir amerikan firmasının ürettiği Maker-110 robotu **Resim 16**'da görünmektedir. Bu robot polar koordinat sistemi için iyi bir örnektir. Robotun ucundaki kol dönebildiği gibi koldaki eklemler vasıtasıyla robotun

hareket alanı daha da artmıştır. Böylece üç temel eksenin dışında iki eksen daha eklenerek hareket eksenlerinin sayısı 5'e çıkmıştır (Resim 17).

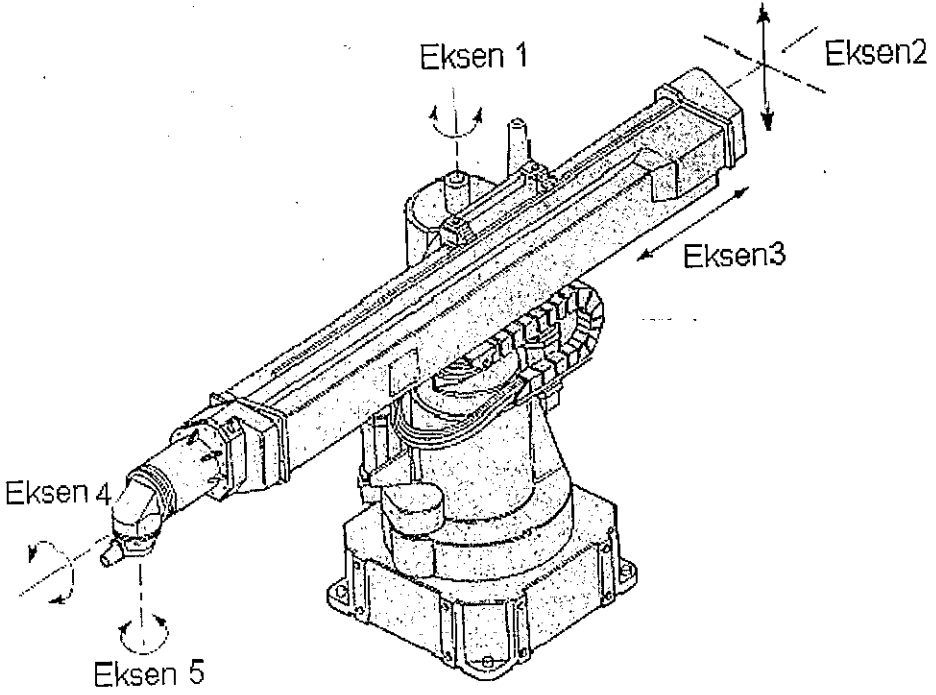
Bu robot genellikle bilgisayar montaj teknolojisinde kullanılmaktadır. Bu robot bir montaj esnasında, parçayı taşıma, kaplama, kalite kontrolü ve montaj sonucunun test edilmesi işleminde kullanılmaktadır.



Resim 16: Maker-110 Robotu

3.5.1. Polar Koordinat Robotunun Diğer Robotlara Göre Üstünlükleri

- Uygulama alanı geniştir.
- Fiziki yapısı estetikdir.
- Manevra kabiliyeti geniştir.
- Eksenleri vasıtasıyla kısa zamanda hedefe ulaşır.
- Çok hassas işlerde kullanılabilir.
- Boyutları diğer robotlara göre daha küçüktür.
- En çok tercih edilen robottur.



Resim 17: Endüstride kullanılan bir polar koordinat robotu ve eksenler

3.5.2. Sorular

Soru 1: Polar koordinat sisteminin eksenlerini tanımlayınız.

Soru 2: Polar koordinat robotunu silindirik koordinat robotundan ayıran özelliklerini belirtiniz.

Soru 3: Küresel koordinat robotunun diğer robotlara göre üstünlüklerinden üç tanesini belirtiniz.

Soru 4: Bir robot tasarımcısı polar koordinat robot tasarlarken neler göz önünde bulundurmalıdır?

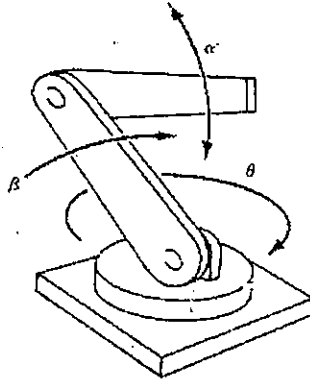
Soru 5: Polar koordinat robotunun en yaygın kullanıldığı alanlar nelerdir?

3.6. Revolute Koordinat Sistemi

Eğer bir robot herhangi bir iş yaparken kolu dairesel hareketli bağlarla oluşturuluyorsa, bu tip robotlara **revolute koordinat sistemli robotlar** denir. **Revolute**, sözlük anlamı olarak geriye veya aşağıya doğru kıvrılmış manasına gelmektedir. Teknikteki karşılığı ise; dönme, devir, bir cismin bir merkez etrafında dönmesi anlamlarına gelir.

Robot kolunun bağlantıları gövde üzerine, etrafında dönecek şekilde monte edilmiştir ve dayanak noktaları birbirine benzeyen iki ayrı bölümü taşır. Dönen parçalar yatay veya dikey monte edilebilir.

Robot kolunun bazı hareketleri yapabilmesi için tanımlanmış bir hareket alanı (bölge ya da eksen) gerekmektedir. Ayrıca sabit yer, robota referans noktasını almasını sağlar. Robotlar çeşitlerine göre tek, iki veya üç eksenli diye adlandırılırlar. **Şekil 40**'da revolute koordinat sisteminin hangi hareketleri yapabileceği gösterilmiştir. Hemen hemen tüm endüstri robotları üç eksenli olmasına rağmen, yardımcı eksenleri de kullanabilirler. Bu yardımcı eksenler robot kolunun bileğinde kullanılır.



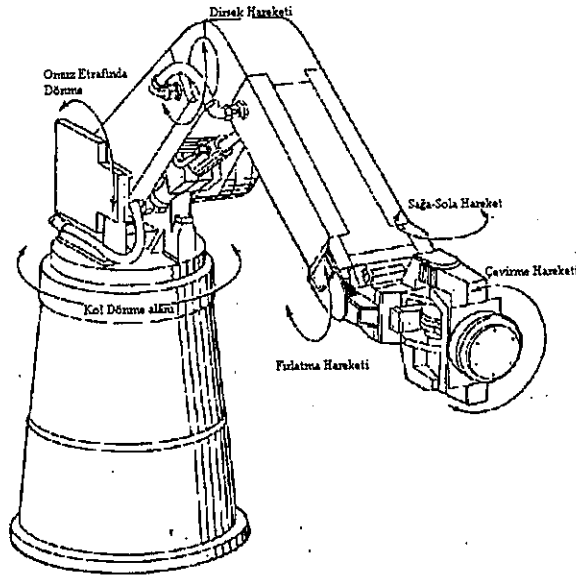
Şekil 40: Revolute koordinat sistemli robot eksenleri

Robot bileği, robot kolunda son etkileyici olarak kullanılır. Robot bileği ile, üç eksen üzerinde üç değişik hareket yapılabilir. Bu hareketler şunlardır.

- Fırlatma hareketi: Bu hareket, bileğin aşağıya veya yukarıya doğru hareketi sonucunda elde edilir.
- Çevirme hareketi: Bu hareket, robota ait kolun, bileğinin bükülmesi sonucunda elde edilir.
- Sağa-sola sapma hareketi: Bu hareket de, bileğin yatay düzlemde sağa veya sola yaptığı hareketler sonucunda elde edilir.

Yukarıda anlattığımız bileğe ait hareketler **Şekil 16**'da (Sayfa 134) gösterilmişti.

Temel eksen ve yardımcı eksenlerin birleşmesiyle, robot birbirinden farklı altı değişik hareket yapabilir. Revolute koordinat sistemi ve bileğin birleşmesinden oluşan robot, **Şekil 41**'de gösterilmiştir.



Şekil 41: Revolute koordinat sistemi ve bileğin birleşmesinden oluşan robot

Revolute koordinat sistemine göre hareket eden robotlar, insan kolunun hareketlerini en yakın şekilde taklit edebilen robotlardır. Bu ro-

botlar **anthropomorphic robot** olarak da isimlendirilirler. Çünkü, insan hareketlerine en çabuk ve kolay şekilde adapte olabilen robot tipidir. Revolutede koordinat sisteminde üç ana bağlantı vardır. Bunlar; gövde, omuz ve dirsektir. Omuz gövdenin üstüne, dirsek ise omuz hattının sonuna monte edilmiştir. **Şekil 40'**da görüldüğü gibi bütün hareketler açısaldır. Gövde; θ açısı ile zemine göre hareket eder. Omuz ise β açısı ile aşağı ve yukarı hareket eder. Dirsek de, yani ikinci parça, α açısı ile aşağı yukarı hareket eder. Revolutede ve jointed (eklemlili) terimlerinin ikisi de robot mühendisleri tarafından kullanılmaktadır.

Bu tür bir yapının en önemli avantajı çalışma sahasındaki her şeye ulaşabilmesidir. En önemli dezavantajı ise üç parçayla kontrol edilebilir olmasıdır. Bu koordinat sistemini kullanan robotların boşluktaki bir noktaya ulaşmasının değişik yolları vardır. Bu nedenle hangisinin en iyisi olduğunu seçmek güçtür. Bu yollardan en iyi olanı, seçilerek gidilmek istenen noktaya ulaşılabilir. Bu koordinat sistemini kullanan robotun kompleksliğinden dolayı (parçaların birbirinden bağımsız olarak hareket etmesi) kontrol ederken bilgisayar kullanma zorunluluğu vardır.

Tekrar edilebilirlik, istenilen noktaya yapılabilen yakın hareketlerin ölçüsü olarak belirtilmiştir. Hareketlerin tekrar edilebilirliği 0.02 mm'den 1.2 mm'ye kadar olan kalınlıktaki eklem parçalarının kullanılabilmesiyle elde edilir. Eklemlili robotlar, şunları içermelidir:

- Uygun bir şekil,
- Ağırılık,
- Hareketlilik,
- Güç ihtiyaçları,
- Taşıyabilme kapasitesi,
- Eklem parçalarının çabuk hareket edebilme özelliği,
- Çabuk tekrar edebilme,
- Menzili kadar hareket edebilme özelliği.

Robotu yönlendiren bilgisayar üzerinde ise;

- Programlama dili,
- Hafıza ve dışardan girilebilecek başka bir programı çalıştırma özelliği bulunmalıdır.

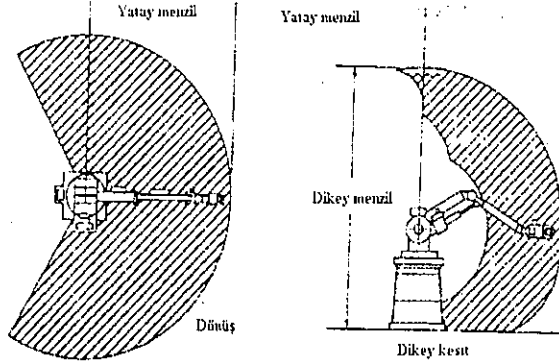
Eklem parçalarının maksimum hareket edebilme hızları; ağırlığa ve kullandığı malzemelere göre değişir. Erişebilme özellikleri de bu eklem parçalarına bağlıdır.

3.6.1. Revolute Koordinat Sistemli Robotların Avantajları

Revolute koordinat sistemli robotların avantajları şöyle sıralanabilir:

- İyi bir manevraya sahiptir.
- Yüksekte olan nesnelere ulaşabilir.
- Önden, yandan, arkadan ve üstten girişi basittir.
- Küçük yerde geniş hareket imkânına sahiptir.
- Estetik dizaynı bulunmaktadır.
- Seri hareket edebilir.
- Karmaşık ve devamlı hareket imkânı sağlar.

Revolute koordinat sisteminin, döndürme mekanizmaları için hidrolik sistemi kullanıldığında, çok masraflı olmaktadır. Ayrıca kontrolü ve göz önünde canlandırılması oldukça zordur. Revolute koordinat sistemli robotun çalışma prensibi Şekil 42'de gösterilmiştir.



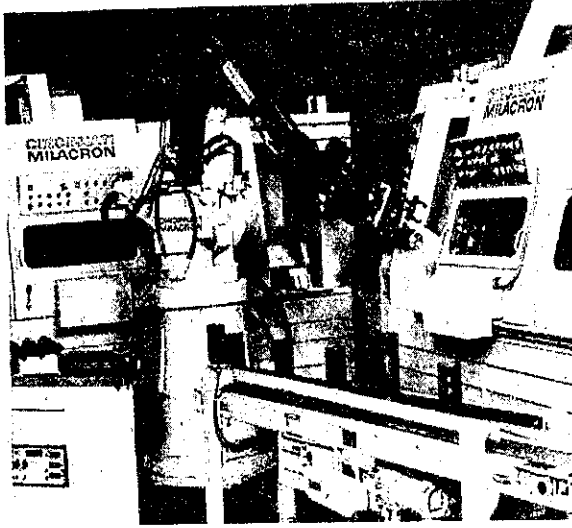
Şekil 42: Revolute koordinat sistemli robotun çalışma alanı

Robot kolunun taralı alan üzerinde ulaşabileceği en son noktaya çalışma alanı denir. Robotun üstten görünüşüne üstten kesiti, yan taraf-

tan görünüşüne ise **dikey kesit** denir. İki kesitin birleşmesi sonucu robot kolunun ulaşabileceği alan ve toplam çalışma alanı bulunur.

3.6.2. Revolute Koordinat Sistemli Robotların Kullanıldığı Yerler

Küçük robotlardan bazıları, 1 kg civarında yüklenme kapasitesine sahiptir ve bu özelliğinden dolayı paketleme işlerinde, ayrıca test ve araştırma işlerinde kullanılır. 4 kg yüklenme kapasitesine sahip robotlar su ve lazer kesicilerinde, eşya kavramakta kullanılır. 10 ve 20 kg kapasiteli robotlar ise makine yükleme ve indirmede, metal cilalamada kullanılır. **Resim 18**'de revolute koordinat sistemli bir robota ait resim görülmektedir.



Resim 18: Revolute koordinat sistemli bir robota ait resim

3.6.3. Kıvrılmış Kollar İçin Ulaşılabilir Çalışma Alan Hesabı

Mekanik kolların düzeysel hesabı bilgisayar destek programları için sadece yararlı bir araç değil, aynı zamanda genel durum görevindeki robotik manipulatörlerin karakteristik performanslarının daha iyi anlaşılmasını sağlar (eğrisel yollar, kol konfigürasyonu gibi). Bunun da ötesinde pozisyonların ve oryantasyonların bütünlüğünün bilgisi ki, bunlar bir manipulatörle elde edilebilir ve çevresiyle birlikte robot kollarının

dizayn ve analizinde kullanılır. Yaygın olarak iki ayrı çalışma sahası uygulanmaktadır:

Ulaşılabilir Çalışma Sahası

Manipulatör elindeki bir referans noktası ile her noktaya ulaşılabilen kısım genellikle end-effector (son etkileyici) referans olarak seçilmektedir.

Çabuk Çalışma Sahası

Herhangi istenilen bir oryantasyon içinde manipulatör elindeki bir referans noktası vasıtası ile, her noktaya ulaşılabilen kısımdır. Bu çalışma sahası, ulaşılabilir çalışma sahasının düzenli ya da düzensiz bir alt sahasıdır. İlk ve son eksen arasındaki normallik rotasyonun orta ekseninin her birini aynı zamanda kestiğinde, bu ilk ve son eksen arasındaki normal mesafede maksimuma çıkarılmaktadır.

Kumar ve Waldron (1981). statik bir yaklaşım takip etmişlerdir. Eldeki referans noktasına uygulanan hayali gücün etkisi altında ve manipulatör gücün doğrultusunda maksimum uzamayı elde etmişlerdir. Bu yaklaşım kapalı bir algoritma formuna öncülük etmiştir.

Sciavicco ve Siciliano (1988); Kumar ve Waldron'da olduğu gibi kinematik bir düşüncede aynı destekleyici fikirleri geliştirdiler. Bu fikre göre: kolları maksimum uzunluğa getirmek ve bir manipulatörün ulaşılabilir çalışma sahasını bulmak için, çalışma sahası içindeki bağlantı alanlarında lineer olmayan direkt kinematik uygulanması tavsiye edilmektedir. Bu işlev sürekli olduğu için çalışma sahası kıvrım yüzeyi, iki tür bağlantı alan noktasının belirtildiği yer içindeki end-effector (son etkileyici) seti arasında aranmalıdır. Diğer bir deyişle, değişkenliğin kaybolduğu durumlardaki noktalar, çalışma alanı sınır yüzeylerinin muhtemel oluşturucuları olarak kabul edilirler.

Destekleyici fikirler herhangi bir manipulatör geometriye uygulanabilir görüntürse de, şu andaki çalışma, düzlemsel bağlantılı kıvrık kollar için sınırlıdır.

İlk adım olarak kolun tekil konfigürasyonlara uygun end-effector (son etkileyici) bölgeleri plânlanmaktadır. Daha sonra direkt kinematik

işlev bölgesini sınırlayan noktaların uygun bir alt seti, uygun hayalî çalışma alanı içinde şekillendirilmektedir.

Elde edilen çıktı resmi sadece çalışma alanı sınırını göstermez, aynı zamanda manipulatörün farklı durumları vasıtasıyla karakterize edilen farklı bölgelerdeki çalışma alanlarını bölen çizgiler topluluğunu da gösterir. Sonuç olarak bir grafik iş programı, eğer isteniyorsa çalışma alanını sınırlayan kesin noktaları seçer. Dikkate değer olan şudur ki, algoritma belli sayıdaki bağlantılar için çalışır ve sadece direkt kinematik işlevin hesaplanmasını yerine getirir.

Günümüzde manipulatör hareketleri için mükemmel yazılımlar geliştirilmiştir. Ameliyat yapabilen robotlar gündemdedir.

3.6.4. Sorular

Soru 1: Revolute koordinat sistemini şekil çizerek kısaca açıklayınız.

Soru 2: Revolute koordinat sistemini diğer koordinat sistemlerinden ayıran özellikleri belirtiniz.

Soru 3: Revolute koordinat sisteminin avantajlarını ve dezavantajlarını yazınız.

Soru 4: Revolute koordinatlı robot sistemleri nelerde kullanılır?

Soru 5: Bilek hareketinin önemini belirtiniz? Bilek hareketini kullanmadan revolute koordinat sistemini kullanabilir miyiz? Niçin?

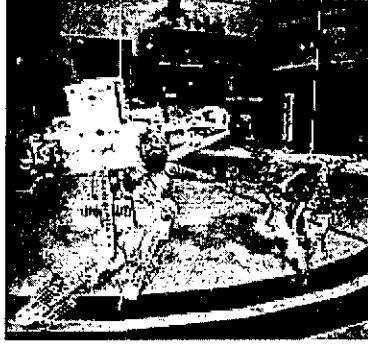
4. ÜNİTE: ROBOT ÇEŞİTLERİ

4.1. Kartezyen Robotlar

3.3. Kartezyen Koordinat Sistemi (Sayfa 136) bölümünde kartezyen sistem denildiğinde ne anlaşılacağı etraflıca anlatılmıştı. Şekil 18'de de kartezyen koordinat sistemine ait şematik çizim verilmişti. Kartezyen koordinat sisteminde bütün robot hareketleri birbirine 90°'lik bir dik açıyla hareket eder. Bu nedenle kartezyen robotlar dikdörtgenimsi bir biçimdedir. Günlük hayatımızdaki sağa sola, aşağı yukarı vb. hareketlerimiz, kartezyen koordinat hareketlerdir.

Birçok bilim adamı, tehlikeli ve zor işlerde kullanmak üzere genelde dört veya daha fazla ayaklı ve değişik eklem yapısına sahip robotlar üretmeye çalışmaktadır. Bu yaklaşımlarda karşılaşılan en önemli sorun, denge konusunda ortaya çıkmaktadır. Şimdiye kadar, tasarlanan robotlarda uzvun çevreye göre konumu tespit edilerek, nasıl bir davranışta bulunacağı da göz önüne alındıktan sonra buna göre bilgisayar programları hazırlanmış ve mekanik sisteme yüklenmeye çalışılmıştır. Örneğin; robot adımını atacağı zaman, ayağın ulaşacağı istenilen mesafe hesaplanmakta ve ayağın o kadar ileri atılması sağlanılmaktaydı. Ancak bu yöntem çok başarılı olamamıştı. Çünkü yapılan işlemlerde hata olasılığı çok yüksekti. Yapılacak hata sonucunda robot, kısa bir adım atıp sendeleyebilir veya uzun bir adım atıp yapısında arızalara yol açabiliyordu.

Bilim adamları, bu tür aksaklıkları ortadan kaldırmak için uzun yıllar süren araştırmalar yapmışlardır. İlk olarak 1996 yılında *Spring Turkey (Zıplayan Hindi)* adlı iki ayaklı bir robot üretilmiştir. Bacaklar, robotun kutu gibi olan gövdesine üstte kalça, ortada iki yerden kırılan diz şeklinde monte edilmiştir. *Spring Turkey*'i bir kol yardımıyla bir güç kaynağına bağlayınca, yan kısımlara olan kayması da ortadan kaldırıldıktan sonra robotun ilk yürüyüşü başarı ile gerçekleştirilmiştir.



Resim 19: Spring Turkey (Zıplayan Hindi) isimli robota ait resim

4.1.1. Kartezyen Robotların Tasarlanması

Kartezyen bir robot tasarlanırken, kuvvetlerin nasıl denetleneceği, meydana gelen titreşimlerin nasıl sönmümlendirileceği, robotun uç eklemelerinin çevreyle olan teması ile kartezyen koordinat sisteminde meydana gelebilecek konum hatasının nasıl giderileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Şimdi kısaca bu denetimleri inceleyelim:

a. Kuvvet Denetimi

Robotların ilişkide buldukları çevreyle uyumlu çalışmalarını için çevreye uygulayacakları kuvvetlerin denetlenmesi gerekmektedir. Bu denetleme sayesinde, robotun ve çevrenin zarar görmesi önleneceği gibi, belirli bazı kuvvetlerin uygulanmasını gerektiren işlerin de robot tarafından yapılabilmesini sağlayacaktır.

b. Sönüm Denetimi

Robot hareket ettiğinde, robotu oluşturan mekanizmalarda ister istemez titreşimler meydana gelebilecektir. Bu titreşimlerin mümkün olduğunca düşük seviyelerde tutulması arzu edilir. Titreşimleri yutmak için titreşim damperleri veya diğer sistemler kullanılabilir. Herbir hareket sonrasında titreşim meydana geldiğinde sönmümlleştirilmesi gerekir. Kartezyen kuvvetler istenilen konum emirleri yerine, istenen hız emirlerinin düzeltilmesinde geri besleme olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde yalnızca istenen hızları girdi olarak kabul edebiliriz.

c. Stifness Denetimi

Stifness denetiminde robotun uç eklemlerinin çevreyle olan teması ile kartezyen koordinat sisteminde bir konum hatası oluşacaktır. Elde ettiğimiz bu hata vektörünü yapılacak işe göre tanımlanmış olan bir stifness matrisi olan K_c ile çarparsak kartezyen koordinat kuvvetini bulmuş oluruz. Stifness matrisinin, elemanlarına göre değişik eksenlerde değişik kuvvetler uygulanmalıdır. Kartezyen kuvvetler eklem torklarının Jacobian ile çarpılarak eklem buruları bulunur. Kartezyen koordinat kuvvetlerinin, konumun hatasının düzeltilmesi için geri besleme elemanı olarak kullanılması gerekir.

d. Çeli (Impedance) Denetimi

Sönüm ve stifness, denetimlerinin genel halidir. Hem istenen konum, hem de istenen hız emirleri denetim döngüsünün girdisi olabilir. Kartezyen kuvvet bilgisi farklı kazançlarla çarpılarak hız ve konum emirlerine geri besleme olarak verilir.

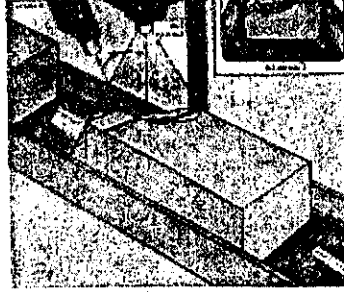
Bu hususlar ve diğer gerekli uygulamalar dikkate alınmak suretiyle kartezyen robotlar değişik yöntemlerle hareket ettirilebilir. Elbette günümüzde en iyi yöntem, yüksek seviyeli programlama dillerinden faydalanmaktır.

Kartezyen robotları hareket ettirmek için yazılan yüksek seviyeli dillerde, robot hareketi tamamen programcı tarafından istenilen yönlerde tanımlanan giriş yönlerine göre olur. Genellikle bu tür programlarda hareketin boyutuna göre matrissel ifadeler kullanılır. Her bir eksenin kendisine ait hareket matrisleri mevcut olduğundan bu işlemler kolaylıkla yapılır.

Robotun parçayı sağdan-sola veya soldan-sağa hareket ettirmesi gayet kolaydır. Ancak çevirme veya döndürme gibi işlerde yukarıda bahsettiğimiz eksenlerin dönme matrisleri söz konusu olacağından, işlem biraz karmaşık bir hâl alır.

Etrafımızdaki cisimlerin üç boyutlu olmasından dolayı bazı durumlarda cisimleri kendimize yakın veya uzak olmasını kesin olarak bilemeyeceğimiz için hareketlerimizde bir duraksama geçiririz. Çok az robot, günümüzde bu lükse ve cisimleri üç boyutta görme özeliğine sahiptir. İşte robotlardan asıl beklenen bu şekilde üç boyutta yani kartezyen koordinatlarda hareket edebilme yeteneğine sahip olmalarıdır.

Bunun için son yıllarda yapılan çalışmalarda makine görüntü sistemleri üzerinde durulmuştur. Üç boyutlu görüntüdeki gelişmeler başlıca iki kısımda yoğunlaşmaktadır. Bunlar *inferred* ve *stereoscopic* üç boyutlu görüntülerdir. *Stereoscopic* üç boyutlu görüntüler tıpkı insan gözleri gibi iki kameraya ihtiyaç duyarlar (Resim 20). *Inferred* üç boyutlu sistemler için tek bir kamera kullanılır ve üç boyutta ışığın kırılmasından veya gölgeleri kullanarak, optik sistemin ürettiği verilerden hesaplama yoluyla üç boyutu bulur. Trigonometrik hesaplamalar, gerekli derinlik bilgisini kolaylıkla vermektedir.



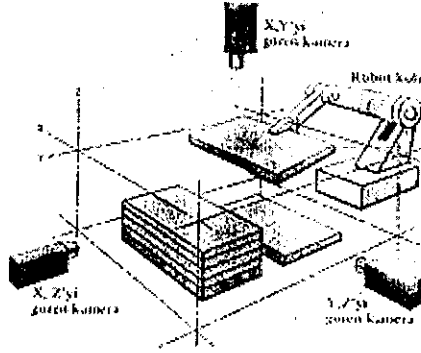
Resim 20: İki kamera ile kontrol

Stereoscopic üç boyutlu sistemlerin çalışma biçimi şu şekilde açıklanabilir.

Kullanılan her iki kameradan elde edilen görüntülerden algoritmanın trigonometri ağırlıklı matematiksel kısmının yardımıyla uzayda cismin yeri saptanır. Bu uygulamalarda *pinhole* ilkesine göre çalışan kameralar kullanıldığından, bütün ışınların kamera içerisine tek bir noktadan girmesi sağlanır. Dolayısıyla tek bir sabit noktadan giren ışınlar *pinhole* ilkesine göre uzayda tek bir doğru belirler. Nokta iki kamera ile görüntülediği için uzayda bir çift hat belirler. Bu hatlar, uzayda asıl cismin üzerinde kesişmelidir. Bu işlemlerde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, kameraların kalibrasyon ayarıdır. *Stereoscopic* teknikte kullanılan kameralardan biri görüntülenen bölgenin üstüne, diğer kamera ise belli bir arayla yanına yerleştirilir (Resim 21).

Üst kısımda bulunan kamera, görüntünün (X - Y) eksenlerindeki bilgiyi verirken, diğer kamera (X - Y) verisinin yanı sıra üçüncü kameradan elde edilemeyen Z verisini verir. Böylece X,Y,Z koordinatlarından bilgiler alınmış olur. Hesaplamalarda kolaylık sağlanması için kameraların yatayla 90° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmesi büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

Kontrol mekanizması, kameralardan gelen kartezyen koordinat bilgilerini ve robot kolundaki pozisyon sensör verilerini algılar. Gerekli bütün hesaplamaları yapan kontrol mekanizması robotun kolunu programlanan şekilde hareket ettirir.



Resim 21: Stereoscopic üç boyutlu sistemlerin çalışma biçimi

Bu sistemlerde üç boyutlu gerçek görüntü sağlamak her zaman mümkün olmayabilir. Bunun için günümüzde üç boyutlu kameralar üzerinde, bir çok araştırma niteliğinde çalışmalar yapılmaktadır.

Kartezyen robotlar genelde çizimlerde, bantlı sistemlerin kaldırma, indirme, döndürme v.s. gibi taşıma işlemlerinde kullanılabilir.

4.1.2. Sorular

Soru 1: Kartezyen robotlara ait eksenler hakkında bildiklerinizi anlatınız.

Soru 2: Denge konusundaki sorunları ortadan kaldırmak için yapılan robotun ismi neydi, kısaca bu robot hakkında bilgi veriniz.

Soru 3: Kartezyen robotların tasarlanmasında dikkat edilmesi gereken hususları yazınız.

Soru 4: Kartezyen robotların hareket ettirilmesinde yararlanılacak en iyi yöntem hangisidir? Açıklayınız.

Soru 5: Steroscopic üç boyutlu sistemlerin çalışma ilkelerini açıklayınız.

4.2. Jointed Arm Robotlar

Bu robotların açıklamasına girmeden önce bu robot türünün adının ne anlama geldiğini, jointed ve arm kelimelerini parçalayarak açıklayalım. **Joint**; bu kelime, kullanıldığı yere göre şu anlamları içerir. Eklem, ek yeri, ek parçası, ortak, birleşik, bitişirmek, eklemek gibi. Bu kadar fazla anlam içerisinde bizim için en uygun olanı "eklem" dir. **Arm**; bu kelime de yine, kullanıldığı yere ve kullanım amacına göre bir çok anlama gelmektedir. Bunları kısaca sıralayacak olursak; kol, giysi kolu, koltuk kolu, güç, otorite, dal, şube kol gibi anlamlara gelmektedir. Bu iki kelime anlamları içerisinde bizim için en uygun olan anlam ise, *Kol Eklemli Robotlar*dır.

Jointed arm robotların dizaynı insan kolundan esinlenilerek yapılmıştır. İnsan kolu dizaynı şaşırtıcıdır. Ne zaman ihtiyacımız olsa dizaynın izin verdiği ölçüde, işlevlerini yerine getirir. Kol eklemli robotlar yeteneklerine göre, insan kolunun yerine getirebileceği görevleri üstlenmek amacı ile yapılmışlardır. Kol eklemli robotlar insan kollarında olan tüm esnekliğe ve hassasiyete tam olarak sahiptir ve değişik görevlerde insan kolunu taklid ederler.

Kol eklemli robotlar altı ekseninde de rahatça hareket ederler. Bu altı ekseninden üç tanesi kol hareketi için, diğer üç tanesi ise bilek hareketi içindir.

4.2.1. Jointed Arm Robotun Beş Ana Parçası

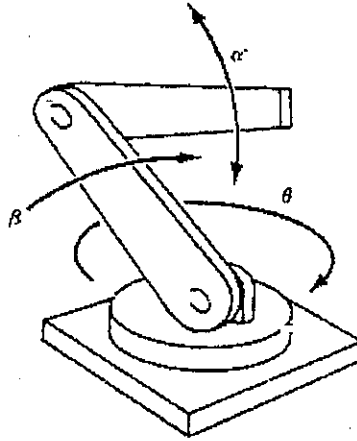
Çok hızlı olan jointed arm robotun beş ana parçası vardır. Bunlar;

- Kol mekanizması,
- Son etkileyici,
- Yürütücüler-sürücüler,
- Kontrolör,
- Algılayıcılar.

olmak üzere sıralanabilir.

a. Kol Mekanizması

Bilindiği gibi günümüzde kullanılan robot kollar genellikle ağır işler için tasarlanmakta ve buna bağlı olarak da robot kolları yapılırken kullanılan malzemeler de ağır malzeme olmaktadır. Kullanılan malzemenin ağır olması demek, robot için hızında düşme olması anlamına gelmekte, oysa ağır malzeme yerine hafif malzeme ile robot hızı kolaylıkla artırılabilir. Hafif malzeme kullanılması, robotun esnekliğini de artırır. Aşağıda Şekil 43'de bir kol düzeneği görülmektedir. Bu düzenek temel olarak kolun kaç parçadan oluştuğunu ve bu parçaların hangi yönlerde hareket kabiliyetine sahip olduğunu da göstermektedir.



Şekil 43: Jointed Arm robot üzerindeki bir kol düzeneği

Şekil üzerinde görülen açılar sırası ile şunları ifade eder:

θ : Açısı robotun zemine göre, yani gövdenin bulunduğu duruma göre verilen açı değeridir. Kısaca bu açıya robot gövdesinin dönüş açısı diyebiliriz.

β : Açısı robot kolundaki, omuz ile dirsek arasında bulunan parçanın omuza göre yaptığı açıyı ifade eder.

α : Açısı robot kolunda bulunan, dirsek ile bileği birleştiren parçanın dirseğe göre yaptığı açıyı ifade eder.

Robot kolunu oluşturan parçalar birbirine bağlandıktan sonra, bu bağlantının bir ucu robot gövdesine bağlanır. Öbür ucuna ise ileride bahsedeceğimiz son etkileyici bağlanır.

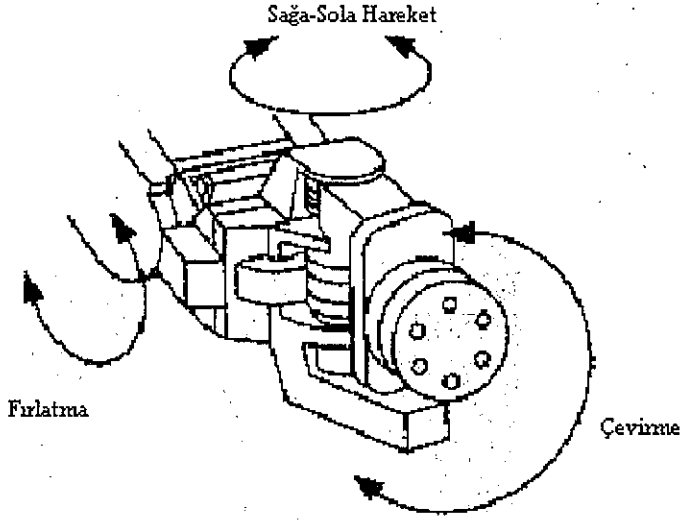
Robotun tümünü üç parçaya ayırırsak bunlar, manipulatör kol ve bilek olarak sayılabilir. Eklemlerde bağlanmış olan ve hareketler esnasında, eğilmeyen parçalardan oluşan robot kolları, hareketlerine (kullandıkları koordinat sistemine) göre dört sınıfa ayrılırlar. Jointed arm robotlar, bunlardan revolutede, yani üç dönme eksenine sahip koordinat sistemini kullanırlar.

b. Son Etkileyici

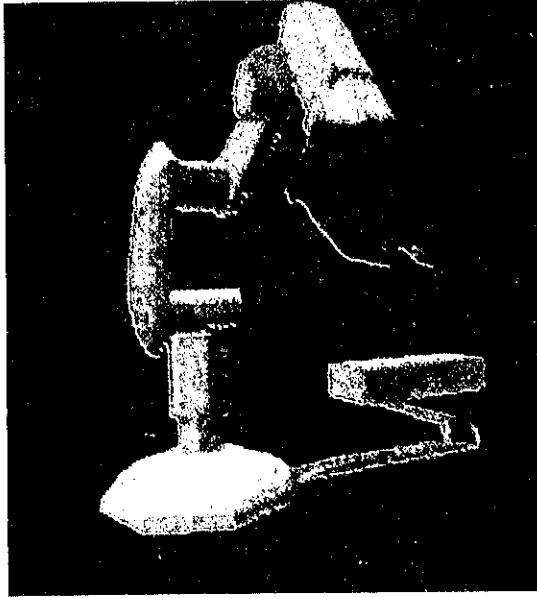
Robot kollarına bağlanan el kısmına **son etkileyici** denir. Bu kısım insan elinden esinlenerek yapılmıştır. **Şekil 16'**da (Sayfa 134) **son etkileyicinin** genel hâli ve yapabileceği temel hareketler verilmiştir. Temel olarak bu bilek üç hareket yapabilmektedir. Bunlar;

- Sağa-Sola Hareket: Bileğin yatay düzlemde sağa veya sola yaptığı harekettir.
- Çevirme: Bileğin uç kısmının dönmesi sonucu elde edilen harekettir.
- Fırlatma: Atma hareketi olarak da adlandırılır. Örnek vermek gerekirse, insanın parmaklarını bükmesinden esinlenilerek ortaya çıkmış bir harekettir (**Şekil 44** ve **Resim 22**).

Robotun bileği öyle ilgi çekicidir ki, bir vakum pompası cımbız, bistüri, kaynak lambası vb. olarak kullanılabilir. Bazı robotların bilekleri sabit değildir. Böylece her işe göre eğer uygun bilekler var ise, bilek değiştirilebilir. Böylece her farklı iş için yeni bir robot almaktansa, işlere göre farklı bilekler alınarak, fazla masraftan kaçınılmış olur.



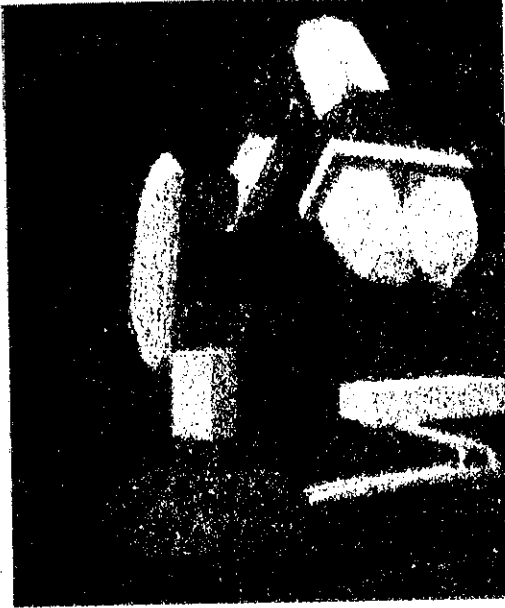
Şekil 44: Son etkileyicinin hareketleri



Resim 22: Jointed Arm robotta son etkileyicinin benzetimi

c.Yönlendiriciler-Sürücüler

Yönlendirici veya sürücü anlamlarına gelen bu parça, kontrolörden veya robotu kumanda eden kişiden gelen komutlara göre hareket eden parçalardır. Adından da anlaşılacağı gibi, bu parçalar aslında birer motordur. Bu motorlar olmadan robota hareket verilemez. Motorların çeşitli enerji kaynakları vardır. Elektrik veya sıvı basıncı ile çalışanları mevcuttur. Jointed arm robotlarda sürücüler, **Resim 23**'de benzetim üzerinde gösterilmiştir.



Resim 23: Jointed Arm robotta sürücüler

Resimden de görüleceği gibi, Jointed Arm robotun hareket kabiliyetini sağlayan motorlar, oldukça fazla sayıdadır. Bir robotta motor sayısının fazla olması, o robotun çok sayıda hareketi serbestçe yapabileceğini gösterir. Çünkü motorlar robotun gövdesi hariç her zaman eklemlerine konulur. Böylece, motorları kumanda edecek program da mevcut ise, robota dizaynının elverdiği ölçüde çok sayıda hareket yaptırılabilir ki, bu hareket serbestliği Jointed arm robotlarda oldukça fazladır.

d. Kontrolör

Yukarıda da bahsettiğimiz gibi, robotlar programlanabilirler ve programları değiştirilebilir. Ayrıca her robot bilgisayara bağlı olarak çalışır. İşte kontrolör de robotun bağlı olduğu bilgisayar ile arasında bir

ara birim gibi çalışır ve bilgisayardan aldığı, önceden yazılmış robot programında bulunan komutları robota uygun bir şekilde iletir (**Resim 24**).

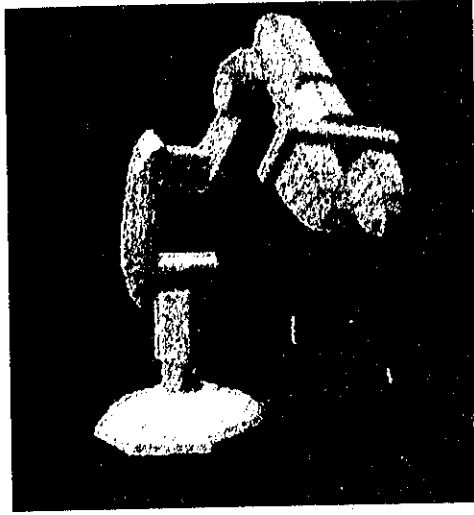
Böylece robot hangi parçasını veya hangi parçalarını ne kadar, ne yöne, ne zaman ve nasıl kullanacağını bilir. Kontrolörsüz robotlar bir şey yapamazlar ve hiçbir işe yaramazlar. Kontrolör mutlaka robotun bünyesinde yer alacak diye bir şart da yoktur. Kontrolör ve robot birbirinden ayrı da olabilirler. Bunun robot açısından bir önemi yoktur. Kontrolör o kadar iyi tasarlanmıştır ki robotla beraber veya ayrı olması görevini yapmasını kesinlikle etkilemez. Kontrolör robotun beyni gibidir. Programları ise değişik kodlarla yazılmaktadır. Kısaca kontrolörler, robotların beynidir dersek yanlış olmaz.

e. Algılayıcılar

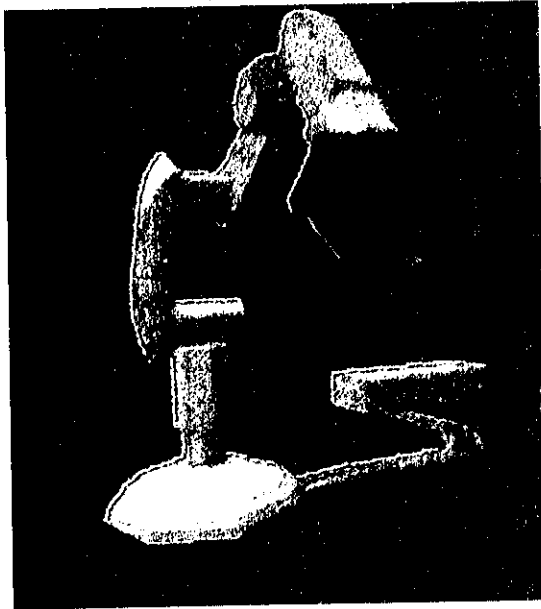
Yukarıda da bahsettiğimiz gibi robotlar her geçen gün daha da fazla gelişmektedirler. Bunun sonucu olarak da kabiliyetleri de her geçen gün biraz daha artmaktadır. Robotlar için çok önemli mesafeler alınmasına vesile olan elemanlardan birisi de algılayıcılarıdır.

Algılayıcıları olmayan bir robot için hareket etmek ve çalışmak çok zordur. Çünkü algılayıcılar geri besleme yapmadıkları zaman kontrolör robotun nerede, nasıl ve hangi durumda olduğunu anlayamaz. Dolayısıyla robotu ezbere hareket ettirir veya robotun doğru çalışması için bir insanın denetimi gerekebilir. Bu sebeplerden dolayıdır ki, algılayıcılar robotlar için büyük önem taşımaktadır.

Duyular ve kabiliyetler kıyaslandığı zaman algılayıcıları olmayan bir robot için, bazı basit canlı hareketlerini yapmak bile çok uzun bir yol demektir. Oysa algılayıcılar olmuş olsa, çevre ve kol hakkındaki bilgileri elektrik sinyalleri şeklinde kontrolöre gönderecek ve kontrolör de bu bilgilere göre robota yeni komutlar göndererek çalışmasını sorunsuz bir şekilde sürdürecektir.



Resim 24: Jointed Arm robotta kontrolör



Resim 25: Jointed Arm robotta bilek ucuna yerleştirilmiş algılayıcı

Günümüzde algılayıcıların robotlar üzerinde pek çok kullanım şekli vardır. Bunlar görme, koklama, dokunma, tat alma özellikleri olarak sıralanabilir.

4.2.2. Jointed Arm Robotların Özellikleri

Yukarıda da bahsedildiği gibi Jointed Arm robotlar insan kolundan esinlenilerek yapılmışlardır. Bunun sonucu olarak da insan kolunun yapabileceği çok sayıda hareketi yapabilmektedirler. Bu özelliklerini kullandıkları koordinat sisteminden (revolute koordinat sistemi) almaktadırlar. Bu koordinat sisteminin gereği olarak omuz, dirsek ve bilek bağlantıları vardır.

Bu bağlantı şeklinin robota kazandırdığı en büyük avantaj, çalışma alanındaki her noktaya rahatça ulaşabilmesidir. Çalışma alanı ise; robot kolunun yatayda dik olarak durması sonucu tesbit edilir.

Ayrıca yukarıda belirttiğimiz bağlantının dezavantajı da, robotun bir hareketi için robot bileğinin üç parça ile kontrol edilebilmesidir. Jointed Arm robotlar için çalışma alanı içerisinde bir noktaya ulaşmanın birden fazla yolu vardır. Bu yollardan en uygun olanının seçilebilmesi için bu robotları kontrol ederken bilgisayar kullanılmalıdır.

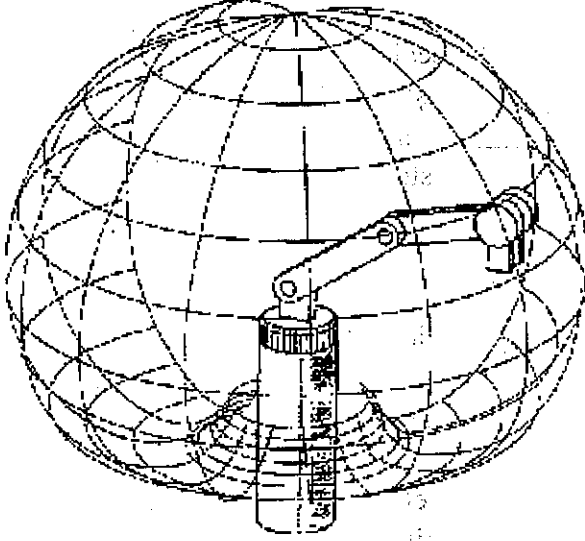
Jointed Arm robotların bir özelliği de yapılan hareketleri tekrar edebilme kabiliyetlerinin yüksek olmasıdır.

4.2.3. Jointed Arm Robotların Bazı Avantajları

- Manevra kabiliyetleri yüksektir.
- Yüksek noktalara ulaşabilirler.
- Görünümleri oldukça estetikdir.
- Karmaşık hareketleri yapabilir ve tekrarlayabilirler.
- Hızlı ve seri hareket edebilirler.
- Küçük yerler de rahat hareket ederler (dizaynlarından dolayı).

4.2.4. Jointed Arm Robotunun Çalışma Alanı

Şekil 45'de Jointed Arm robotunun çalışma esnasında çizeceği hacim gösterilmiştir.



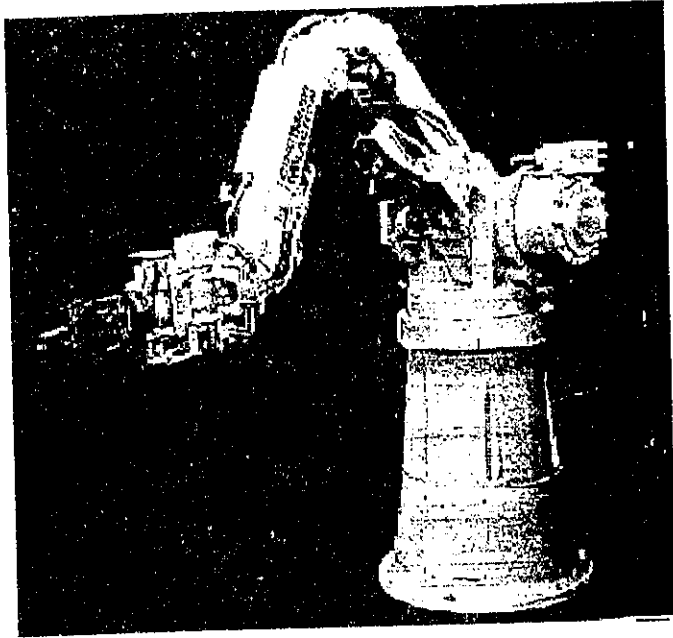
Şekil 45: Jointed Arm robotun çalışma alanı

4.2.5. Jointed Arm Robotlara Örnekler

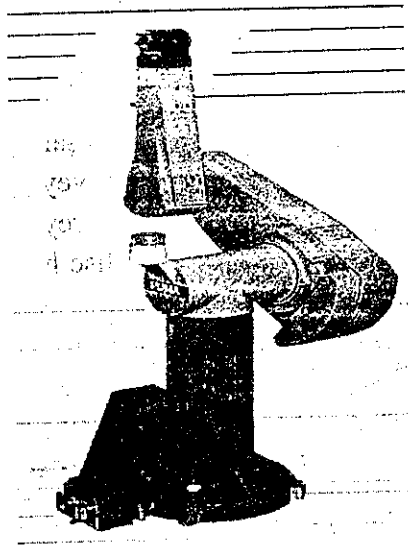
Endüstride uygun kullanım sahası bulan Jointed Arm robotlara ait bazı resimler aşağıda verilmiştir. **Resim 26'**de Cincinnati Milacron tipi bir Jointed Arm robota ait resim görülmektedir. Robotun uç kısmında son etkileyici diye adlandırdığımız bilek kısmı görülmektedir.

Jointed Arm tip robotların en çok üretildiği ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri'ni, Japonya'yı, Almanya'yı, İngiltere'yi sayabiliriz.

Resim 27'de ise Puma adını taşıyan Jointed Arm robotu görülmektedir. Puma robotlarının da üretildiği ülke Amerika Birleşik Devletleri'dir.



Resim 26: Cincinnati Milacron tipi bir Jointed Arm robota ait resim



Resim 27: Puma marka Jointed Arm robotu

4.2.6. Güvenlik Robotları

Jointed arm robotların diğeri bir kullanım alanları da güvenlik konularıdır. Bu konularda da başarılarını kanıtlayan robotların, temel olarak üç tipi vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Radyo ve video kontrollünde kullanılan robotlar,
- Gaz püskürten robotlar,
- Tabancalı robotlar.

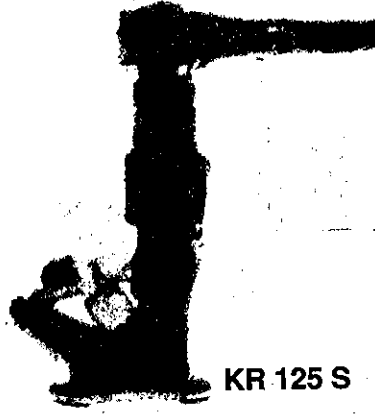
Bu robotlar, polise ihtiyaç duyulan yerlere götürülebilen ve kullanılacağı göreve göre değişik şekillerde dizayn edilmiş robotlardır. Genellikle polisin sürekli bulunamayacağı, fakat devamlı bulunması gereken yerlerde polisin görevini yapabilirler. Özellikle hırsızlara karşı kullanılan robotlar, koruduğu yerin önemine göre sabit veya hareketli olabilirler.

Sabit olanlarında, gelen davetsiz misafirleri etkisiz hâle getirebilmeleri ve yakalanmalarında polise yardımcı olmaları için TV kamerası, ses kayıt cihazı, gaz püskürtme mekanizmaları bulunabilir.

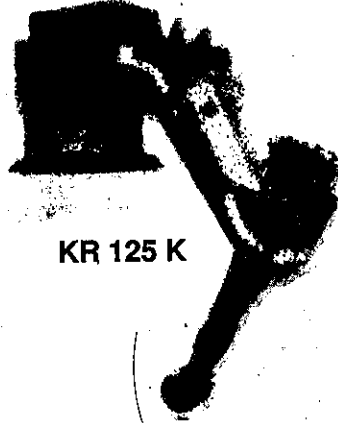
Hareketli olanları ise korunmaları çok daha önemli olan yerlerde kullanılırlar ve bunların son etkileyicileri yani bilekleri bir tabanca olabilir. Gelen davetsiz misafirlere pek de fazla şans tanımayan bu robotlar oldukça caydırıcıdır. Ayrıca bu tür muhafız veya güvenlik robotları olan Jointed Arm robotlar, herhangi bir hırsızlık veya özelliklerini kullandıkları başka bir durumda otomatik olarak polise haber vermekte ve polisin işini oldukça kolaylaştırmaktadırlar.

Resim 28'de köşeye yerleştirilebilen, köşe içerisinde dönüp dolaşarak çalışan 6 eksenli Jointed Arm robota ait resim görülmektedir.

Resim 29'da yüksek bir yere monte edilebilen ve orada çalışabilen bir Jointed Arm robotu görülmektedir. Bu robot özellikle otomobil üreten fabrikalarda sık rastlanmaktadır. Yukarıya monte edilmesi sayesinde yerden tasarruf edilebilmektedir.

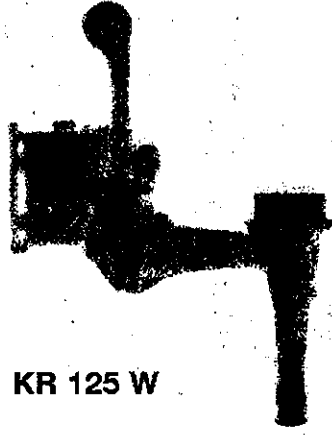


Resim 28: Köşe içerisinde dolaşarak çalışan Jointed Arm robot



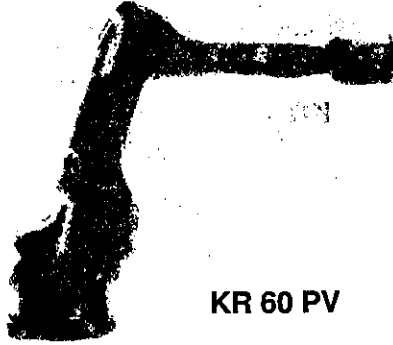
Resim 29: Yüksek yerlere monte edilebilen Jointed Arm robot

Yer darlığı nedeniyle robotun duvarı monte edilmesi söz konusu olabilir. Bu tür bir Jointed Arm robot **Resim 30'** da verilmiştir.

**KR 125 W**

Resim 30: Duvara monte edilebilecek bir Jointed Arm robotu

Resim 31'de ise 8 metreye kadar uzanabilen büyük hacimli bir Jointed Arm robotu görülmektedir. Bu robot diğerleriyle kıyaslandığında daha yükseklere çıkabilmekte, bir parçayı bir noktadan alıp diğer bir noktaya iletebilmektedir.

**KR 60 PV**

Resim 31: 8 Metreye kadar olan mesafelere yükselip yükleme yapabilen Jointed Arm robot

4.2.7. Sorular

Soru 1: Jointed Arm robotun beş ana parçasını yazınız.

Soru 2: Jointed Arm robot kolu kaç açı ile hareket eder, bu açıları kısaca açıklayınız.

Soru 3: Jointed Arm robot kullanmanın avantajlarını ve dezavantajlarını yazınız.

Soru 4: Son etkileyicinin kaç yönde hareket ettiğini, isimleri ile kısaca açıklayınız.

Soru 5: Algılayıcılar ve Jointed Arm robotların güvenlik amacıyla kullanılması konularında bildiklerinizi yazınız.

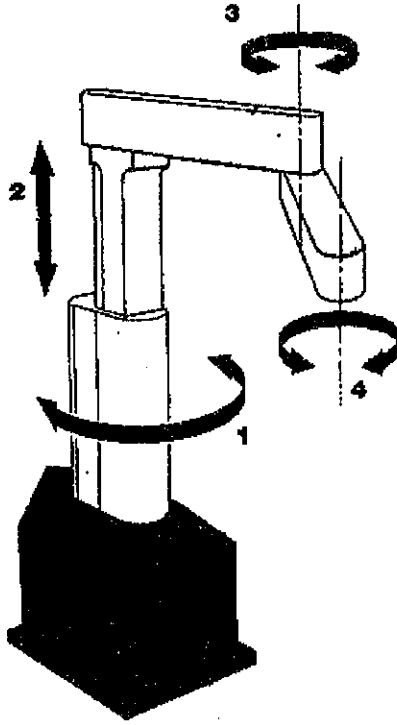
4.3. Scara Robotlar

Scara, Selective Compliance Assembly Robotic Arm kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. Yani seçilenlere uyan montaj robotu koludur. Bu robot 1970'den sonra Japon Endüstriyel Konsorsiyumu ve bir grup araştırmacı tarafından Japonya'da Yamanashi Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Scara tipi robot, çok yüksek hıza ve en iyi tekrarlama kabiliyetine sahip olan bir robot çeşididir.

4.3.1. Scara Tipi Robotun Özellikleri

Şekil 46'de Scara tipi bir robota ait şematik çizim verilmiştir. Bu robotta üç özellik bulunmaktadır:

- Doğruluk,
- Yüksek hız,
- Kolay montaj.



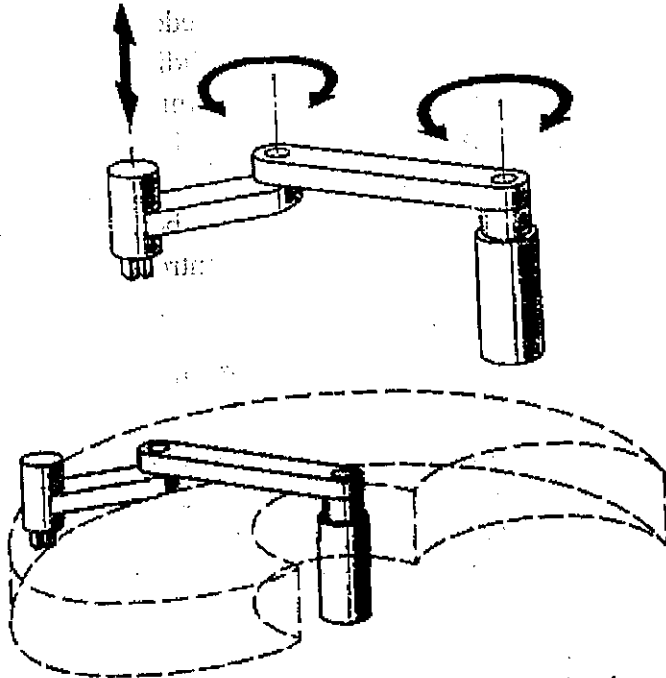
Şekil 46: Scara tipi robota ait şematik çizim

4.3.2. Scara Tipi Robotun Yapısı

Bu robot genellikle dikey eksen çevresinde dönen 2 veya 3 kol bölümünden meydana gelmiştir. Şekil 46'de görülen 1 numaralı eksen robota ana dönmeyi veren eksenidir. Bu eksen en çok montaj robotlarında kullanılmaktadır.

2 numaralı eksen doğrusal dikey eksenidir. Bu eksende sadece dikey hareket yapılabilmektedir. Bu özellik montaj robotlarında istenildiğinden dolayı, montaj robotlarının büyük bir kısmı aşağıya doğru dikey hareket yapar.

Dikey eksen hareketleri koordinat hareket eksenleri içinde aşağıya doğru yapılan en çabuk ve düzgün hareketlerdir. 3 numaralı eksende robot kolunun erişebileceği uzaklık değiştirilebilir. 4 numaralı eksende ise dönen kol bileği hareket eder. Şekil 47'de robotun çalışma alanına ait çizdiği hacim verilmiştir:



Şekil 47: Scara robotun çalışma alanına ait hacim

4.3.3. Kullanım Alanları

Günümüzde Scara tipi robotlar yaygın olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Elektronik devre elemanlarının baskılı devreler üzerine yerleştirilmesinde, Elektromekanik olarak çalışan küçük cihazların ve Bilgisayar disk sürücülerinin montajında bu robotlardan faydalanılmaktadır.

Elektronik devre elemanlarının yerleştirilmesi sırasında robotun tutucu kolu kullanılır. Bu kola alınan parça bakırlı plakete üzerinde önceden belirlenen yere yerleştirilir. Yerleştirme işlemi ve öncesi bilgisayar tarafından kontrol edildiği için hata meydana gelmeyecektir. Robotların elektronik sanayinde kullanılmasıyla birlikte seri üretim yapılmaya başlanmış ve kalite artmıştır.

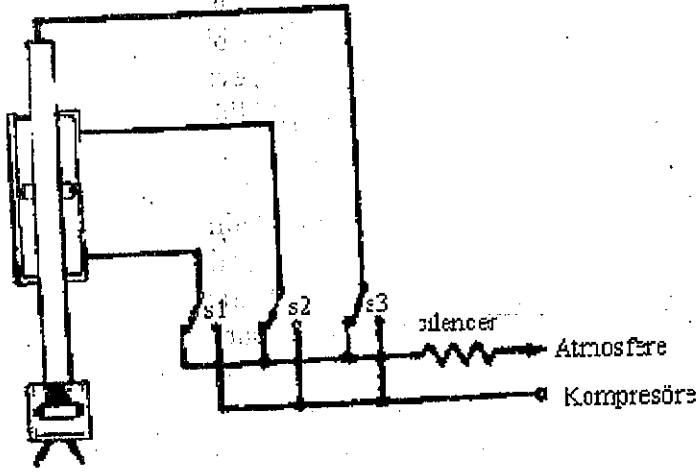
4.3.4. Scara Tipi Robot Kullanılarak Yapılmış Pnömatik Kontrol Sistemi

Kontrol sisteminin çalışmasına geçmeden önce burada kullanılan Scara tipi robotun yapısını incelemek gereklidir. Robotun hareketinin el ile kontrollü olduğu kısım, şekildeki Z düzlemdir. Bu düzlemdeki yukarıdan aşağıya doğru yapılan tutucunun hareketi 7,5 cm dir.

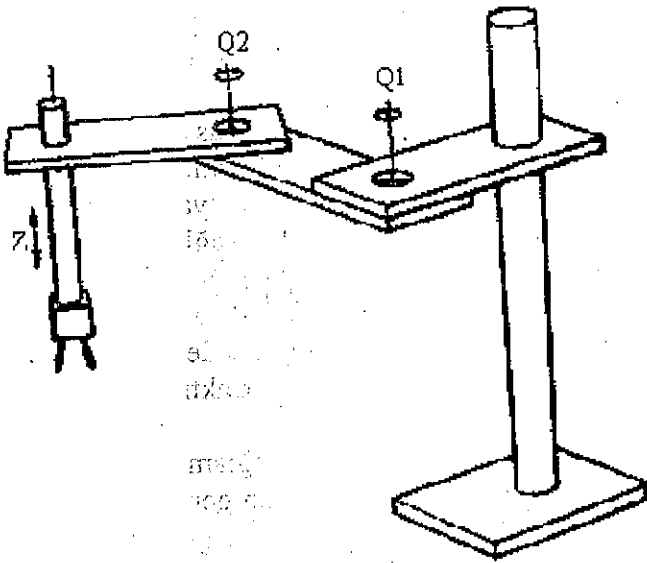
Bu nedenle tutulacak olan parçanın robota yaklaştırılması gerekmektedir. Robota yaklaştırma işlemi el kontrolünde gerçekleşir ve en fazla 50 cm'dir (Resim 48).

4.3.5. Kullanılan Scara Robotun Yapısal Özellikleri

1. Kol dönme açısı (Q1) Max = 200 derece
2. Kol dönme açısı (Q2) Max = 250 derece
1. Kolun uzunluğu = 250 mm
2. Kolun uzunluğu = 150 mm



Tutucu Kısım ve Pnömatik Şeması



Şekil 48: Scara tipi robot kullanılarak yapılmış pnömatik kontrol sistemi

Scara tipi robotta tutucu kısmın hareketi değişik biçimlerde yapılabilir. Fakat bunu yapabilmek için Scara robotun mekanik düzeneğinde bazı değişiklikler yapılması gerekmektedir. Sistemde Scara robotta kullanılan DC motorlar çıkartılmıştır. Çıkarılan DC motorların yerine ise step (adım) motorlar kullanılmıştır. Bu motorların adım açısının $1,8^\circ$ olması gereklidir. Tutucu kısmın görevi tut ve bırak işlemini yapmaktır.

Tutucu kısmın yukarıdan aşağıya doğru olan hareketini yapan birim pnömatik kontrollüdür. Bu sistemde yapılan bir diğer değişiklik de, şekilde görülen pnömatik valflerin kumanda devresinde, S1 ve S2 kontaklarının değiştirilmesidir. Pnömatik kontrollü sistemler ve pnömatik valfler ileride kısaca açıklanacaktır.

Robotun tutucu kısmının yukarıda kalmasını sağlamak için normalde açık olan S1 kontağının kapalı hâle getirilmesi ve giriş bilgisinin lojik 0 konumunda olması gerekmektedir. Burada pnömatik valf ile kontrol edilen kontaklar sadece S1 ve S2 kontaklarıdır. Girişimizin bir an için lojik 1 olduğunu düşünelim. Bu durumda S2 kontağından geçen basınçlı hava, S1 atmosfere açık olduğundan dolayı robotun tutucu kısmının aşağıya doğru hareketini sağlar.

Tutucu kısmın aşağıya doğru hareket etmesi, bağımsız olarak kumanda edilmesi gereken ve iki bitlik bilgiye gerek duyan S1 ve S2 valflerinin kumandasının bir bitlik bilgi ile yapılmasını sağlamıştır.

Pnömatik kısım tutucu kolun yukarı aşağı hareketini sağlamaktadır. S3 valfinin aktif hale gelmesi ile pnömatik kısım çalışmaktadır. Bu birimde küçük bir yay kullanılmıştır. Bu yay yardımıyla S3 valfinin normal durumunda tutucu uçların açık olması sağlanmıştır. S3 valfinin normal durumunda giriş bilgisinin lojik 0 olduğu unutulmamalıdır. Bu durumda S3 valfi basınçlı havanın geçmesine izin vermez. Giriş bilgisi lojik 1 durumuna geldiğinde S3 valfi konumunu değiştirecektir. Böylece basınçlı hava geçecek ve tutucu kollar kapanacaktır.

Tutucu kolların tekrar açılmasını sağlamak için giriş bilgisi lojik 0 yapılmalıdır. Bu durumda giriş lojik 1 iken gerilmiş olan yayın, basıncın ortadan kalkması ile yayın eski konumuna gelmesi sağlanmış olur ve kapalı olan tutucu kollar açık hâle gelir.

4.3.6. Sorular

- Soru 1:** Scara tipi robot kim tarafından ve nerede geliştirilmiştir ?
- Soru 2:** Hangi eksen Scara robotlarda ana dönmeyi sağlar ?
- Soru 3:** Scara tipi robotların özellikleri nelerdir ?

4.4. Endüstriyel Robotların Kullanım Alanları

Endüstriyel robotları, yeniden programlanabilir, otomatik pozisyon kontrollü, çok fonksiyonlu manipulatör işlemi yapabilen ve çok yönlü hareket edebilen metal koldan oluşmuş parça, alet veya programlanmış çeşitli hareketlerle görevini yerine getirebilecek özel donanımlı aletlerdir. Başka bir ifadeyle, "Hafıza kontrol birimi ile çeşitli çevre hâl ve şartlarında hislerini kullanarak işe adapte edilebilen veya çok tekrarlı işlemleri başarmak için parçalarını sık sık değiştirmeden işe adapte olabilen, maksatlı bir alettir", diye tanımlamaktadır.

Bu tanıma göre robot sistemi 3'e ayrılmıştır:

- ✓ Tanıma veya kontrol alt sistemi,
- ✓ Motorlu alt sistem veya hareketli parça sistemi,
- ✓ Algılayıcı alt sistemdir.

4.4.1. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması

Endüstriyel robotların sınıflandırılması, kumanda sistemlerine, yapılarına vb. değişik yönlerden ele alınarak yapılmıştır. Çeşitli ülkeler bu yönlerden endüstriyel robotları sınıflandırmışlardır. Biz burada bu konuda başı çeken Amerika, Japonya ve Fransa'ya göre endüstriyel robotların sınıflandırılmasını vereceğiz. Yalnız Amerika ile Japonya endüstriyel robotlarının sınıflandırılması aynıdır.

➤ Japon Sanayi Robotları Birliği (JIRA 'ya Göre Robotların Sınıflandırılması

JIRA ürettikleri ve endüstride kullandıkları robotları 5 ana başlık altında toplamıştır:

1. Bu sınıfa giren robotlar, fazla serbestlik derecesine sahip oldukları için operatör tarafından rahatlıkla kontrol edilebilen manipulatörlerdir.
2. Bu sınıfa giren robotlar da, operatör tarafında kontrol edilebilir, fakat hareketleri sabittir. Yani tek bir işlemi gerçekleştirebilir. Bu sınıftaki robotlar genellikle elektromekanik ve mekanik manipulatörlerdir.

3. Bu sınıftaki robotlar, tekrarlı robotlardır. Yani bir dizi işlemi gerçekleştirdikten sonra, tekrar başka bir işlemi gerçekleştirmek için programlanabilir. Tekrarlı robotları ikiye ayırabiliriz:
 - a. Sabit sırada çalışan robotlar. Bu tip robotların çalışma sırasını değiştirmek çok zordur.
 - b. Değişebilir sırada çalışan robotlar. Bu tip robotların ise çalışma sırasını, program sayesinde değiştirebiliriz.
4. Bu sınıftaki robotlar, nümerik kontrollü robotlardır. Yani bilgisayarda yüklü programdaki işlemleri gerçekleştirir. 1. ve 2. sınıftaki robotlar gibi elle kumandası mümkün değildir.
5. Bu sınıfa giren robotları da, akıllı robotlar diye isimlendirilmişlerdir. Bu robotlar bir işi yaparken hareketlerini düzeltmek ve değiştirmek için, üzerindeki algılayıcıları kullanan robotlardır. Daha açık olarak izah edecek olursak, hissetme ve tanıma kapasitesi ile işlemini gerçekleştirebilen robotlardır.

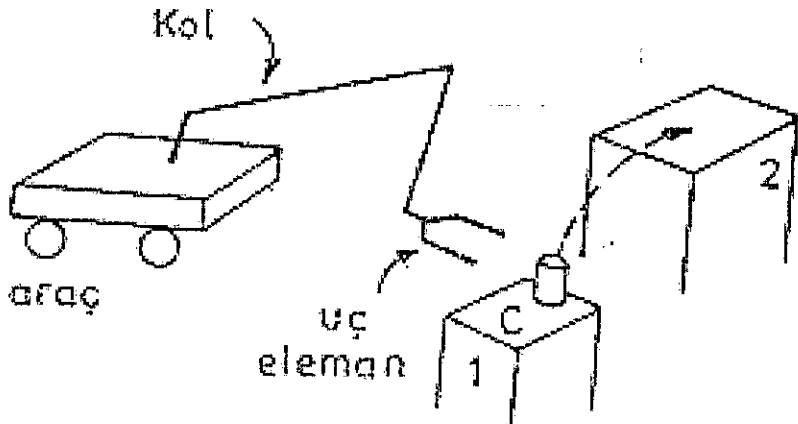
➤ Fransız Sanayi Robotları Kuruluşuna (AFRI) Göre Robotların Sınıflandırılması

AFRI endüstri robotlarını A, B, C, D olmak üzere 4 ana başlık altında incelemiştir.

1. A tipi robotlar: Bu gruptaki robotlar JIRA'nın 1. sınıfta incelediği robotlarla aynıdır.
2. B tipi robotlar: Sıra fonksiyonlu robotlardır. Bu tip robotların hareketleri önceden bir program aracılığıyla belirlenmiştir. JIRA'nın 2 ve 3 sınıfta incelediği robotlara eş değerdir.
3. C tipi robotlar: Bu tip robotlar programlanabilir robotları içerir. JIRA'nın 4. grupta incelediği robotlarla eş değerdir.
4. D tipi robotlar: İkinci ve üçüncü kuşak robotlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Akıllı robotlar grubu içerisinde yer alırlar.

4.4.2. Endüstriyel Robotların Mekanik Yapısı

Endüstriyel robotların yapısını Coiffet incelemiştir. Coiffet tipi bir endüstri robotu, Şekil 49'da verilmiştir. Bu şekle göre bir endüstri robotu 3 ana mekanizmadan oluşur.



Şekil 49: Coiffet tipi bir endüstri robotun mekanizmaları

Bunlar ;

1. Araç veya gövde,
2. Maniplatör (kol) veya taşıyıcı,
3. Uç eleman, bilek veya kavrayıcıdır.

➤ Araç veya Gövde

Robotlar genelde, sabit bir gövde üzerine monte edilmiş kol ve kavrayıcı sayesinde istenilen işi yaparlar. Eğer robot istenilen noktaya ulaşmakta zorluk çekiyorsa, gövdenin yerini robotu taşıma işini üstlene bir araç alır. Böylece robotun ulaşım alanı ya da çalışma alanı genişlemiş olur.

➤ Kol veya Taşıyıcı

Gövdeye veya araca monte edilmiştir. Kendisine bağlı olan bileği veya kavrayıcıyı hareket ettirir.

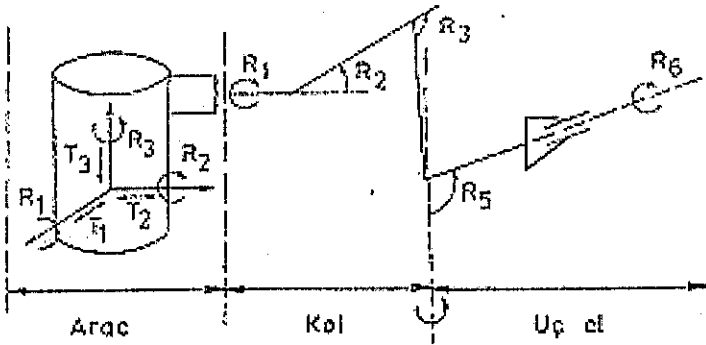
➤ Uç Eleman, Bilek veya Kavrayıcı

Bu eleman parçayı veya yapılacak işi yapan parçadır. Bu eleman parçanın kavranıp bir yerden diğer bir yere taşınması için kullanılır.

Üstte açıklanan parçaların mimarisi hakkında biraz bilgi vermek gerekecektir. Bunun için önce serbestlik derecesi açıklanacaktır.

Serbestlik Derecesi

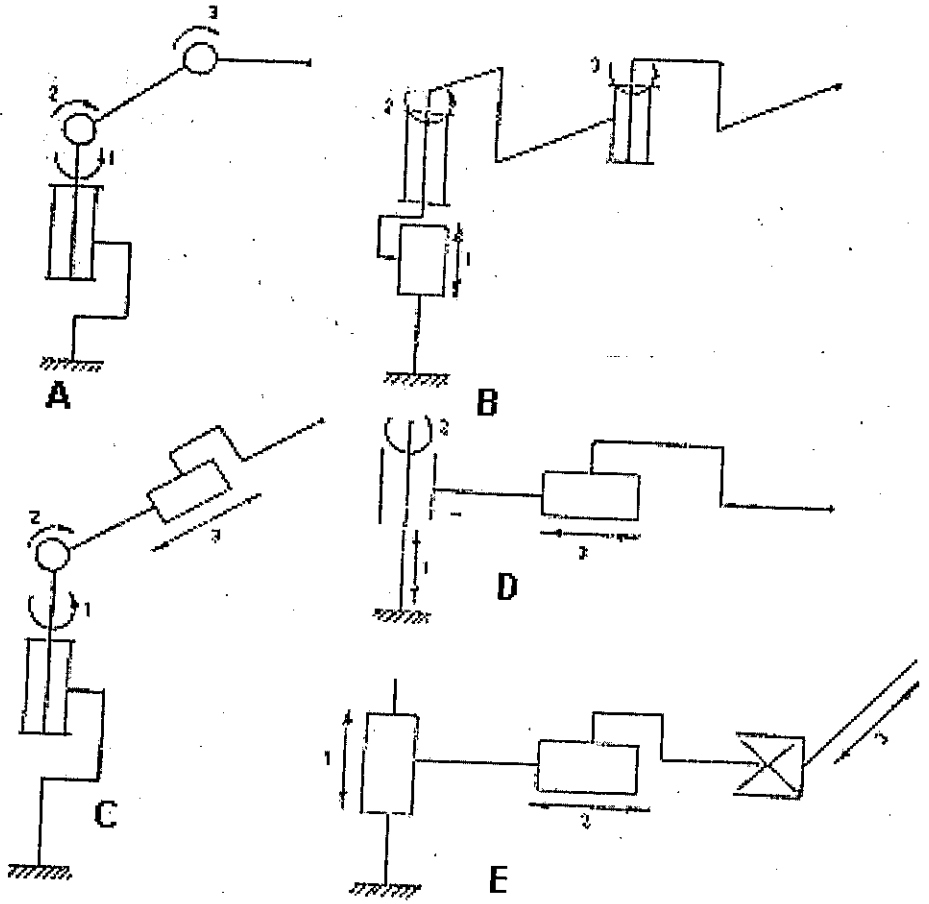
Şekil 50'de bir robotun serbestlik dereceleri açık olarak verilmiştir. Bu elemanların serbestlik derecelerinin toplamları, robotun toplam serbestlik derecesini verir. Şekilde verilen robot aracı 6 serbestlik derecesine sahiptir. Kol 3 serbestlik derecesine ve uç eleman ise 3 ayrı dönme açısına sahiptir.



Şekil 50: Bir robotun serbestlik derecesi

➤ Taşıyıcı veya Kol Mimarisi

Çoğu robotlarda kollar üç serbestlik derecesine sahiptirler. Bu serbestlikler dönme veya öteleme hareketlerinden oluşurlar. Çok az sayıda parça kullanıldığı için parçalar birbirleriyle uyum içinde çalışır. Taşıyıcı veya kol mimarisinde kullanılan en önemli 5 sistem Şekil 51'de verilmiştir. Dombre E 115 robot üzerinde gerçekleştirilen çalışma sonucunda, her robot kol yapısı için aşağıdaki frekanslar bulunmuştur.



Şekil 51: Dombre E 115 robotunun kolları

A sınıfı bir kol için	(DDD) : % 25
B sınıfı bir kol için	(ÖDD) : % 1
C sınıfı bir kol için	(DDÖ) : % 13
D sınıfı bir kol için	(ÖDÖ) : % 47
E sınıfı bir kol için	(ÖÖÖ) : % 14

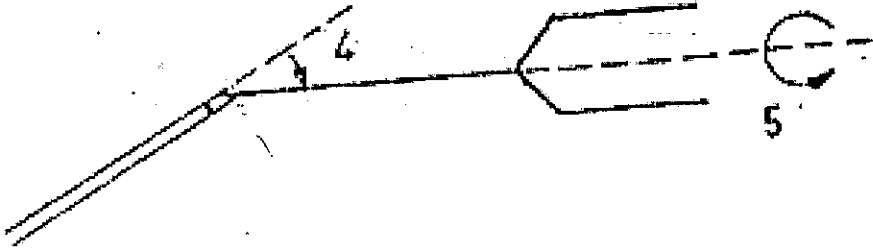
Burada ;

D : Dönme hareketi,

Ö : Öteleme hareketi anlamına gelmektedir.

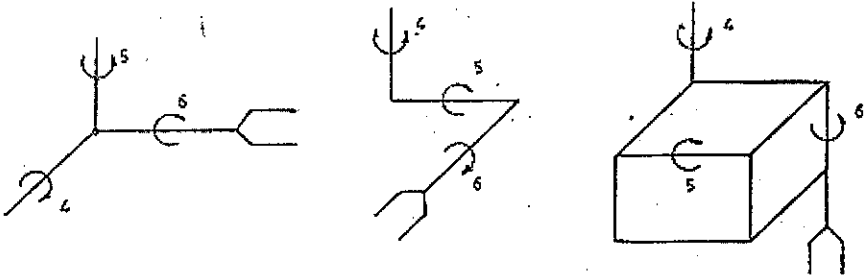
➤ Uç Eleman Mimarisi

Uç eleman dönme hareketini gerçekleştirir. Eğer robot 4 serbest hareket gerçekleştirebiliyorsa uç eleman kendi etrafında dönme işlemini yapar. Robot, 5 serbest hareket yapıyorsa uç eleman bir öncekine ek olarak Şekil 52'deki hareketi de yapabilir.



Şekil 52: Uç elemanın hareketleri

Eğer robot 6 serbest hareket yapabiliyorsa, uç eleman 3 dik eksen etrafında dönme işlemini gerçekleştirir. Bu durum Şekil 53'de görülmektedir.



Şekil 53: 6 Serbest harekete sahip bir robota ait uç elemanın durumları

4.4.3. Endüstriyel Robotların Kullanım Alanları

Bir robotun endüstride kullanılması, aşağıda sıralanan temel faktörlere bağlıdır:

- Üretimde esnekliğin ve prodüktivitenin artırılmasının istenmesi,
- İnsanın çalışamayacağı yerler olması, yani insanın sağlığını kötü yönde etkilenmesi,
- İşçi maliyetinin yüksek olması ve insanların yorucu ve sıkıcı işleri yapmak istememeleri,
- Üretimdeki kalitenin yükseltilmesinin istenmesi,
- Üretimdeki bozuk üretimin azaltılarak ham maddeden tasarruf sağlanmasının istenmesi,
- Üretimdeki hassasiyetin artırılmak istenmesi,
- Üretimdeki hızın artırılmak istenmesi,
- Üretim eğitim sağlık vb. gibi durumlarda kolaylık sağlanmasının istenmesidir.

Şimdi endüstriyel robotların nerelerde ne amaçla kullanıldığını sıralayalım:

1. Endüstriyel Robotların Mekanik Üretimde Kullanıldığı Alanlar

- ✓ Parça seçme, sıralama, yerleştirmede,
- ✓ Seçilen parçaların montajını yapmada,
- ✓ Parçayı monte etme veya sökme işlerinde,
- ✓ Üretilen parçaların yüzeyinde çapakları temizleme, parlatma ve boyama işlerinde,
- ✓ Haddehanelerde sıcak ortamlarda döküm, presleme ve dövme işlerinde,
- ✓ Üretilen parçaların kontrolü, ölçülmesi ve yüklenmesinde,
- ✓ Sürekli nokta kaynağı ve fazla akım gerektiren ark kaynağı yapmada,
- ✓ Paketleme, stoklama ve yükleme işlerinde,
- ✓ İnsan sağlığı açısından tehlike içeren ortamlarda.

2. Uzay ve Deniz Araştırmalarında Kullanım Alanları

- ✓ Uzaya gönderilen uyduların yörüngelerine yerleştirilmesinde ve gezegenler üzerinde gerekli araştırmalar yaparak dünyaya iletilmesinde,
- ✓ İnsanın inemediği derinliklere dalarak bilgi toplamada
- ✓ Deniz dibinde mineral ve maden yataklarının aranıp bulunmasında,
- ✓ Deniz kazalarında kurtarma işlemlerinin gerçekleştirilmesinde.

3. Nükleer Santrallerde Kullanım Alanları

- ✓ Nükleer yakıt yüklenmesi ve boşaltılması işlemlerinde ayrıca nükleer kazalarda ve nükleer santrallerinin bakımı ve onarımında,
- ✓ Radyoizotop ilaç imalinde.

4. Tarım Alanında Kullanım Alanları

- ✓ İnsan gücünün pahalı olduğu ve işlenecek arazinin büyük olması durumunda zamandan kazanmak için robotlar kullanılırlar.

5. Maden Sektöründe Kullanım Alanları

- ✓ İnsanın çalışamayacağı ve insanın çalışmasının tehlikeli olduğu maden türlerinin işlenmesinde kullanılırlar.

6. Özel Uygulama Alanları

- ✓ Yün kırma için özel olarak tasarlanmış robotlar vardır. Bu tip robotlar özellikle küçük baş hayvancılığı gelişmiş ülkelerde kullanılmaktadır.
- ✓ Sağlık hizmetlerinde kullanılan robotlar vardır. Bunlar genelde protez kol, bacak vb.'dir.

4.4.4. Çeşitli Endüstriyel Robotlar Hakkında Bilgiler

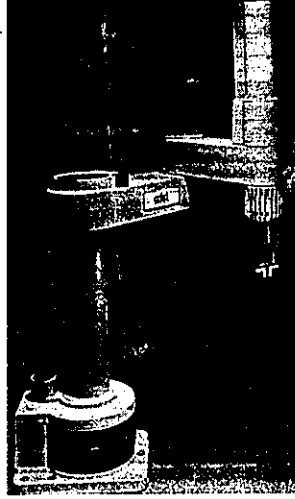
1. SCARA Tipi Robotlar

Günümüzde SCARA tipi robotlar özellikle montaj işlemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Elektronik devre elemanlarının baskılı devre üzerine yerleştirilmesi işlemlerinde, elektro mekanik olarak çalışan küçük cihazların montajında ve bilgisayar disk sürücülerinin montajında oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra otomotiv sektöründe de kullanılmaktadır.

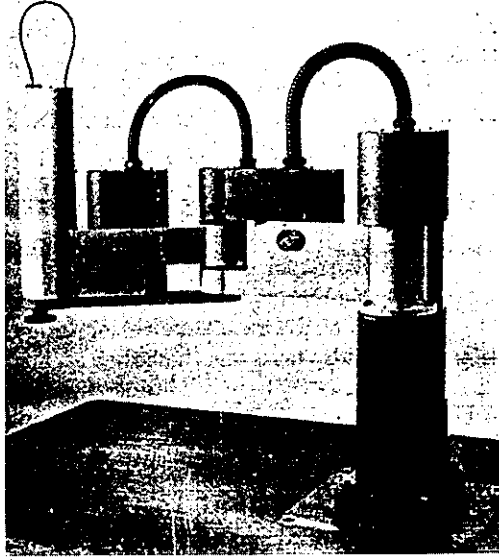
- IBM 7575, SCARA tipi bir robottur. **Resim 32**'de gösterilmiştir. Bu robot komplike bir kola sahiptir. Bu robot dikey eksen çevresinde hareket kabiliyetine sahip iki ya da üç komplike kol seçimine sahiptir. Bu tip robotlar; hafif elektronik ve mekanik parçaları içerir ve yapı mimarisi itibariyle küçük cisimlerin montajında ve bağlama uygulamalarında üstün bir performansa sahiptirler. Kul-

lanım alanına örnek olarak elektronik malzemelerin lehimlenmesi işleminde kullanılmasını verebiliriz.

- **Resim 33**'de değişik tür bir SCARA robot olan, Adept Three robotu gösterilmiştir.



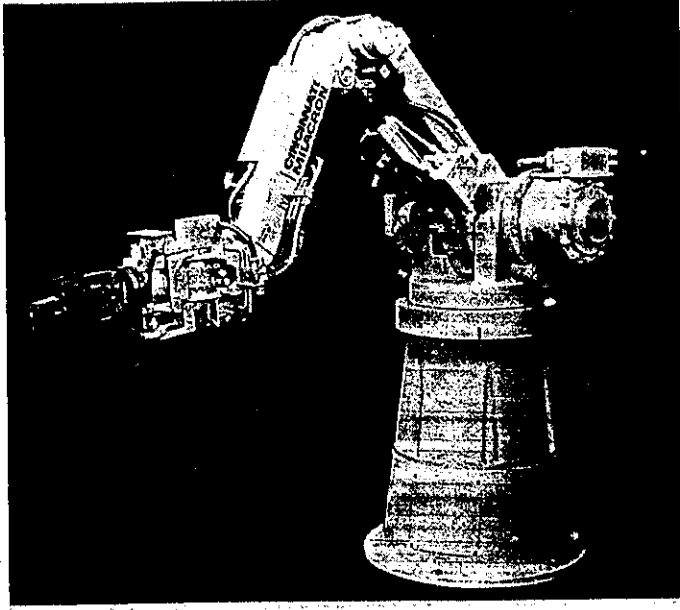
Resim 32: IBM 7575, SCARA tipi bir robot



Resim 33: SCARA Adept Three robotu

2. Cincinati Milacron Firmasının Ürettiği Robot Tipleri

Bu firmanın ürettiği robotların çoğu, hidrolik sistemleri kullanır. Bu robotlar endüstride fazla güç, moment ve torka ihtiyaç duyan sistemlerde kullanılır. T3 modelinin bir resmi aşağıda verilmiştir (Resim 34).



Resim 34: Cincinati Milacron T3 robotu

- Cincinati Milacron T3 – 776 : Bu robot, endüstriyel robot sistemlerinin eğitiminde sıkça kullanılır. Bunun nedeni, kullandıkları kalibrasyon teknikleri açısından diğerlerinden daha üstün olmalarıdır. İşlevsel parçası çoktur ve manipatörüne esnek hareketler yaptırabilir. Burada esneklikten kastedilen, manipatörün istenilen yönde daha küçük mesafelerde hareket ettirebilmesi yeteneğidir.

3. Puma Serisi Robotlar

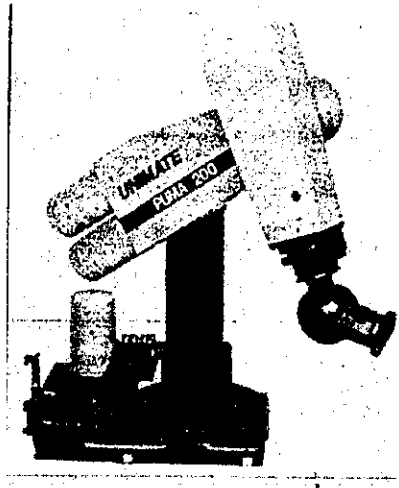
Bu seriye ait olan robotları, ilk endüstri robotlarını üreten Unimation Inc. firması üretmektedir. Bu firma günümüzde Westinghouse

firmasının bünyesinde çalışmaya devam etmektedir. Aşağıdaki resimlerde çeşitli Puma robotları görülmektedir. Bu robotlarda 6 adet DOF (Dönme serbetlik derecesi) vardır. Bu DOF'lar sayesinde robotlar arttırılmış dönme, geriye ve ileriye gitme ve hareketlerde serbestlik özelliği kazanmıştır. Bunun yanında her hareket için bir eksene sahiptir. Bu 6 DOF sayesinde daha iyi bir performansa, hareketlerin kontrolü ve zor manevraları yapabilme özelliğine sahiptir.

Bu sınıf küçük robotlardan bazıları 1 kg civarında yüklenme kapasitesine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı paketleme işlerinde kullanılır. Ayrıca test ve araştırma işlemlerinde kullanılır.

Bu tip robotlar nükleer santrallerin bakımında ve onarımında kullanılırlar. 4 kg yüklenme kapasitesine sahip olan Puma robotları ise su ve lazer kesicilerinde veya eşya yüklemekte kullanılırlar. 10 ve 20 kg yüklenme kapasitesine sahip robotlar ise makine yükleme, indirme ve metal cilalamada kullanılır. Yani bu robotlar endüstride orta derecede güç, moment, tork veya fazla hassas olmayan sistemlerde kullanılırlar.

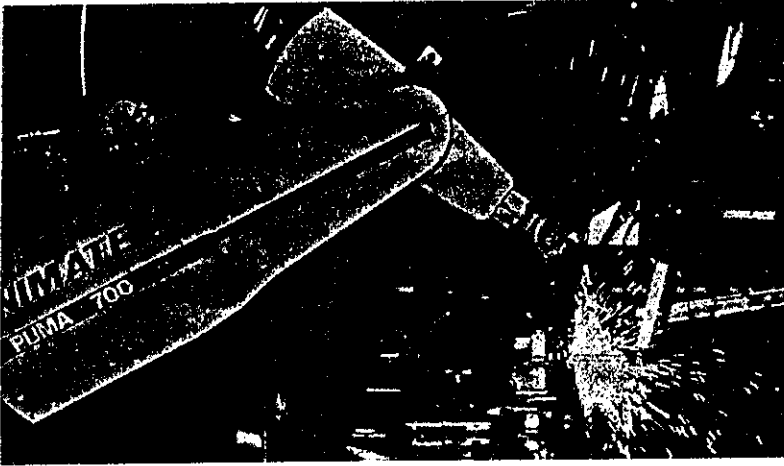
Aşağıda Puma 200 ve Puma 700'e ait resimler verilmiştir (Resim 35, Resim 36 ve Resim 37).



Resim 35: Puma 200 robotu



Resim 36: Puma 700 robotu



Resim 37: Puma 700 robotu kesme işlemi yaparken

4. Kuka Tipi Robot

Aşağıda resmi verilen Kuka robotunun üzerinde çok miktarda algılayıcı bulunduğundan, nesneyi hissetme veya tanıma duygusu vardır. Bu robot tipi esnek olduğu için kullanım açısından elverişlidir (Resim 38).

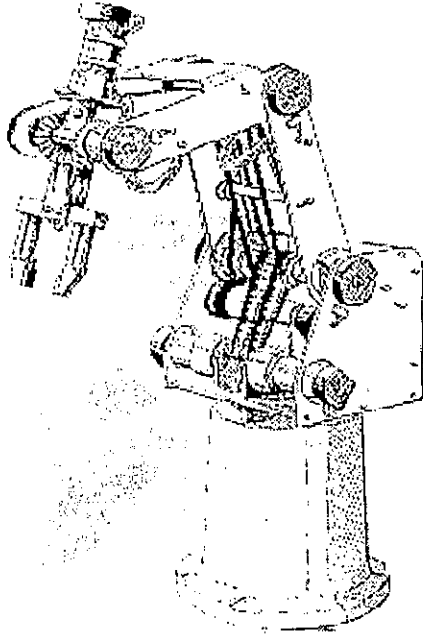


Resim 38: Kuka tipi robot

5. SCORBOT – ER V PLUS Robotu

Bu robottan bir adet Fırat Üniversitesi T.E.F. Makine Öğretmenliği Bölümünde bulunmaktadır. Bu robot 5 eksenlidir. Yani 5 serbest hareket kabiliyetine sahiptir. Maksimum çalışma yarıçapı 610 mm'dir. Üzerinde son etkileyici olarak; DC servo tutucu, optik encoder, paralel hareket parmakları, kaba kavrayıcı ve yazılım içerir.

Kavrayıcının maksimum kavrayabileceği mesafe dıştan 75 mm, içten 65 mm'dir. Bu robottan maksimum tork elde edilmek istenirse, 70 W'lık bir güç uygulanması gerekir. Bu robotun maksimum 1 Kg kaldırma kapasitesi vardır. Robotun kendi ağırlığı 11.5 Kg'dır. 1saniye içinde maksimum 600 mm yol alabilir. Çatılma sıcaklığı da 2°C - 40°C arasındadır. Aşağıda bu robotun şekli verilmiştir (Şekil 54).



Şekil 54: F.Ü. TEF'deki SCORBOT – ER V PLUS robotu

4.4.5. Türkiye'de Geliştirilen Endüstriyel Robotlar Hakkında Bilgiler

Türkiye'de robotik konusunda bazı üniversitelerimizde çalışmalar yapılmaktadır. Bu üniversiteler arasında ODTÜ, İTÜ ve FIRAT Üniversitelerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu kısımda üniversitemizin yanında dış ülkelerin de destek verdikleri endüstriyel robot örnekleri verilecektir.

- 1.) Projenin Adı : *Boya Robotu Prototipi Tasarımı ve İmalatı*
Projenin Başlama Tarihi : 1987
Projeyi Yürüten Kurum : İTÜ Makine Fakültesi
Projeyi Destekleyen Kurum : TÜBİTAK
Projenin Amacı : Sistem tasarımı, bileşen seçimi, imalat, bilgisayarla kontrol ve mekanik üretim konularında deneyim oluşturulması, robot teknolojisinin her yönden incelenebileceği bir prototipin geliştirilmesi.

- 2.) Projenin Adı : Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) Endüstriyel Robot Uygulamaları Projesi.
Proje İcra Temsilcisi : UNIDO
Projenin Amacı : Avrupa ülkeleri arasında, imalat teknolojisi alt yapısını oluşturarak, robot teknolojisi ile ilgili software-hardware, eğitim ve uygulama gibi alanlarda bilgi alış verişi sağlamak
Projeye Katılan Ülkeler : Türkiye (İTÜ - püskürtme robotu konusu ile), PORTEKİZ, BULGARİSTAN, ÇEKOSLAVAKYA, MACARİSTAN, POLONYA, ROMANYA, YUGOSLAVYA.....
- 3.) Projenin Adı : Robotek E - 1 Projesi
Projeyi Yürüten Kurum : İTÜ Makine Fakültesi
Projenin Amacı : Robot için özel bilgisayar tasarımlarının geliştirilmesi, arabirimlerin tasarlanması ve uygun yazılımların geliştirilmesi.
- 4.) Projenin Adı : Eğitim Robotu ER - 1
Projeyi Yürüten Kurum : İTÜ
Projenin Amacı : Üniversiteler, teknik eğitim kuruluşları ve endüstride robot teknolojisi konusunda eğitim vermek üzere kullanılacak bir robotun tasarımı, imali, programlanması ve gerçekleştirilmesi.
- 5.) Projenin Adı : Altınay Endüstri Robotu Prototipi
Projeyi Yürüten Kurum : İTÜ
Projenin Amacı : Öğrencilere robot kavramını tanıtmak, temel robot kontrol algoritmalarını oluşturup, denemek ve geliştirmek.
Kullanıldığı Yerler : Parça transferi, boya, kaynak denetimi, montaj vb.
- 6.) Projenin Adı : Özürlüler İçin Tekerlekli Sandalye Robotu
Projeyi Yürüten Kurum : Bremen Üniversitesi
Projenin Amacı : Özürlüleri gideceği yere otomatik götüren sandalyeli robot
 Proje Üzerinde İnceleme ve Araştırma Yapan Türk Bilim Adanı: Prof. Dr. Asaf Varol, Fırat Üniversitesi

Almanya özürlülerin problemlerine çözüm bulmak için mücadele veren ülkeler arasında üst sıralarda yer almaktadır. Bu ülkede özürlülere ayrı bir önem verilmekte ve özürlülerin ulaşımını ile ilgili her türlü tedbirler alınmaya çalışılmaktadır.

Sakatlar için geliştirilen sandalyelerin, bir başkası tarafından sevk ve idare edilmesine çare bulmak için, bazı Alman Üniversiteleri informatik alanındaki gelişmeleri kullanarak, tekerlekli sandalye robotu üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar. Bu üniversiteler arasında Ulm, Hagen Uzaktan Eğitim ve Bremen Üniversitelerini sayılabilir. Burada Bremen Üniversitesi'ndeki tekerlekli sandalye robotu hakkında bazı bilgileri aktarılacaktır.

Bremen Emniyetli Sistemler Enstitüsü'nde Prof. Dr. Bernd Krieg-Brückner başkanlığında bir grup bilim adamı sakatlar için deneysel amaçlı özel bir robot geliştirme projesi üzerinde çalışmaktadırlar. Sandalyenin hareketi, arka tekerleklerinden alınmakta ve ön tekerlekler vasıtasıyla gidilecek yön tayin edilmektedir. Bu robot 100 Mhz'lik bir pentium bilgisayar aracılığı sevk ve idare edilmekte olup, üzerinde 12 adet tampon, altı adet infrared sensör, 16 ultrasonik sensör ve bir kamera bulunmaktadır. Infrared sensörlerin görevi, sadece yaklaşık 15 cm yarıçaplı bir alan içerisinde bir engelin bulunup bulunmadığını saptamaktır. Ancak bu sensörlerle, engelin kaç cm ötede olduğu ölçülememektedir.

Oysa tekerlekli sandalyeye monte edilmiş iki farklı ultrasonik sensör sayesinde, sensörün yarısı ile 7°'lik ve sensörün diğer yarısı ile de 80°'lik alan içerisinde ölçüm yapılabilmektedir. Sandalye, ön tekerlekleri etrafındaki dönmeyi de ölçebilmektedir.

Tekerlekli sandalye; çevresiyle yapacağı tüm çarpışmaları kontrol etmek için bütün tamponları, infrared sensörleri ve geniş açı ultrasonik sensörleri kullanmaktadır. Sensörler tarafından bir engel saptandığında, fiziksel bir çarpışma meydana gelmeden tekerlekli sandalye durmaktadır.

Sandalye hareketini arka tekerleklerden aldığı için, bu kısım çok ağır hareket edebilmektedir. Manevra yaptığı anda yan kenarlara çarp-

mayı engellemek amacıyla en yakın engelin mesafesi ölçülmekte ve manevra açısı kendiliğinden azaltılabilmektedir.

Altı adet dar açılı ultrasonik ve altı adet infrared sensör kullanılarak, sandalyenin ilerleme hareketleri kontrol edilmektedir. Bir kamera sayesinde ise, çevreye yerleştirilmiş belirleyicileri algılayarak, robot sandalyenin gideceği güzergâhı saptamaktadır (**Resim 39**).

Bu robot üzerindeki çalışmalar tamamlandığında, sandalyenin gideceği güzergâh önceden bilgisayara yüklenecek ve bu sandalye; üzerinde taşıdığı sakatı belirlenen hedefe kendi kendine götürebilecektir.



Resim 39: Tekerlekli sandalye robotu

5. ÜNİTE: ROBOTLARDA TUTUCULAR VE SINIRLAYICILAR

5.1. Robot Tutucuları

Uç birim (tutucu), robot kolunun ucuna monte edilen bir parçadır ve robotun yapacağı işi icra edebilmesine imkân verir. Bu bölüme robotun eli de denilebilir. Bütün üretim makineleri, işlerini yapabilmeleri için özel parçalara sahiptirler. Bunlara robotlar da dahildir. Uç birim robotun amacını gerçekleştirmesini sağlayan bir alet ya da parçadır. Genellikle uç alıcılar, yapacakları işe göre özel olarak tasarlanırlar. Bu birimler ya özel olarak tasarlanır ve üretilirler veya piyasadaki parçalardan seçilerek robota adapte edilirler. Robotu üreten firma bu tasarım işini kendisi yapar ya da bu bölümü başka bir şirkete yaptırır. Bir çok robot üretim firmasının sadece uç birimler tasarlayan servisleri vardır. Bu servisler müşterilerin siparişlerini alır veya bu konudaki sorunlarını çözerler. Robotu tamamen kendi bünyesinde üreten firmaların sayısı gittikçe artmaktadır.

Tutucular, robot kolunun ucunu hareketlendirmek için kullanılırlar. Günümüzde çeşitli işlerin otomatik olarak yapılmasını sağlayan, robotlardır. Son etkileyiciler bazen özel işler için dizayn edilirler. Örneğin; kaynak yapma, boyalama işlerinde kullanılırlar. Bir çok robot grafik çiziminde, testlerde, bazı parçaları birleştirmede kullanılır. Tutucular karmaşık bir yapıya sahip olmalarına rağmen hızlı ve disiplinli çalışma özelliği taşırlar. Bu bölümde günümüzde kullanılan robot tutucularını ve gelecekte olabilecek gelişmeleri üzerinde durulacaktır. Etkin bir robot eli çok sayıda parmak içerir. Tutucuları iç ve dış tutucular olarak da sınıflandırabiliriz. Bunlar vakum ve manyetik etkisiyle çalışırlar.

5.1.1. Uç Birimlerin Tipleri.

Farklı iş fonksiyonlarına göre çok geniş çeşitlilikte uç birim sayısı vardır. Ama genel olarak iki grupta toplanırlar.

1. Tutucular ya da kıskaçlar
2. Hareketli iş aletleri

Kıskaçlar, nesnelere tutturmak veya yakalamak için kullanılırlar. Robotlar bu kıskaçları ile parçaları bir yerden başka bir yere hareket ettirirler. Kıskaçlar; yükleme ve indirme işlerinde, nesneyi bir taşıyıcıdan kaldırmada veya bir tezgaha yerleştirmede vb. yerlerde kullanılırlar. Bu işlerin haricinde, tutucular paketleri taşımada, şişe kolilerini ve hammad-

delerin işlenmesi aşamalarında kullanılırlar. Genellikle tutucular mekanik kavrayıcı parçalar olarak bilinirler. Fakat manyetik tutucular vakumla çalışan sistemler gibi değişik kısıkaç maddeleri vardır. Bu bölümde kısıkaçlar mekanikler ve diğer yöntemler olarak iki ana başlıkta incelenecektir.

Kısıkaçlar; tek ve çift kısıkaçlar olarak da sınıflandırılabilirler. Tek kısıkaçlarda robot kolunun ucuna kavrama için tek bir tutucu monte edilmiştir. Çift kısıkaçlarda kol ucuna iki ayrı tutucu takılmıştır. Böylece bir kolla farklı iki cisim aynı anda tutulabilir. Bu iki kısıkaç birbirinden bağımsız olarak kullanılabilir. Çift kısıkaçlı robotlar özellikle yükleme ve indirme işlerinde kullanılırdırlar. Örnek vermek gerekirse, bir kısıkaç bir nesneyi alır ve tezgâhın üzerine bırakır, bundan sonra diğer kısıkaçla tezgâhtaki bir nesneyi alır ve başka bir yere iletir. Aynı iş tekli bir kısıkaçla yapılırsa fazla miktarda zaman kaybı olacaktır. Bu işi tek kısıkaçlı bir yapı ile gerçekleştirirsek, iş organizasyonunda büyük gecikmeler olabileceklerdir. Böylece tek kısıkaçlı robot, iki işi de yapacağı için ilk önce tezgâh üzerindeki malın işlenmesini bekleyecek bu bekleme esnasında da robot enerji harcayacağından verim düşecektir.

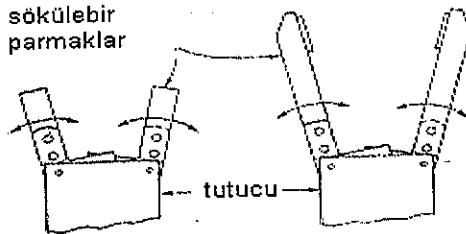
Çift kısıkaçlılarda mekanizma, nesneyi koyacak ve kapanacaktır. Nesnenin işlenmesi bitince kısıkaç açılacak ve bir kısıkaç ile yeni nesneyi tezgâha bırakırken diğer kısıkaçı ile işlenen nesneyi tezgâhtan alacaktır. Böylece robotun atıl kaldığı süre asgariye indirilmiş olur. Çift kısıkaç sistemleri birkaç mekanizma kontrolü gereken sistemlerde kullanılırlar. Çiftli kısıkaç, çoklu kısıkaç sistemlerinin bir alt kümesidir. Ancak çiftli kısıkaç kullanılan sistemler nadirdir. Çünkü; artan kısıkaç sayısı maliyeti yükseltir ve aletin doğru çalışması güçleşebilir.

Kısıkaçları sınıflandırmanın diğer bir yöntemi de sıkıştırılan ya da tutulan parçanın nasıl tutulduğudur. Örneğin halka şeklinde bir nesne iç tarafından ya da dışından sıkıştırılarak tutulabilir. Böylece kısıkaçlar 1. *İç kısıkaç* ve 2. *Dış kısıkaç* diyerek de sınıflandırılabilir. Hareketli iş aygıtları daha çok nesne üzerinde değişiklikler veya işlemler yapmak için kullanılırlar. Tutup taşıma gibi işlemler yapmazlar. Tanımdan da belli olduğu gibi bu parçalar robot kolunun ucuna tutturulurlar. Bunların başlıca kullanım alanları nokta kaynağı ya da birleştirmesi işlerindedir. Robot kolunun ucu kaynak elektrodunu taşır. Bu robotların bir diğer kullanım alanla-

rı sprey tekniği ile boyama ve elektrik arkı ile kaynak yapılması işleridir. İleri konularda bu çeşitteki uç birimleri anlatılacaktır. Genellikle kısıkaçlar robotların uçlarına takılan bu hareketli iş aygıtlarını tutmak için kullanılırlar. Çünkü bu aygıtlar ağır işlerde kullanıldığı için bunları direk olarak kola monte etmektense, kısıkaçla tutturmak daha iyidir. Robot daha az zarar görür. Ayrıca bir kola takılan birkaç kısıkaç ile birkaç hareketli aygıt kullanılarak iş zamanından tasarruf edilir. Örneğin oyma işlerinde robot nesnenin bütün taraflarından tutması gerekir ve değişik oyma şekillerine göre bir anda birkaç kısıkaç birden gerekir. Kısıkaç ayrıca bir işte farklı aletleri çabuk bir şekilde kullanabilen bir parçadır. Bunlara ek olarak robot endüstrisinde değişik tipde tutucular ya da iş yapan aygıtlar kullanılır. Bu değişik tipdeki birimler iş esnasında farklı görevlerde kullanılırlar.

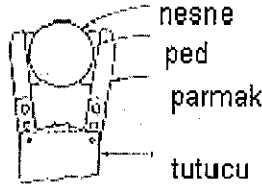
5.1.2 . Mekanik Kısıkaçlar

Mekanik kısıkaçlar bir nesneyi tutmak için yapılmış bir mekanizma tarafından hareket ettirilen ve parmaklardan oluşan bir yapıdır. Bu parmaklara çene de denir ve nesneyle bağlanmak ve onu tutmak için kullanılırlar. Bu parmaklar ya bir mekanizmaya sonradan bağlanır ya da mekanizmanın bir parçasıdır. Eğer parmaklar mekanizmaya sonradan takılmışlarsa, arıza durumunda değiştirilebilirler. Değişebilir parmak kullanmamız, robotu güncelleştirmemize imkân verir. Eğer mekanizma aynı kısıkaçla farklı parmak kullanabilmemize izin verirse, bu robot ile farklı parçalarla çalışabiliriz. Şekil 55'deki kısıkaç, farklı iki model parmak ile çalışır.



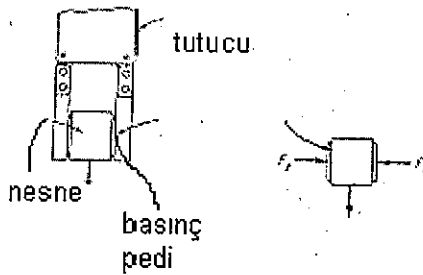
Şekil 55 : Sökülebilir parmaklı tutucu

Kıskacın parmaklarındaki nesneyi sıkıştırmanın iki yolu vardır: Birincisi, nesneyi parmak güçleri ile fiziksel sıkıştırma değildir. Bu modelde parmaklar nesneyi sarmalar ve onu sabitler. Parmaklar, nesnenin şekline ve onu kavrayacak şekilde tasarlanır. Şekil 56'da bu model bir kısaç görülmektedir.



Şekil 56: Nesneyi parmak güçleri ile fiziksel sıkıştırma

İkinci yöntem ise, parmakların nesneyi tutmasını sürtünme ile sağlamaktadır. Bu yöntemde parmakların nesneye uygulayacağı kuvvet, nesnenin kütesinden doğan sürtünme kuvvetini önlemek içindir. Bu yöntemde parmak uçları ya da parmaklara takılan sürtünme pedleri genellikle metale yakın yumuşak nesnelere tasarlanır. Bu pedler genellikle nesne ile parmak arasında oluşan sürtünme katsayısına bağlıdır. Bu parmak ile nesne arasındaki sürtünme katsayısı mümkün oldukça büyük seçilir. Ayrıca bu ped nesnenin yüzeyinin çizilmesine sebep olmamalıdır. Bu yöntem daha az karmaşık ve daha ucuz bir yapıdır. Bu model geniş bir yelpazede kullanılabilir. İkinci yöntemin birincisine göre kötü bir yanı, parça; parmakların arasından kayabilmektedir (Şekil 57). Bu kaymayı engellemek için bir kuvvet sarf edilir. Bu kuvvet kısaçlardan cisme uygulanır ve cismin ağırlığına ve aradaki sürtünme katsayısına bağlıdır. Bu kuvvet cismin hızlandırılıp yavaşlatılmasına ya da ona uygulanacak dönme hareketine de bağlıdır (Şekil 57).



Şekil 57: Tutucuda nesneye uygulanan kuvvetin yönleri

$$N * nf * Fg = W$$

N = Sürtünme katsayısı

nf = Tutan parmak sayısı

Fg = Kısaçlardan uygulanan kuvvet (N)

W = Cismin ağırlığı (N)

Üstteki eşitlikte karşı kuvvet olarak sadece ağırlık alınmıştır ve eğer nesnenin ağırlık eksenini kısaçlara paralel ise uygulanabilir.

5.1.3. Kısaç Mekanizmaların Tipleri

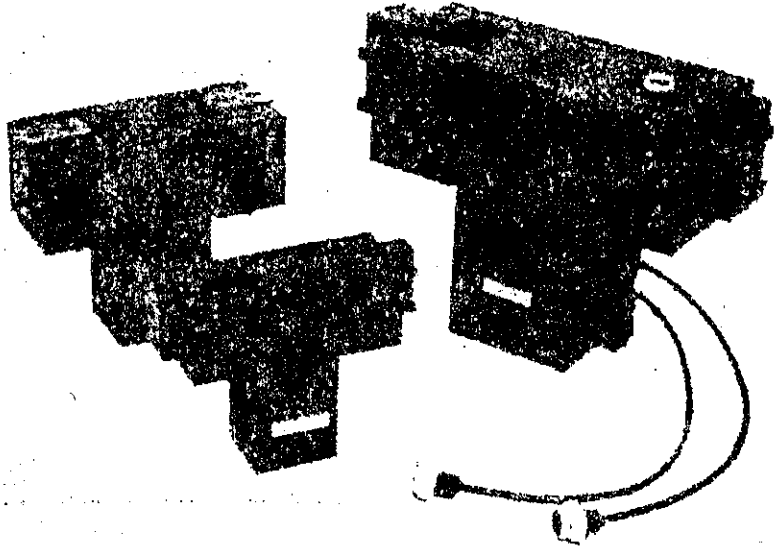
Mekanik kısaçları ve onların hareket mekanizmalarını sınıflandırmada birçok yol vardır. Bu yöntem parmak hareketlerine göre sınıflandırmadır. Bu yöntemde kısaç parmakları aşağıdaki yöntemlere göre açıp kapar:

1. Döndürme hareketi yöntemi,
2. Doğrusal ya da çevirme hareketi yöntemi,

Kısaç hareketleri Şekil 58 ve Şekil 59'da görülmektedir. Döndürme yönteminde parmaklar karışık eksenlerde hareketler yaparak açıp kapanır. Bu hareket eklemler mekanizmalar tarafından gerçekleştirilir. Doğrusal harekette parmaklar karşılıklı olarak birbirine doğru gelirse kapanma ve paralel olarak birbirlerinden uzaklaşırlarsa açılma olur. Bu parmaklar hareketlerini ufak ray hatları üzerinde yaparlar ya da çevirici hareket yöntemlerinde eklemler bir sistem kullanılarak parmaklar paralel hareketler yaparak açıp kapanırlar.



Şekil 58: Döner hareketli mekanik tutucular

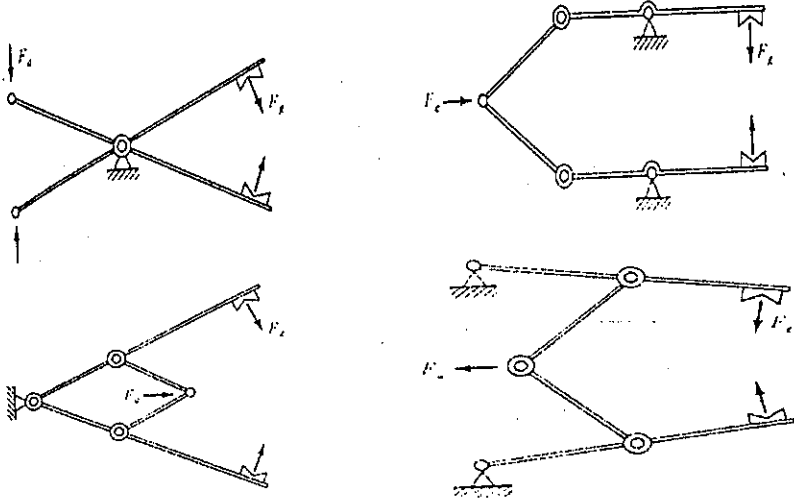


Şekil 59: Rehber hattı kullanan lineer hareketli mekanik tutucular

Mekanik kısıkaçlar ayrıca parmakları hareketlendiren kinematik parçalarına göre de sınıflandırılabilir.

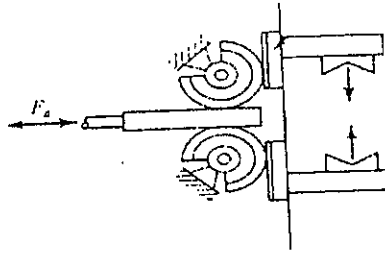
1. Eklemlı hareketlendirme,
2. Dişli ve askı sistemi,
3. Meyilli hareketlendirme sistemi,
4. Vidalı sistemler,
5. Halat ve makaralı sistemler,
6. Diğeri modeller.

Eklemlı sistemler, parmakları açıp kapamak için çok çeşitli konfigürasyonlar oluşturabilirler (Şekil 60). Tasarımda karar verilen noktada, uygulanacak kuvvetin (F_a) nereden tatbik edileceğidir. F_a , parmak uçlarındaki F_g kuvvetine dönüşür. Ayrıca eklemlı sistemlerde karar verilecek nokta, parmakların açılıp kapanma sıklığı ve maksimum açılabilme genişliğidir.



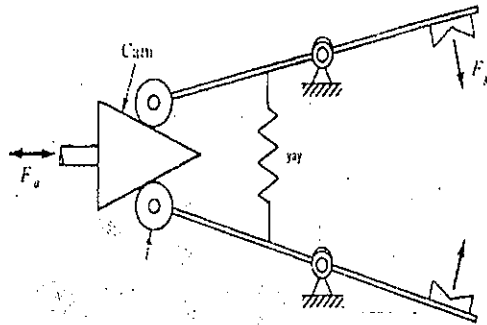
Şekil 60: Bazı eklemli tutucular

Şekil 61'de dişli askı sistemine ait bir örnek görülmektedir. Aradaki piston, alt ve üstteki yuvarlak dişleri döndürür. Bu dönme sonucunda sağdaki parmaklar açılıp kapanır.



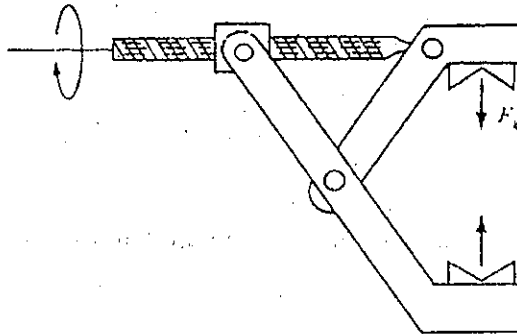
Şekil 61: Dişli mil yoluyla çalışan tutucu

Meyilli hareketlendirici sistemlerde, değişik tasarım şekilleri olabilir (Şekil 62). Bu şekildeki yay, iki çubuğu birbirine çeker. Üçgenin ileri geri hareketiyle parmak uçları kapanır veya açılır. Bu tipin avantajı, parmakların arasına alınacak nesnenin büyüklüğüne göre yay kuvvetinin ayarlanmasıdır. Çok sayıda ve çeşitli büyüklüklerde malzeme, bunlarla tutulabilir. Böyle bir yapı tek kısıkaçlı robotlarda bir iş tezgâhına ham maddeyi bindirme ve tezgâhtan bitmiş ürünü indirme gibi işlemlerde idealdir. Bitmiş ürün, küçük olacağından, bu modelin çalışmasına uygundur.



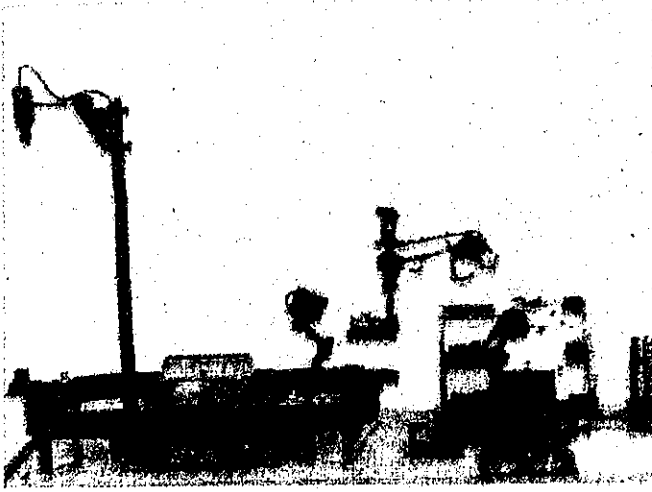
Şekil 62: Meyillendirici kullanılan tutucu

Vidalı sistemlere bir örnek Şekil 63'de verilmiştir. Burada vida, bir motor tarafından döndürülmektedir. Vidanın dönmesi, parmak uçlarını hareketlendirecektir. Böylece açılıp kapanma hareketi sağlanmış olacaktır.



Şekil 63: Dönel mil tipli tutucu

Halat ve makaralı sistemlerle bir kıskacın parmakları açılıp kapatılabilir. Bu mekanizmaların özelliğinden dolayı makaradaki sicim ve halatların hareketlerini yönlendirecek gerilim ayarlayıcı ek aygıtlar kullanılır. Örneğin kıskacı açmak için makara sistemi bir yönde hareket ederken, bu anda halatların gergin olduğunu düşünelim. Bu gerilim aygıtı halatdaki gerilimi (kuvveti) azaltarak kıskacın ters yönde (açılmasını) hareket etmesini sağlar. Resim 40'da bir robot üzerindeki tutucu görülmektedir.



Resim 40: Robot üzerinde bulunan tutucu

5.1.4. Diğer Kıskaç Tipleri

Mekanik kıskaçlara ek olarak, çok değişik tiplerde tutma ve kaldırma işleri için tasarlanmış aletler vardır. Bunları dört grupta inceleyebiliriz:

- Vakumlu emiciler,
- Manyetik kıskaçlar,
- Yapışkan kıskaçlar,
- Kanca, kepçe ve diğer çeşitler.

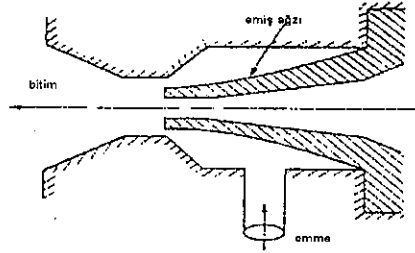
Vakumlu Emiciler

Vakumlu emiciler, emme kupaları olarak da anılırlar. Bunların taşıyacağı parçalar düzgün, pürüzsüz ve temiz olmalıdır. Bu durumlar verim için gereklidir. **Resim 41**'de cam kaldıran vakumlu bir emici görülmektedir. Emici kupalar kauçuktan ya da yumuşak plâstikten yapılır. Taşınacak madde bir materyal ise vakum kupalarının sert bir maddeden yapılmış olması lazımdır. Bu kupaların şekli genellikle yuvarlaktır. Emici ile nesne yüzeyi arasındaki hava boşaltılmalıdır. Yaygın olarak kullanılan tipler; vakum pompası ve venturidir. Vakum pompası pistonlu ya da vana sürümlü elektrik motoru ile çalışan bir pompadır. Yüksek vakum oluş-

turmada kullanılır (Şekil 64). Hava basıncına göre çalışır. Yapısı bir vakum pompasına göre daha ucuzdur. Basit yapısından ötürü güvenilirdir. Burada vakum sisteminin güvenilirliği hava basıncı üreten kaynağa bağlıdır.



Resim 41: Cam Levhaları Kaldıran Vakumlu Emici



Şekil 64: Enjektörde kullanılan venturi

Şekil 64'de emme amacıyla kullanılan bir enjektör görülmektedir. Enjektörlerin taşıma kapasitesi, enjektörün efektif alanına ve nesne yüzeyi ile kupa arasındaki negatif hava basıncına bağlıdır. Bu bağıntı aşağıdaki eşitlikle formülleşir:

$$F = P * A$$

F = Emme kuvveti (N)

P = Negatif hava basıncı (Pa)

A = Vakum yapan enjektörün etkili alanı (m²)

Enjektörün çalıştığı esnada etkili alanı, enjektörün çapının belirlediği alandır. Enjektörün ortasındaki parça, alanı azaltmaya çalışır. Negatif hava basıncı, enjektörün içiyle dışı arasındaki basınç farkıdır. Enjektör kullanmanın faydaları, şu şekilde sıralanabilir.

- Maddeyi taşımak için sadece bir yüzey yeterlidir.
- Cismin yüzeyine tek değerde basınç uygular, değişkenlik yoktur.
- Hafif ve ağır tutucularda kullanılırlar.
- Birçok maddenin taşınmasında kullanılırlar.

Manyetik Tutucular

Manyetik tutucular demirle ilgili işlerde oldukça kullanışlıdır. Paslanmaz çelik bu tip tutucu ile kavranamaz. Çünkü manyetik duyarlılığı yoktur. Diğer model çeliklerde, özellikle plaka şeklindeki cisimlerde kullanışlıdır. Bu tip tutucuların avantajları, aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Manyetik tutucular robot teknolojisinde tutma ve kaldırma zamanları çok kısadır.
- Çok farklı nesne modelleri ile çalışabilir ve tutucunun çalışabileceği tek tip iş nesnesi yoktur.
- Delikli parçaları kolayca tutabilirler, bunu vakumlu emiciler yapamaz.
- Tutma için tek bir nesne yüzeyi yeterlidir.

Manyetik tutucuların dezavantajları için aşağıdakiler söylenebilir. İlk olarak cisim üzerinde kalan manyetik alan diğer tutma işlemlerinde sorun çıkarabilir ve tutulacak nesne yüzeyinin kaygan olması ve diğer hatalar, tutucunun çalışma hassasiyetini belirler.

Diğer bir sorun ise, bir nesne yığını içinden sadece birini tutabilir. Çünkü, manyetik alandan diğerleri de etkilenir. Bunun çözümü için;

1. Tutucunun oluşturacağı manyetik alan yoğunluğu en üstteki nesneyi etkileyecek şekilde hesaplanır.

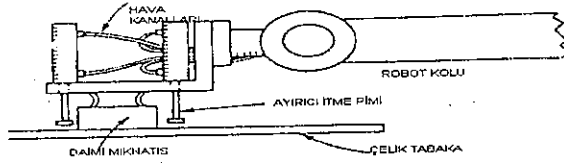
2. İkinci yöntem alttaki nesnelere üsttekenden ayıran parçalar kullanmaktır. Bu tiplerden birinde kullanılan yöntem alttaki parçaların manyetik alanlarını nötrleştirici dışardan manyetik alan uygulanır ve alttaki parçaların yerleri korunmuş olur.

Manyetik tutucular ikiye ayrılır:

- Elektromıknatıslar,
- Daimî mıknatıslar.

Elektromıknatıslar için dışarıdan bir DC güç uygulanır. Kontrolü daha kolaydır. Parça, kolun ucuna takılır ve elektromıknatısın takılması daha kolaydır.

Daimî mıknatıslarda dışarıdan güç uygulamaya gerek yoktur; fakat kontrol edilmesi daha zordur. Doğru zamanlama ile tutma ve bırakma işlemleri zordur. Daimî mıknatıstan nesnelere uzaklaştırıcı (bırakma sırasında) devreler kullanılır. **Şekil 65**'de bir ayırıcı gösterilmiştir. Bu modeller tehlikeli ve patlayabilen maddelerle çalışıldığında kullanılır. Çünkü elektromıknatıslı devrelerde kıvılcım ile patlama olabilir.



Şekil 65: Daimî mıknatısta ayırıcı biriminin kullanımı

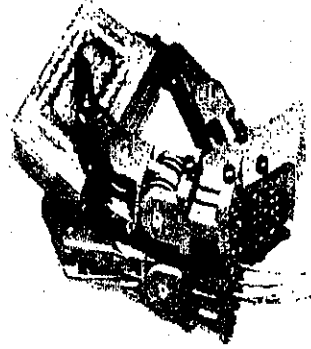
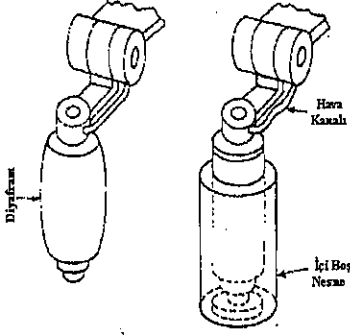
Yapışkan Tutucular

Bu modeller hafif nesnelere çalışırlar. Bu modellerin sorunu, kullandıkları yapıştırıcı malzeme ikinci bir kullanımda etkisiz kalır. Bu yüzden, robot koluna bu modellerde uç birimdeki yapışkanlığı sürekli besleyici, daktilo şeritlerine benzer sistemle çalışan ek parçalar eklenirler.

Kanca, Kepçe ve Diğer Sistemler

Değişik sistemler, uç birim olarak kullanılabilir. Örneğin, bir nesneyi kaldırmak için çengeller kullanılır. Özellikle çengel tipinde; tutucunun çengeline nesnenin alınabilmesi için birkaç işlem basamağı gerekir. Kepçeler genelde sıvı ya da toz hâlindeki maddelerin işlenişinde kullanılırlar. Kimya sanayinde eriyiklerde tanecikli yapılarda kullanılır. Deza-

vantajı taşınacak miktarın tam ayarlanamaması ve taşıma esnasında kepeçeden cisimlerin ya da sıvının taşmasıdır. Diğer yöntem ise; şişirilebilir tutucular kullanmaktır. Bunlar, kırılabilir parçalarla çalışırken kullanılırlar. Bu sistemde bir tane şişen diyafram vardır. Kol; içine girdiği nesnenin içinde şişirilir ve çapı genişletilir. Dış yapısı kauçuk gibi yapışkan olduğundan, içine girdiği nesneyi kaldırabilir. Araştırmalar sayesinde bir çok özelliği olan tutucular geliştirilmiştir. Bu modellerin ucuz şekilde piyasaya sunulması ile oldukça fazla kazanç sağlanacaktır. Bu tutucular da rehber, insan elidir. İnsan eline benzer bir tutucu oldukça karmaşıktır. Bu modeller üç parmak ile beş parmak arasında değişir. Parmak sayısı arttıkça karmaşıklık artar.



Şekil 66: Şişirilebilen tutucular ve üç parmaklı el
a) Şişebilen tutucu b) Stanford /JPL 3 parmaklı el

5.1.5. Uç Birim Olarak Hareketli Aygıtlar

Robotlar, çoğu zaman bir nesneyi işlemek için kullanılır. Bu uç birimler sayesinde kavrama ve tutma işleri yapılır. Tutucu kullanılarak bir kol ile farklı aygıtlar kullanılabilir. Böylece robot elindeki aletleri iş esnasında değiştirerek çalışabilir.

Bazı hâllerde, çalışma aygıtları direkt uç birim olarak, robotun bileğine bağlı olup, aşağıda verilen işleri yapmada kullanılır:

- Nokta kaynağı,
- Elektrik ark kaynağı,

- Spray boyama aletleri,
- Matkap işleri,
- Öğütme işleri,
- Telli fırçalama işleri,
- Dolgu işleri,
- Isıtma makineleri.

Bütün durumlarda uç birimin yapacağı iş, robot tarafından kontrol edilir. Uç birim ister bir tutucu, ister hareketli bir aygıt olsun, koordinatlar bir ara birimle robot tarafından uç birime iletilir.

5.1.6. Robot Uç Birim Arabirimi

Uç birimlerin düzgün çalışması, ara birimlerin düzgün tasarlanmasına bağlıdır. Bu ara birim;

- İş esnasında uç birime sağlanacak fiziksel desteği verir,
- Uç birimin kullanacağı güç ara biriminden sağlar,
- Uç birime kontrol edici sinyalleri sağlar,
- Robotu gönderilecek geri besleme sinyallerini iletir.

Ara birimde bütün bu özelliklerin yanında, yüksek güvenilirlik, çevreden korunma, aşırı yüklenmelerden korunma ve sakınma sağlanmalıdır.

5.1.7. Uç Birimlere Fiziksel Destek

Bilekle uç birim arasındaki fiziksel destek, mekanizma ile sağlanır. Mekanizma da genellikle uç birim civata sistemi ile bileğe tutturulabilir ya da bir bilek soketi kullanılabilir. Bu mekanizmanın tasarlanmasında üç karakteristik vardır. Bu karakteristikler; dayanıklılık, uyum ve aşırı yüklenmeyi önlemektir. Dayanıklılıkta; robot kolunun yapacağı işlere ve ağırlığından doğacak yüklenmeler göz önünde bulundurulur. Robot kolu soketi bu işlere dayanmalıdır.

Diğer konu, uyumluluktur. Uyumluluk sayesinde robot kolu yapacağı işte zorlukla karşılaşırsa uç birim gerekli ayarı yapabilmelidir. Örneğin bir cisim ufak bir boşluğa bırakılacaksa, insan bunu kolayca yapabilir. Ama robot, ayarlama işini kolaylıkla yapamaz. Bunun için robotlarda, merkez ayarlayıcı birimler tasarlanmıştır.

Üçüncü faktör ise, aşırı yüklenmelerden korunmadır. Aşırı yüklenmede iş nesnesinde veya robotta fiziksel bozukluklar olabilir. Aşırı yüklenmeden korunma bu zararları en aza indirmek için tasarlanır. Korunma için bırakıcı devreler kullanılır. Bu devreler, eğer cisim belirli bir ağırlığın ya da seviyenin üstünde ise, uç birime işi bırakmasını emreder. Örneğin kesici bir pin, bu işi yapar. Fazla pahalı bir donanım değildir ve performansı memnuniyet vericidir. Bunun dezavantajı pini tekrar yerine yerleştirecek bir (insan) operatöre ihtiyaç vardır ve zaman kaybettirir. Bu mekanizmadan başka gerginlik azaltıcı ara birimler kullanılır. Bunlar, eğer cisim ağır ise onu bırakır ve en önemlisi insan yardımına ihtiyaç duymaz.

Bazen de sensörler kullanılabilir. Bu sensörler robotu yanlış bir işlemde uyarırlar, dolayısıyla robot; olacak yanlışlıkları düzeltir. Örneğin robot hareketli bir nesnede çalışırken nesne birden hareketlenirse robotun hemen işi bırakması gerekir. Bunun robotun programında yazılı olması gerekir.

5.1.8. Güç ve Sinyal İletimi

Uç birimler çalışmak için enerjiye, düzenlilik için kontrol sinyallerine ihtiyaç duyar. Güç ve kontrol iletiminde;

- Pnömatik,
- Elektrik,
- Hidrolik,
- Mekanik sistemler kullanılır.

Robotun uç birimine güç iletiminde robot çalışma yetenekleri göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin; hava yolu iletimi kol içinde varsa tutucu hava basıncının gücüyle çalışabilir. Kontrol sinyalleri harekete geçirici güç referans alınarak üretilir. Kontrol sinyalleri sayesinde, tutucu istenen bir noktada durdurulabilir. Geri besleme sinyaline göre güç iletimi yapılır. Aşağıda güç ve sinyal iletiminde kullanılan dört yöntem incelenecektir:

Pnömatik

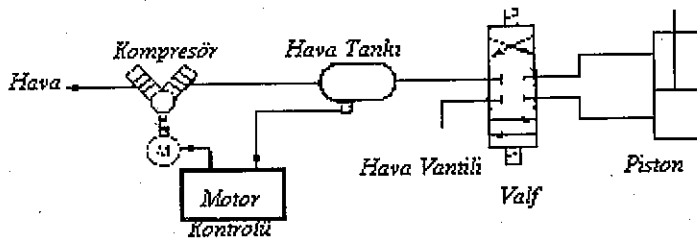
Kontrol edilebilen, basınçlı hava ile çalışabilen sistemlerdir. Elektrik motorlarında ya da içten yanmalı motorlarda basınçlı hava üretilebilir. 30 kN kuvvete kadar kullanılabilir. Basınçlı havanın yanıcı özelli-

ğinin olmaması bir avantajdır. Basınçlı havanın depolanması kolaydır. Enerji maliyeti elektrik ve hidroliğe göre yüksek, enerji dolaşımı sınırlıdır. İletimi kolaydır.

Pnömatik sistemlerle döner (dairese) ve doğrusal hareketler temin edilebilir. Büyük yüklere karşı emniyetlidir. Döner ve doğrusal hareket çalışma hızları ve kuvvetleri ayarlanabilir.

Pnömatik güç; hava basıncını kullanan yaygın yöntemlerden biridir. Tutucu hareketi hava basıncı ile kontrol edilir. Bir piston sistemi kullanılır. Pistonun iki ucundaki hava kanalları tutucunun açılıp kapanması ve valf kontrolü için kullanılır. Buradaki kuvvet; hava kanalından giren hava basıncını piston alanı ile çarpılmasıdır. Çalışan elemanların basınç seviyesinin seçimini yapmak için valfler kullanılır.

Pnömatik sistem daha önce de söylediğimiz gibi basınçlı hava ile çalışır. Basınçlı hava kompresör ile üretilir. Kompresör sürekli çalışmaz. Hava tankı, yeterli basınca ulaştığında kompresör otomatik olarak stop eder ve hava basıncı belli bir değere düştüğünde kompresör, tekrar çalışır. Bu sistemlerde silindirin hareketi hava ile sağlanmaktadır. Hava tankındaki basınçlı hava yön kontrol valfi ile pistonu hareket ettirir. Geri dönen hava bir ventilden dışarı atılır. Pnömatik sistem açık bir sistemdir. Çünkü kullanılan hava tekrar atmosfere verilmektedir (Şekil 67).



Şekil 67: Pnömatik sistem

Hava, kompresöre girmeden önce filtre edilir. Çünkü, içeriye girecek her türlü toz sistem elemanlarına zarar verir. Sıkışan havanın sıcaklığı artar, bu nedenle kompresör çıkışındaki basınçlı hava soğutucu-

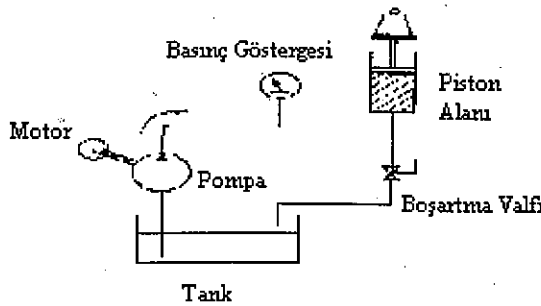
dan geçer. Basınçlı hava, yoğunlaşacağından su meydana gelir. Bu ise sistem elemanlarında arızaya neden olabilir. Bu nedenle kurutucudan geçirilir. Bundan sonra hava, tankta toplanır. Bütün bu işlemlere rağmen tankta gene de su birikebilir. Su tankın altındaki tahliyeden otomatik olarak ya da elle periyodik olarak boşaltılmalıdır. Kompresör tanktaki basınç ayarına göre otomatik olarak devreye girip çıkar. Sistem elemanlarının sürtünmesini düşürmek için hava hafif bir şekilde yağlandırılmalıdır.

Elektrik

Robot uc mekanizmalarında, elektrikle çalışan sistemlere sık rastlanmaktadır. Bu alanda, son yıllarda oldukça gelişme sağlanmıştır. Elektriksel hareketlerin elde edilmesinde, sevro motorlar önemli bir yer tutar. Elektriksel çalışan mekanizmaların kontrolünde, modern elektronik sistemler kullanılır. Elektrikle çalışan mekanizmalarda, çok küçük adım-sal hareketler sağlanabilmektedir.

Hidrolik

Kontrol edilebilen, basınçlı yağ ile çalışan sistemlerdir. Enerji depolama sınırlı olarak yapılabilir. Yüksek enerji maliyeti vardır. Hidrolik sistemlerde döner ve doğrusal hareketler temin edebilir. Büyük döndürme momentleri elde edilir. Kapladıkları yer azdır.



Şekil 68: Hidrolik sistem

Hız = Birim zamanda iletim / Hacim piston alanı

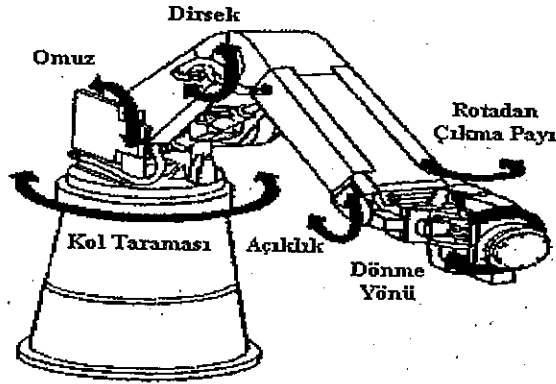
İş = Kuvvet * Hareket miktarı

Güç = İş / Zaman

Hidrolik sistem, pompa yardımıyla yağı bir tanktan almaktadır. Pompa çıkışında, basınçlı yağ mevcuttur. Oluşan basınçlı yağ çek valf yardımıyla pistonu hareket ettirir. Daha sonra gene valf yardımıyla tanka yağ tahliye edilir. Yağ pompası sürekli çalışır. Sistemdeki yağ, sürekli devir daim hâlinedir. Bu sistem kapalı döngü bir sistemdir. Pistonun hareket miktarı limit anahtarları veya sensörlerle ayarlanabilir.

Çeşitli eksenlerde hareket sağlayan bir robot kontrol sistemi Şekil 69'da görülmektedir. Bu kol hidrolik ya da pnömatik olarak kontrol edilebilir.

Robotlarda hidrolik veya mekanik güç iletim yöntemi daha az kullanılır. Hidrolik sistemde tutma gücü oldukça fazladır. Ancak dezavantajı yağ kaçaqları olmasıdır. Mekanik güç iletimi, bir motor ve makara sistemi ile çalışır. Mekanik sistemin avantajı bileğe düşen ağırlık makaralarla azaltılabilir.



Şekil 69: Çeşitli eksenlerde hareket sağlayan bir robota ait şematik çizim

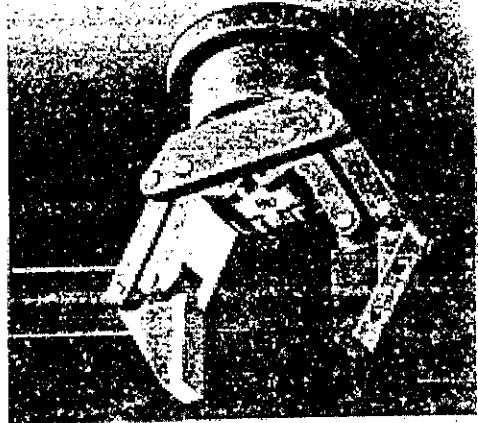
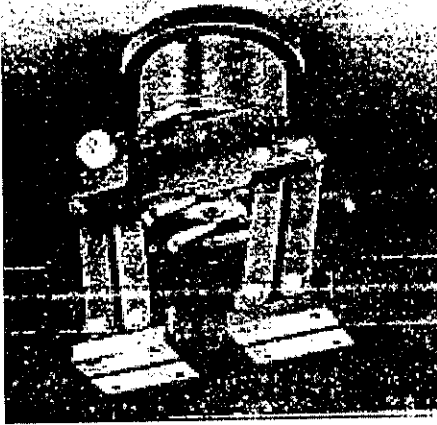
Mekanik Sistemler

Robot uç mekanizmaları içerisinde, mekanik çalışan çok değişik tasarlanmış karmaşık sistemler görmek mümkündür. Robot uç noktasında, elin bulunduğunu varsayalım. Bu elin parmaklarının açılıp kapanma-

si, bir nesneyi tutması, bir yere bırakması vb. hareketlerin tümünde mekanik çalışan sistemlere gereksinim bulunmaktadır. Mekanik sistemlerin hareketleri ise çok değişik şekillerde sağlanabilir.

5.1.9. İki ve Üç Parmaklı Uçbirimler

Çoğu uç birimler, örneğin parmaklar aktif kategoriye girer. Bunlara sağlanan güç; mekanik, pnömatik, hidrolik ve elektrikseldir. Kullanıldığı alanlar; örneğin parçaların paletlenmesi, yüklenmesi vs. Bunlar genelde Resim 42'de gösterildiği gibi iki ve bağımlı olarak basit pnömatik olarak çalışan hareketli parmaklardır.



Resim 42: Pnömatik çalışan parmaklar

Çalışma şekli, hava silindirine hareket veren basınçlı havanın yaptığı iştir. Yani piston kolunun hareketi, parmakları açıp kapatmaktadır. Parmaklar amaca göre dizayn edilebilir.

Eğer bu parça bir açılmayla kavramak ve yakalamak için dizayn edilmişse, Şekil 42'de solda görülen sistem kullanılır. Çeneleri açık dizayn edilmiş olan bu tutucular, dış çap yerine iç çaptan faydalanarak yakalar:

Kavrama kuvveti seçilen modele bağlıdır. Parmaklar dokunma ile hassas temasla veya basınç ayarıyla farklı parçalardan istenilen parçayı

daha iyi seçebilir. Bu hassas parmaklar cihaz kalibrasyonu ve araştırılan malzemelerin ayarında kullanılır.

5.1.10. Tutucu Seçiminde ve Tasarımındaki Karakteristikler

- Parçayı taşıırken parça üzerinde bozulma ya da değişimler olmamalıdır.
- Tutucu hassas ve kırılabilir nesnelere karşı taşıma esnasında dikkatli ve zarar vermeyecek şekilde çalışmalıdır.
- Parmaklar, cismi kavrayabilecek ve cismin şekline uyum gösterebilecek yapıda olmalıdır. Ayrıca değiştirilebilir parmak seçilirse tutucuda sonradan güncelleştirme yapılabilir.
- Taşınacak veya kavranacak nesnenin yüzeyi ulaşılabilir olmalıdır.
- Tutucunun tasarımı değişik ebatlardaki nesnelere kavrama ve taşıma-ya uygun olmalıdır.
- Eğer nesnenin farklı iki boyutu arasında taşımada seçim yapılacaksa geniş alan seçilmelidir. Geniş alanın kontrolü kolaydır.

Nesneye uygulanacak değişen kuvvetler ayarlanabilmelidir. Bu hususta bazı kriterler tasarımda dikkate alınır:

- Cismin ağırlığı,
- Cismin kütle merkezinden kavranması ve momentlerin gözönünde bulundurulması,
- Robot kolunun ivmelenmesi, cisimle dönmesi, parmakların durumu, parmakların nesne üzerindeki dik ve paralel hareketleri,
- Sıkıştırma ve sürtünme hesabı,
- Sürtünme katsayısı.

Tasarımda göz önünde bulundurulması gereken özellikler **Tablo 4**'de verilmiştir.

FAKTÖR	Göz Önünde Bulundurulacak Özellikler
Tutulacak Parça	Ağırlığı, büyüklüğü, şekli ve işleme esnasındaki değişimler
	Nesnenin boyutunun toleransları, yüzey durumu
Hareketlendirme Metodu	Mekanik kavrama
	Vakumlu emiciler
	Manyetikler
	Diğer teknikler
Güç ve Sinyal İletimi	Pnömatik
	Elektrik
	Hidrolik
	Mekanik
Tutucu kuvveti (Mekanik Tutucu)	Cismin ağırlığı, tutma metodu, sürtünme katsayısı
	Hızlanma ve ivmelenmeler
Konumlandırma problemleri	Parmakların uzunluğu
	Doğal parmak hareketleri
	Nesnenin büyüklüğünün toleransı
Hizmet durumları	Çalışma hayatında tutucunun hareket sayısı
	Parmakların değişebilirliği, bakım ve servis hizmetleri
Çalışma alanı	Isı-sıcaklık ortamında
	Nem, rutubet, kir ve kimyasal maddelerle
Isı koruması	Isı kalkanları, uzun parmaklar
	Hava-su ve benzeri ile soğutma
	Isı rezistansları kullanma
Fabrikasyon özellikleri	Dayanıklılık, sertlik, uzun çalışabilme
	Fiyat ve kolay montaj, çevre uyum
	Parmaklarda sürtünme sağlayıcı pedler
Diğer hususlar	Değişebilir parçalar kullanma, standartlara uyma
	Çevre birimlere uygunluk, yedek parça, servis
	Tasarım değişimlerine ayak uydurma
	Üretimde dayanıklılık testleri yapma

Tablo 4: Tutucuların tasarımında göz önünde bulundurulacak özellikler

5.1.11. Sorular

Soru 1: Robot tutucusunun hassas bir tutma yapabilmesi için ne tür özellikler taşıması gerekir?

Soru 2: Manyetizasyon özelliğine göre çalışan tutucularda ayırıcı kullanmak istemiyorsak, nasıl bir özellik seçmeliyiz?

Soru 3: Vakumla taşınacak malzemelerin taşınması gereken özellikler nelerdir?

Soru 4: Hidrolik ve pnömatik tutucularda asıl hareketi sağlayan birim neresidir? Valf kullanmanın amacı nedir?

Soru 5: Pedlerin seçimini önemli kılan şey nedir?

Soru 6: Tutucu seçiminde ne tür kriterler göz önüne alınmalıdır?

5.2. Robot Sensörleri

Sensörler robot kontrol birimleridir. Aynı zamanda durum sensörleri ve hız sensörleri de vardır. Bunlardan durum sensörleri için bellek ve şifre çözücüleri, hız sensörleri için de takometreleri örnek verebiliriz. Bu alıcılar (sensörler), robotların giriş parçası olarak kullanılabilir. Sensörlerin robotları kontrol edici, düzenleyici ya da diğer teçhizatların parçalarını birleştirici görev yapmasını isteriz.

Bu bölümde robotlarda giriş parçası olarak kullanılan alıcının değişik çeşitleri ve hangi sebeplerden dolayı ihtiyaç duyulduğu üzerinde durulacaktır. Öncelikle transdüser (iletici) ve sensörler (alıcı) hakkında genel bilgiler verilecek, daha sonra da robotlar üzerindeki uygulamaları üzerinde durulacaktır.

5.2.1. Transdüserler ve Sensörler

Bir transdüser, fiziksel değişiklikleri (kuvvet, basınç, hareket, hız, akıcılık oranı) farklı değişik şekillere dönüştürür. Genellikle bu değişiklikler bir sinyal yönünde olur. Bunun sebebi ise, diğer fizikî büyüklüklere nazaran elektrik sinyalinin hesaplamaya ve kullanmaya elverişli olmasıdır.

Bir transdüser de aslında bir sensördür. Transdüserler, özellikle fiziksel değişikliklerin ölçümünü yaparlar. Genellikle sensörlerin ve transdüserlerin bir kısmı; basınç ve kuvvet ölçümünde kullanılan gerilim ölçer, ısı çiftler (termocouple), hız ve akış ölçerlerini içerir.

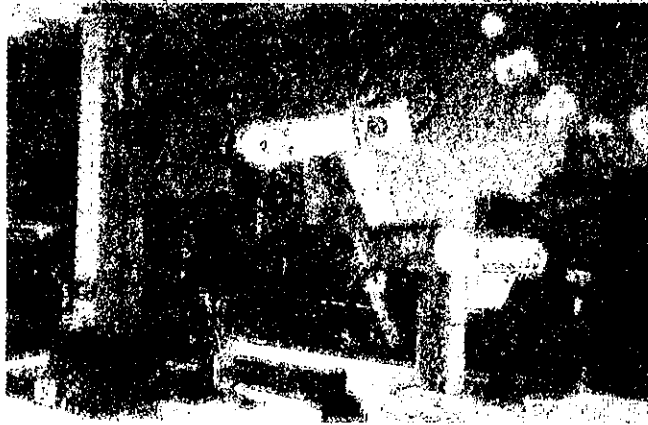
Herhangi bir sensör veya transdüser; ölçü aletlerinin kalibrasyon işleminde de kullanılır. Kalibrasyon, ölçülen değişim ve çıkışta dönüştürülen sinyal arasındaki ilişki olarak tanımlanır. Transdüserler ve sensörler iki temel grupta sınıflandırılabilir. Bu da ölçülen sinyalin formuna bağlı olarak analog ve dijital olarak sınıflandırılabilir.

Analog sensörler elektrik voltajı gibi sürekli analog sinyaller sağlar. Bu sinyal başta ölçülen fiziksel değişikliğin değerini açıklar.

Dijital sensörler (sayılabilen seri pluslar) dijital çıkış sinyalleri sağlar. Bir başka deyişle paralel biçimde dizilmiş parçaların vuruşu ya da

seri atışları şeklindedir. Bir başka formda dijital sinyaller değişikliği ölçülmüş olan değerleri belirtir. Dijital sensörlerin son zamanlarda popüler olmasının sebebi, ölçülen büyüklüğün daha hassas ve okuma kolaylığı sağlamasıdır.

Buna ek olarak otomasyon işlemlerinin kontrolünde, analoga nazaran genellikle dijital sensörlerin bilgisayarlarla daha uyumlu çalıştığı bilinmektedir. Transdüser ve sensörlerdeki aranan özelliklerden bir kaçını şöyle sıralayabiliriz. Üzerinde sensör ve transdüserler bulunan bir robot **Resim 43** 'de görülmektedir.



Resim 43: Üzerinde sensör ve transdüserler bulunan bir robot

a. Doğruluk

Bir makineden istenen, doğruluk derecesinin yüksek olmasıdır. Doğruluktan kast edilen fiziksel değişikliklere karşı doğru değer ölçülmesidir. Ölçülen değer ve gerçek değer arasındaki ortalama hatanın en aza ulaşması da denebilir.

b. Hassasiyet

Ölçümün, olabildiği kadar hassas olması gerekir. Seri ölçümlerdeki değerlerin hatası minimuma indirilmelidir.

c. İşlem Değeri

Alıcı geniş bir işlem değerine, doğruluğa ve giriş değerlerinden daha yüksek bir hassasiyete sahip olmalıdır.

d. Cevap Hızı

Ölçülen bir değişmeyi en kısa zamanda cevaplama kapasitesine sahip olmalıdır.

e. Değer

Bir alıcı, çabuk değerlendirmelidir. İstenen zamanda ve doğrulukta bir değerlendirmeyi yapıp bitirmelidir.

f. Gerçeklik

Bir alıcı, yüksek bir gerçekliğe sahip olmalıdır.

5.2.2. Robotlarda Sensörler

Robotlardaki sensörler çok geniş alanlarda kullanılırlar. Bunlar genel olarak;

- Dokunmatik sensörler,
- Yaklaşım ve oran sensörleri,
- Muhtelif sensörler ve temel sensör sistemleri,
- Otomatik görme sistemleri.

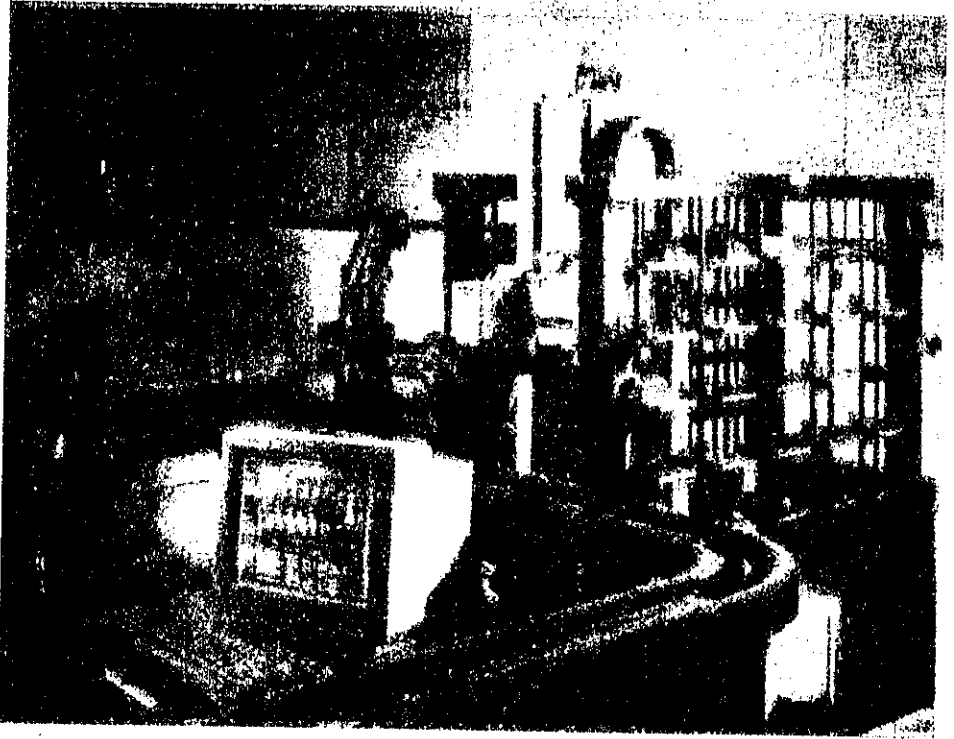
olarak gruplandırılırlar.

Dokunmatik Sensörler

Dokunmatik sensörler bazı katı cisimlerin ve bunların kendileri arasındaki bağlantıyı gösteren cihazlardır. Bu sensörleri iki sınıfa ayırabiliriz: Bunlar temas ve kuvvet sensörleridir. Temas sensörleri, cisimler arasında oluşan veya oluşmayan bağlantıları ikili çıkış sinyalleri olarak verir. Kuvvet sensörleri (Bazen gerilim sensörleri olarak da adlandırılır) sadece cisimler arasındaki bağlantı kuvvetinin büyüklüğünü de gösterir.

a. Temas Sensörleri

Temas sensörleri bağlantı kuvvetinin büyüklüğüne bakmaksızın iki cisim arasındaki bağlantının olup olmadığını göstermekte kullanılır. Bu kategoride limit anahtarlar gibi basit cihazlar, mikro anahtarlar vb. yer alır. Temas sensörleri periyodik olarak robotların kenetlenme sistemlerinde kullanılır. Örneğin konveyörler boyunca bir noktanın hızlanmasının gösterilmesinde kullanılabilir. **Resim 44**'de temas sensörleri bulunan bir robot sistemi görülmektedir.



Resim 44: Temas sensörleri bulunan bir robot sistemi

Temasla algılamının kullanıldığı bir başka yer de, malzeme yüzeyini araştırma kontrolleridir. Serbestlik derecesi 6 olan bir robot parça yüzeylerine ulaşabilme kapasitesine sahiptir. Üç eksenli koordinatlarda makine ölçümleri zordur. **Resim 45**'de tezgâh üstü bir robotun resmi görülmektedir.



Resim 45: Tezgah üstü bir robota ait resim

b. Kuvvet Sensörleri

Ölçülebilir kuvvet kapasitesi robota yaptırılan görev sayısının izin verdiği kadardır. Bu kapasite değişik ebatlardaki maddelerin kullanılması, makine yüklenmesi, işlerin kurulması, uygun seviyede kuvvet uygulanması gibi şeyler içerir.

Robotlarda kuvvet algılanması birçok yoldan sağlanabilir. Genel olarak kullanılan teknik, kuvvet algılama krankpini tekniğidir. Bu, bilek ve kavrayıcı arasına monte edilmiş bir yük hücresinden oluşur. Başka bir teknik ise her bir bağlantıda oluşan momentlerin ölçülmesi tekniğidir. Bu genellikle bütün motor bağlantılarındaki motor akımlarının algılanması ile sağlanır.

Yaklaşım ve Oran Sensörleri

Yaklaşım sensörleri bir cisim diğer bir cismi kapattığı zaman devreye girer. Cismin nasıl kapatıldığını inceler ve onun kendine has çalışmasını sağlar. Algılama mesafesi birkaç milimetre ile 15-20 cm arasında olabilir. Bu sensörlerin bazıları cisim ile sensörler arasındaki uzaklığı ölçer. Bunlara da *oran sensörleri* adı verilir. Yaklaşım ve oran sensörleri robotun hareketli bölümleri olan el ve son etkileyicilere yerleştirilmiştir. Robotlarda yaklaşım sensörlerinin pratikte bir kullanımı ise, iş parçası veya diğer cisimlerin varlığını veya yokluğunu tespit etmekte kullanılır. Oran sensörleri robotlarla ilişkili olan cismin konumunu belirlemede kullanılır. İleri teknoloji yaklaşım ve oran sensörlerinin yapımı için uy-

gundur. Bunlar; optik malzemeler, akustik, elektriksel alan ve diğerleridir.

Optik yaklaşımcı, görünür ve görünmez ışık kaynaklarının kullanılması için dizayn edilir. Kızıl ötesi ışın alıcıları aktif veya pasif olabilir. Aktif alıcılar, dışarıya kızıl ötesi bir ışık gönderir ve ışığı ana hedefe doğru yöneltir. Mor ötesi ışık yansıtıcı sensörleri, ticarî olarak kullanılan ve beyaz ışık saçan ışık kaynaklarında kullanılır. Bu araç sadece hazır olan bölümü göstermek için değil, aynı zamanda bölümün yerini göstermekte de kullanılır. Bu sistem lokomotif ve güvenlik sistemlerinde de kullanılmaktadır. Pasif kızıl ötesi alıcılar, çok basit araçlar olup etrafta radyasyonun olup olmadığını araştırır. Bu araç güvenlik sistemlerinde vücut ısısına göre hareket eder. Bu sensörler, binalardaki çok geniş alanlarda etkilidir.

Yaklaşım ile algılama için başka bir optik yaklaşımı ise ışık sensörlerinin doğrusal bir uzantısı ve ışık demetlerinin kullanımını içerir. Başka bir deyişle ışığın uzaklığına bağlı olarak alacağı ışık yoğunluğuna göre algılama yapmaktadır.

Akustik malzemeler, yakınlık alıcıları gibi kullanılır. Ultrasonik frekanslar (20.000 Hz'in üstü) insanların duyma sistemi yetmediği için bu araçlar kullanılır. Bu aracın bir çeşidi bir odanın silindirik açıklığı ve akustik yayıcıdan oluşur.

Yaklaşım ve oran sensörleri de elektrik alanlarının kullanımına dayalı olarak çok revaçtadır. Elektrik alan uygulaması, karşımıza iki kategoride çıkmaktadır. Bunlar; küçük girdap akım sensörleri ve manyetik alan sensörleridir. Küçük girdap akım cihazları prob civarındaki küçük bölgelerde AC manyetik alanlar oluşur. Bu alan iletken malzemelerden yapılmış olan cisimlerden oldukça uzak bölgelerde küçük girdap akımları indükler. Bu küçük girdap akımları sahip olduğu manyetik alanlardır. Bunlar akı yoğunluğuna çevrilen ilk alanların etkileşimi ile üretilir. Prob, akı yoğunluğundaki değişmeyi algılamasıyla cismin orada olduğunu gösterir. Manyetik alan yaklaşım sensörleri yapıları basit ve sürekli mıknatıslanma ve ses çıkartan anahtar yapımında kullanılabilir. Bu mıknatıslanma bulunmuş olan cismin bir kısmı olduğu gibi sensörden de kaynaklanabilir. Yaklaşım sensörlerinin bu tipinin dizaynı oldukça caziptir. Çünkü basitliği ve işlemler için sağlanması gerekli olan herhangi bir güç harcaması yoktur.

Muhtelif Sensörler ve Temel Sensör Sistemleri

Bu muhtelif kategoriler sensörlerin ve transdüserlerin diğer tiplerini içerir. Bunlar robotlardaki çalışma bölgelerinin duyma yeteneğindeki değişimleri algılayabilen cihazlardır. Bu duyma yetenekleri ise sıcaklık, kuvvet, akışkan akışı ve elektriksi özellikler içerir.

5.2.3. Robotlarda Sensörlerin Kullanımı

Endüstriyel robotlarda ve diğer otomatik üretim sistemlerinde sensörlerin büyük ölçüde kullanımı 4 temel kategoride incelenebilir:

- Güvenlik monitörü,
- Kalite kontrolü için bölümlerin denetlenmesi,
- Robotdaki nesnelerin yeri ve önemi hakkındaki bilgiler.

Otomatik üretim işlemlerindeki sensör teknolojisinin önemli uygulamalarından bir tanesi, güvenli veya tehlikeli bölgelerde çalışan işçileri gözetlemektir (Güvenlik kameraları).

Sensörler; kısımların kalite karakteristiklerinin değişimlerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Eskiden kalite kontrolünün denetlenmesi insan kontrolünde yapılırdı ve statiksel verilere dayandırılırdı. Sensörlerin denetlemede müsaade ettiği işlemin kullanımı otomatik olarak %100 başarı sağlar. Otomatik denetleme kullanımının limitleri kısımların karakteristiklerinin oranları veya noksanlıkları ile sınırlandırılmıştır. Otomatik denetleme uygulamalarının pek çoğu robotlar kullanılmadan da başarılabilir.

Diğer bir kullanım alanı ise, çalışma sahalarındaki değişik cisimlerin durumlarının ve onlar hakkındaki bilgilerin belirlenmesidir.

5.2.4. Sorular

Soru 1: Transdüserler ve sensörlerden beklenen özelliklerin adlarını yazınız.

Soru 2: Robotlardaki sensörler nelerdir?

Soru 3: Yaklaşım sensörlerinin çalışma prensibi kısaca açıklayınız.

Soru 4: Robotlarda sensörler genel olarak hangi alanlarda kullanılırlar.

6. ÜNİTE: İŞLETİM VE BAKIM

6.1. İşletim Özellikleri

Robotlar, teknoloji alanının bir uygulamasıdır. Robotlar mekanik alet teknolojisi ve bilgisayar ilminin bir kombinasyonudur. Bu teknoloji mekanik dizayn, kontrol teorisi, mikroelektronik, bilgisayar programlama, yapay zekâ, insan faktörleri ve üretim teorisi gibi uygun çeşitli sahaları içine alır. Robotların bütün alanlarda çalıştırılması için usullerin araştırılması ve geliştirilmesi düşünülmektedir. Robotların uygun koşullarda çalıştırılması ve bakımı büyük önem arzeder. Resim 46'da bir robot sistemi görülmektedir.



Resim 46: Birden fazla robotun bir arada işletilmesi

Bu bölümde bugünkü endüstriyel robotların temel teknolojisi, programlaması, uygulamaları ve bakımı tanımlamaktır. Robotikte, yukarıda belirtilen teknik alanlar birbirine çok bağlıdır. Robot teknolojisi ve programlanmasındaki işletim düzeni iyi bilinmeli ve endüstri uygulamalarında kullanılan robotik yöntemlerinden haberdar olunmalıdır. Robotikte kullanılan sensör düzenleri ve diğer tüm sistemler birbiri ile uyum içerisinde çalışmalıdır. Son etkileyicinin kullanımını anlamak için bilinmesi gerekli olan temel fonksiyon, bu parçanın el ve aletler gibi davranmasının istenmesidir.

Robot teknolojisini tanımlamak için ilk önce robotların gelecekteki izleyeceği teknolojik gelişmeler sunulacak ve işlem basamakları belir-

tilecektir. Robotun işletilmesinde, aşağıdaki kavramlar bir bütün olarak ele alınmalıdır. Resim 47'de robotların işletilmesine ait bir resim görülmektedir.

- Robot anatomisi
- İş hacmi
- Sürücü sistemleri
- Kontrol sistemleri ve dinamik performansı
- Hassas hareketleri
- Son etkileyiciler
- Sensörler
- Robot programlaması ve hücre kontrolü
- Uygulamaları



Resim 47: Robotların işletilmesine ait bir resim

Robot Anatomisi

Robot anatomisi; makinenin el, kol ve vücudunun fiziksel konfigürasyonunu içermektedir. Robotların fabrikalarda kullanım alanları hızla artmaktadır. Vücut, kalbe bağlıdır. Kollar ise vücuda bağlıdır. Kolların sonunda da eller mevcuttur. El değişik pozisyonlarda yöneltilmiş olan ve müsaade edilen bölümlerin sayısını içerir. Vücut, kollar ve eller gibi değişik bölümler arasındaki bağıl hareketler eklemlerle sağlanır. Bu eklemlerin hareketleri genellikle kayan veya dönme hareketlerini içerir. Vücut, kol ve bileklerin bir araya gelmesi, bazen manipulatör olarak ad-

landırılır. Robotların ellerinin tasarımı insan eli baz alınarak yapılmıştır. Elin teknik alandaki karşılığı son etkileyicidir. Son etkileyiciler robot anatomisinin bir bölümü olarak düşünülemez. Maniplatörlerin kol ve vücut eklemleri son etkileyicilerin pozisyonunda kullanılır ve manipulatörlerin el bağlantıları son etkileyicilerin bir bağlayıcısı olarak kullanılır.

Robot Hareketleri

Endüstride robotlar yapılacak üretime göre dizayn edilir. Bu işler robot vücudunun, kolun ve elin seri hareketleri ve pozisyonları ile başlanır. Son etkileyiciler kolun bir bağlantısıdır ve bunlar robotta amaçlanan özel işlerde kullanılır. Robot hareketleri iki genel kategoriye bölünebilir. Bunlar kol ve vücut hareketleri ve el hareketleridir. Aynı ayrı sınıflandırdığımız bu hareketler birlikte düşünüldüğünde bize serbestlik derecesini verir ve bu endüstri robotlarında 4 ile 6 derece arasındadır. Robotların boyutlarının ve bağlantı hareketlerinin müsaade ettiği ölçüde arzulanan son etkileyiciler, kol ve vücut bu hareket istemine göre dizayn edilmiştir. Polar, silindirik veya revolutede koordinat sistemine sahip ve serbestlik derecesi 3 olan robotların kol ve vücut hareketleri şunlardır:

- a) **Dikey hareket:** Aşağı veya yukarı doğru yapılan hareketlerdir.
- b) **Yatay hareket:** Robotun yatay merkezden ileri ve geri çekilme hareketlerini içerir.
- c) **Döner hareket:** Robotun yatay eksen boyunca dönme hareketidir.

Bağlantıların Şematik Gösterimi

Robot manipulatörlerinin fiziksel koordinatörleri, bağlantıların notasyon şeması olarak tanımlanabilir. Bu bağlantı çeşitlerinin kullanımı L, R, T ve V olarak simgeliyoruz. Önce vücut ve kol düşünülerek, bu harfler kol ile bağlantılı işlemlerin ve nihayetlenen bağlantı ile başlayan robot konfigürasyonunu kısım kısım göstermekte kullanılabilir. Kol bağlantılı robotlara göre üç dönel bağlantıya sahiptir ve TRR veya VRR olarak gösterilebilir. Tabloda bu dört temel konfigürasyon gösterimleri verilmiştir (Tablo 5).

Robot Koordinatı (kol ve vücut)	Sembolü
Polar	TRL
Silindirik	TLL, LTL, LVL
Kartezyen	LLL
Revolute	TRR, VVR
Robot Koordinatı (el)	Sembolü
İki eksenli	RT
Üç eksenli	TRT
L: Left (sol)	
R: Right (sağ)	
T: Turn (dönme)	
V: Vertical (dikey)	

Tablo 5: Robotlarda koordinat sistemleri ve sembolleri

İş Hacmi

İş hacmi, kelime anlamı itibariyle robotun yapabileceği işlerin, kapsamı dahilindeki hareketlerdir. Son etkileyiciler temel robotların bir parçasıdır ve robotların çalışma mesafesinin bir bölümü olarak sayılmazlar. Uzun etkileyicilere göre, kısa son etkileyicilerin iş hacmi ve erişme mesafesi çok daha kısıtlıdır. Böylece ele bağlı olan son etkileyiciler robotlardaki normal çalışma hacminde kesin bir noktaya ulaşma imkânı vermemektedir. Bu ise kolun sınırlayıcı bağlantılarının parça kombinasyonundan dolayıdır. İş hacmi, robotları aşağıdaki fiziksel karakterleri ile belirlenir:

- Robotların fiziksel koordinatları,
- Vücut, kol ve el bileşenlerinin ölçüleri,
- Robotları eklem hareketlerinin sınırları.

6.1.1. Robot Sürücü Sistemleri

Robotun vücut, kol ve el ile hareket edebilme yeteneği robotlara güç sağlayan sürücü sistemleri ile sağlanır. Sürücü sistemleri kolların hareketlerinin hızı robotun dayanımı ve dinamik performansı ile belirlenir. Sürücü sistemleri, başka bir deyişle robotlarda başarılabilen uygulamaların çeşidi olarak tanımlanabilir.

Sürücü Sistem Çeşitleri

Ticari amaçlı endüstriyel robotlarda sürücü sistemleri üç şekilde beslenir:

- Hidrolik sürücüler,
- Elektriksel sürücüler,
- Pnömatik sürücüler.

Hidrolik sürücüler genellikle geniş robotların ortaklığıdır (Unimate 2000 serisi). Hidrolik sürücülerin genel avantajı robotlarda yüksek hız ve dayanımı sağlar. Dezavantajı ise robotun tabanla bağlantısı gerçekleştirilmelidir. Eğikliğinden dolayı yağ sızıntısı sorun yaratır. Ayrıca çok gürültülüdürler.

Elektrik sürücü sistemleri hidrolikler kadar yüksek hız ve güç sağlayamaz. Aslında elektrik sürücü sistemlerinin hassasiyeti ve işlevi tekrar edebilme yeteneği genellikle daha iyidir. Bunların da diğerleri gibi tabana montajı yapılmalıdır. Uygulamalarında kolların toplanması gibi kusursuz bir çalışma gösterirler.

Pnömatik sürücü sistemleri birkaç serbestlik derecesine sahip olan küçük robotlarda kullanılır. Bu tür robotlar al-bırak gibi basit hızlı işlem yapan robotlardır. Kayan eklem hareketlerini çevrimini sağlayan piston bölümlerinin işlevleri hazırca olabilmektedir. Bu genellikle döner eklemler için dönel hareketleri içerir.

Hareket Hızı

Endüstride kullanılan robot ellerinin ulaşabildiği maksimum hız, imalatçı firmaya göre değişebilmektedir. Bu alandaki teknoloji de çok sür'atli değiştiği için, robot el hızları için burada bir rakam belirtmek yanlış olur. Hidrolik robotlar elektrik sürücülü robotlara göre daha hızlıdır.

Şüphesiz hız; robotun verilen iş çevrimini yapabildiği hız ile belirlenir. Genellikle üretimden amaç, verilen işin minimum sürede yapılabilmesidir. Hemen hemen bütün robotların hızları, imalat aşamasında

belirlenir. Arzu edilen en iyi hızın tespiti üretim süresini minimuma indirmek ki, bu da aşağıdaki sebeplere bağlıdır:

- Elin pozisyonundaki doğruluk,
- Elle oluşturulan işin ağırlığı,
- Hareket edebilme mesafesi.

Yük Taşıma Kapasitesi

Büyükölç, koordinat, konstrüksiyon ve sürücü sistemleri robotlarda yük taşıma kapasitesi olarak belirlenir. Bu yük kapasitesi özel koşullar altında robot kolunun bulunduğu en zayıf pozisyon itibarıyla belirlenir. Bu durumda polar silindirik veya kol bağlantılı konfigürasyon durumlarında bunun anlamı robot kolunun maksimum uzanabilirliğidir. Bu durumun insan için anlamı, kaldırılan yükün ağırlığı kolun vücuttan kopabileceği maksimum sınırdır.

6.1.2. Kontrol Sistemleri ve Dinamik Performansı

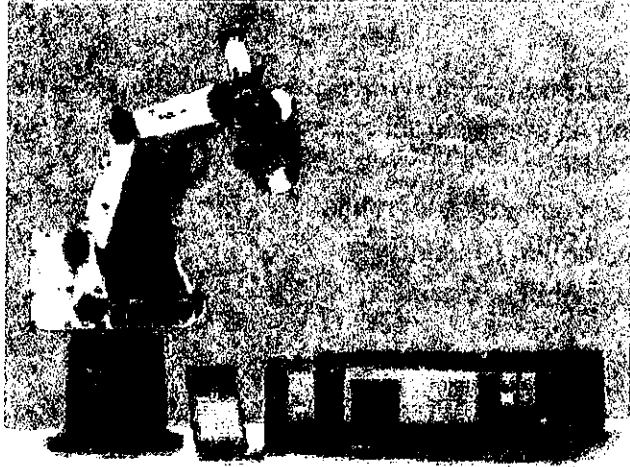
İşleme göre, robotun sürücü sistemlerinin hareketi ile düzenlenmesine *kontrol* denir. Bu kısımda özet olarak çeşitli kontrol sistemlerinden bahsedeceğiz ve ortak performans karakterlerini kontrol sistemleri ile belirleyeceğiz.

Robot Kontrolünün Dört Çeşidi

Ticari endüstri robot kontrolleri dört sınıfta incelenir. Bunlar;

- Sınırlandırılmış seri robotlar,
- Kontrolde nokta nokta ses üreten robotlar,
- Sürekli yörünge kontrollü ses üreten robotlar,
- Zeki robotlardır.

Resim 48'de robotların programlanmasının öğretilmesi amacıyla imal edilmiş bir masa üstü robot görülmektedir.



Resim 48: Programlama amaçlı masa üstü bir robot resmi

Sınırlandırılmış seri robotların kontrolü kolay fakat verimleri düşüktür. Oysa zeki robotların kontrolü karmaşık, buna karşın verimleri yüksektir. Eklemlerin bağıl pozisyonlarını göstermede sınırlandırılmış seri robotlar kontrol amaçlı kullanılmaz. Bunun yerine bunların kontrolü sınırlandırılmış anahtarlar veya eklemlerin kendi içlerindeki eksen noktalara yerleştirilen mekanik durdurucular ile yapılır. Bu durdurmanın arka arkaya ve pozisyonlara bağılı olarak gerçekleştirilmesi, manipulatörlerin mekanik olarak kurulması, elemanların duyarlı olarak programlanmasından daha iyidir ki, bu yöntem mekanik kurulmayı içerir.

Ses üreten robotlar iki kısma ayrılır: Birincisi noktadan noktaya (PTP-Point to Point) robotlar ve sürekli yörünge izleyen robotlardır. PTP robotlar noktanın istenilen ve oluşan hareketlerinin seri olarak bir çevrim hareketi yapabilme performansındır. Her pozisyon robota daha önceden öğretilir. Bu noktalar robotun kontrol ünitelerine kaydedilir. Bu ses üretme işlemi ile robotun bir noktadan diğer bir noktaya seri olarak yapmış olduğu hareket kontrol edilmiş olur.

Sürekli yörünge robotları, robot tarafından takip edilen yörünge'nin kontrolünde kullanılan bir yöntemdir. Bu genellikle izlenen yörüngede noktalar arasındaki arka arkaya gelen çok kısa aralardaki robot hareketi ile başarılıdır.

Zeki robotlar, sadece bir hareketi yapabilmek için programlanmış robotlar değildir. Aynı zamanda çevresinde zeki olarak bilinir. Kontrol

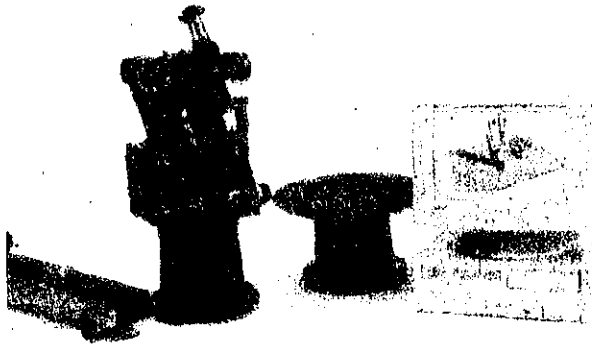
üniteleri dijital kompütürleri veya benzeri cihazları içerir (programlanabilir kontroller). Zeki robotlar, iş ortamında oluşan değişikliklere tepki verebilecek şekilde programlanabilir.

Tepki Hızı ve Kararlılık

Tepki hızı ve kararlılık kontrol sistemlerinin dizaynıyla ilişkili dinamik performansın iki önemli özelliğidir. Tepki hızı robotun kısa bir zaman içinde bir sonraki duruma geçme yeteneği demektir. Bu tepki süresi açıkça robotun hareket hızıyla ilişkilidir. Bu aynı zamanda kontrol sisteminin bir fonksiyonudur. Robotikte kararlılık genellikle bir durumdan diğerine hareket sırasında kolda meydana gelen salınımların bir ölçüsü olarak tanımlanır. İyi kararlılığı olan bir robot kol hareketi sırasında veya bitiminde çok az salınım gösterir veya hiç göstermez. Zayıf kararlılık büyük oranda salınımla belirtilir. Genellikle kontrol sistemlerinin dizaynında sistemin iyi kararlılığa ve hızlı bir tepki süresine sahip olması arzu edilir. **Resim 49'**da parçayı konumlandıran robota ait resim görülmektedir.

Hareketin Hassasiyeti

Tepki hızını ve kararlılığın önceki tartışması robotun dinamik performansı ile ilgilidir. Performansın bir diğer ölçüsü robotun hareketinin hassasiyetidir. Hassasiyet; üç özelliğin bir fonksiyonu olarak tanımlayacağız.



Resim 49: Parçayı konumlandıran robota ait resim

1. Uzaysal çözünürlük,
2. Doğruluk,
3. Tekrarlayabilme.

1. Uzaysal Çözünürlük

Bir robotun uzaysal, çözünürlüğü robotun iş hacmine bölebildiği hareketin en küçük artımıdır. Uzaysal çözünürlük, iki faktöre bağlıdır. Bunlar; sistemin kontrol çözünürlüğü ve robotun mekanik noksanlıklarıdır. En kolayı bu faktörleri 1 serbestlik dereceli bir robotla ilgili olarak kavramlaştırmaktır.

Sistemin kontrol çözünürlüğü; robotun durum kontrol sistemiyle ve bunun geri besleme ölçüm sistemiyle tanımlanır. Belirli eklem için hareketin toplam menzilini kontrol edicide adreslenebilecek tek tek artımlara bölmek; kontrol edicinin yeteneğidir. Artımlar bazen "adreslenebilir noktalar" olarak tanımlanır. Eklem menzilini artımlara bölme yeteneği, kontrol hafızasındaki bit depolama kapasitesine bağlıdır. Ayrı tanımlanabilir artımların belirli bir eksen için sayısı şu şekilde verilir:

$$\text{Artımları sayısı} = 2^n$$

Burada n = Kontrol hafızasındaki bitlerin sayısıdır.

2. Doğruluk

Doğruluk; bir robotun iş hacmi içinde istenen bir hedef noktaya bileğini konumlandırma yeteneğidir. Bir robotun doğruluğu, uzaysal çözünürlükle ilgili olarak tanımlanabilir. Çünkü verilen bir hedef noktaya ulaşma yeteneği robotun her bir eklem hareketi için kontrol artımlarını ne kadar yakın tanımlayabildiğine bağlıdır. En kötü durumda, istenen nokta iki ardışık kontrol artımlarının ortasında olabilir. Bir an için robotun doğruluğunu düşüren mekanik kusurları ihmal ederek, başlangıçta doğruluğu bu en kötü durum altında kontrol çözünürlüğünün yarısı olarak tanımlayabiliriz. Gerçekte mekanik kusurlar; hedef konuma ulaşmayı etkileyecektir.

3. Tekrarlayabilirlik

Tekrarlayabilirlik, robota önceden öğretilmiş olan uzayda bir noktaya bileğini veya bileğine tutturulmuş bir etkileyiciyi konumlandırma yeteneği olarak tanımlanır. Tekrarlayabilirlik ve doğruluk robotun

hassasiyetinin iki farklı durumudur. Gerçek programlanmış nokta kontrol çözünürlüğü sebebiyle muhtemelen hedef noktadan farklı olacaktır. Tekrarlayabilirlik programlanmış noktaya istendiği zaman geri dönebilme yeteneği demektir.

Uç Etkileyiciler

Endüstriyel uygulamalar için, temel robotun yetenekleri, ilâve cihazlarla arttırılmalıdır. Bu cihazlara robotun çevreselleri denir. Bunlar robotun bileğine tutturulmuş ekipmanı ve robotun çevresiyle etkilemesine izin veren algılayıcı sistemleri içerir.

Uç etkileyiciler iki kategoriye ayrılabilir: Kısaçlı kepçeler ve aletler. Kısaçlı kepçeler bir nesneyi, genellikle iş parçasını yakalamak ve robot iş devri sırasında tutmak için kullanılabilir. Parçayı iki veya daha fazla parmaklarla tutma şeklindeki açık mekanik yöntemlere ilâveten kullanılabilecek bir çok çeşit tutma yöntemi vardır. Bu ilâve yöntemler emme kapları, mıknatıslar, çengeller ve kepçelerin kullanımını içerir. Robotun çalışma parçası üzerinde bazı işlemler gerçekleştirmesi gereken uygulamalarda bir alet bir uç etkileyici olarak kullanılabilir. Bu uygulamalar nokta kaynağı, ark kaynağı, sprey boyama ve delmeyi içerir. Her bir durumda özel alet uygulamayı gerçekleştirmek için robotun bileğine tutturulmuştur. **Resim 50**'de uç etkileyici görülmektedir.



Resim 50: Robotta uç etkileyiciler

6.1.3. Robot Programlama ve Çalışma Hücresi Kontrolü

En basit biçimde, bir robot programı, yönetenin uzayda hareket etmeye yönlendirildiği bir yol olarak tanımlanabilir. Bu yol, uç etkileycilerinin kontrolü ve algılayıcılardan sinyallerin alınması gibi diğer olayları da içerir. Robot programlamanın amacı, bu hareketleri robota öğretmektir.

Robotları programlamak için kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Bugün en büyük ticarî önemin iki temel kategorisi, yönlendirmeli programlama ve metinsel dil programlamadır.

Yönlendirmeli programlama robot kolunun istenen hareket sırasıyla hareket etmesinin sağlanmasını ve hareketlerin kontrol hafızasına kaydedilmesini içerir. Yönlendirmeli programlama, tekrarlamalı robotları programlamak için kullanılır. Noktadan-noktaya tekrarlamada genel yöntem; çalışma uzayında her bir istenen noktaya robot eklemlerinin sürülmesi için bir kontrol kutusu (bir öğretme askısı olarak adlandırılır) kullanmak ve ardışık hareketler için noktaları hafızaya kaydetmektir. Öğretme askısı bir dizi anahtarla donanmıştır ve robotun hareketlerini öğretme işlemi sırasında kontrol etmek için tuşlanır. Kolaylığı ve uygunluğu ve buna uygun olan uygulamaların geniş çaplı oluşu, bu yönlendirmeli programlamayı tekrarlamalı tip robotlar için en yaygın yöntem kılmıştır.

Metinsel robot dillerinde bulunabilecek programlama ifadelerinin çeşitlerinin bazı örnekleri aşağıdaki diziyi içerirler. Burada verilen programlama dilleri için de bir sınırlama getirmek doğru olmayacaktır. Robotları çok değişik diller kullanarak programlamak mümkündür. **Tablo 6**'da bir robota ait kısa bir programlama satırları görülmektedir.

SPEED 27 IPS	Saniyede 27 inç hızla ilerle
MOVE P1	P1 noktasına hareket et
CLOSE 42 mm	42 mm yaklaş
WAIT 2 SEC	2 saniye bekle
DEPART 60 mm	60 mm uzaklaş

Tablo 6: Robot Programlamasına Ait Küçük Bir Örnek

Komutlar dizisi robota takip eden hareketlerde bilekteki hızın 27 inç/saniye olması gerektiğini söyler. MOVE ifadesi robotun kısılcını P1 noktasına hareket ettirmesini ve 42 mm'lik bir açıklığa yaklaşmasını belirtir. Noktanın 60 mm üzerine kadar P1'den uzaklaşmasından önce 2 saniye beklemesi talimatı verilmiştir.

6.1.4. Sorular

Soru 1: Robotların iş yapabilme hızları için nasıl bir yorum yapılabilir?

Soru 2: Zeki robotların esas özelliği nedir? Açıklayınız.

Soru 3: Robotların yük taşıma kapasitesi ne ile belirlenir? Açıklayınız.

6.2. Kontrol Paneli

1950'li yıllarda, insan koluna benzeyen robotların yapımına başlanmıştır. Çalışmalardaki hedef, sanayide fazla güç gerektiren, tek düze ve basit işlerin robotlara yaptırılmasıydı. İlk yapılan robotlar el şeklindeydi ve kontrolü çok kolaydı. İlk robot kollar, bir nesneyi bir yerden alıp başka bir yere taşımada kullanılmıştır.

1970'li yıllarda mikro-işlemcilerin icadı ve geliştirilmesiyle robotlar için yapay zekâ fikri ortaya atıldı. Robotlar on yıl içinde bilgisayar sistemleriyle donatıldı. Bilgisayar ve bilgisayar ağlarının gelişmesi robotların tasarımında ve kontrol sistemlerinin gelişmesinde bir çığır olmuştur. Bunun sonucunda yapay zekâ ve yapay sinir ağları geliştirildi ve yapay zekâlar kullanılarak robotlar kontrol edilmeye başlandı.

6.2.1. Robotların Temel Sistemleri

Robotlar üç temel sistemden oluşur. Bunlar;

1. Tanım veya kontrol alt sistemi,
2. Motorlu alt sistem veya hareketli parça,
3. Algılayıcı alt sistemidir.

Robot sistemlerinin hareket edebilen parçaları içinde kol, bilek, kavrama ve ayak bulunur. Robotlarda basit ve çeşitli elektro-mekanik sistemden oluşan kontrol sistemi;

- a-) Temelden hafızalı programlı on-line,
- b-) Üstün yetenekli bir bilgisayar ile yönetilebilir şekilde karşımıza çıkar.

6.2.2. Robotlarda Kontrol Sistemi Tasarımı

Robotun kontrol sistemi tasarlanırken ya piyasadaki bir sistem seçilir ya da yapılacak hizmete uygun bir sistem tasarlanır. Burada temel faktörler şunlardır:

- 1-) Çevre birimleri konumlandırma mekanizmaları,
- 2-) Çevreye veri iletimi,
- 3-) Kontrol eksenlerinin sayısı,
- 4-) Hafıza kapasitesidir.

Kontrol Sistemine Göre Robotlar

Robotlarda kontrol sistemi dağılımı şöyledir.

- 1-) Sınırlı ardışık sıra robotlar,
- 2-) Robot ile nokta-nokta kontrol,
- 3-) Sürekli hat kontrollü robot,
- 4-) Yapay zekâlı robotlar şeklindedir.

6.2.3. Robotların Kontrolü

Günümüzde, yaygın olarak kullanılan endüstriyel robotların ilk ortaya çıkışı, teleoperatörlerin ve nümerik kontrollü tezgâhların kullanılmasıyla başlanılmıştır. Teleoperatörler İkinci Dünya Savaşında kimyasal maddelerin işlenmeleri esnasında kullanılmaya başlanılmıştır. Teleoperatörler ile insan sağlığı için zararlı olabilecek veya insanların ulaşamayacağı yerlere ulaşmasına imkân verilmiştir. Teleoperatörlerde elektrikle çalışan mekanik bir kol veya bu mekanizmayı kontrol için teleoperatörden uzakta robot kolu ile simetrik manipülâtör vardır.

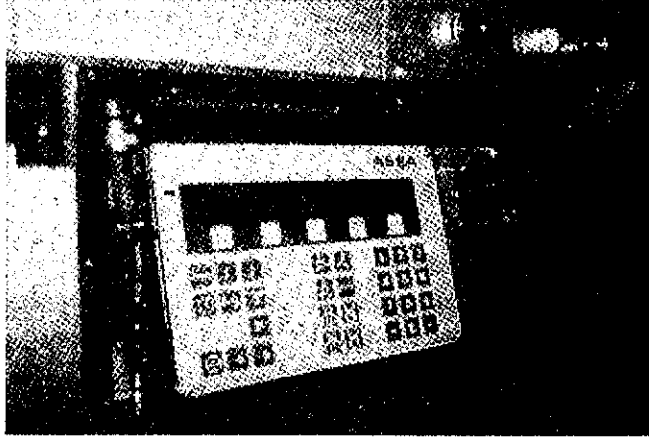
Operatörün yaptığı her hareket eklemlerdeki algılayıcılar ile elektrikli sinyallerle mekanik kola aktarılmaktadır. Böylelikle robot kol operatörü aynen izlemektedir.

1960 yılında George Devol Unimate isimli ilk endüstriyel robot, yapıldı. Teleoperatörlere ilk örnekler arasında sayılan bu robotun, insan koluna benzeyen eklemlerli geometrik yapısı ve nümerik kontrollü tezgâhlarda kullanılan servo kontrol sistemi vardır. Günümüzde endüstri robotları aynı esasa göre çalışmaktadır. Fakat programları vasıtasıyla değişik işlerde kullanılabilirlerdir.

Teleoperatörlerin kullanıldığı yerlere örnek olarak Titanik isimli batık geminin, deniz altındaki yerinin bulunması verilebilir. Batık geminin bulunması, teleoperatörün uzaktan kontrolü ile sağlanmıştır. Teleoperatörlerde amaçlanan ise, operatör ile ilişkisini çok güçlü kurabilmektir (**Resim 51**).

İlk robotlarda kontrol, işlevci den doğrudan sert çubuklarla, kablolarla ya da tellerle sağlanmıştır. Günümüzdeki araçların çoğunda ise

bağlantılar doğrudan olmayıp genellikle elektrik kabloları, optik fiberler veya radyo ve televizyon dalgalarıyla kontrol yapılmaktadır.



Resim 51: ASEA Syntaxer kontrol paneli

Robotların en büyük özelliği, kullanıcının işin yapıldığı ortamı görebilmesidir. Bu işlem, robotta bulunan kamera sistemiyle sağlanmaktadır. Kamera sistemi ile normal gözle görülemeyecek nesnelere görülebilir. Geçmişte görüntü sistemlerinin geliştirilmesi için çaba harcandığı hâlde, kontrol sistemleri ile fazlaca ilgilenilmemiştir. Genelde joystick, anahtar ve levyeler kullanılmıştır. Bu cihazlar kullanıcının yaptığı işi aynen taklitten ibarettir.

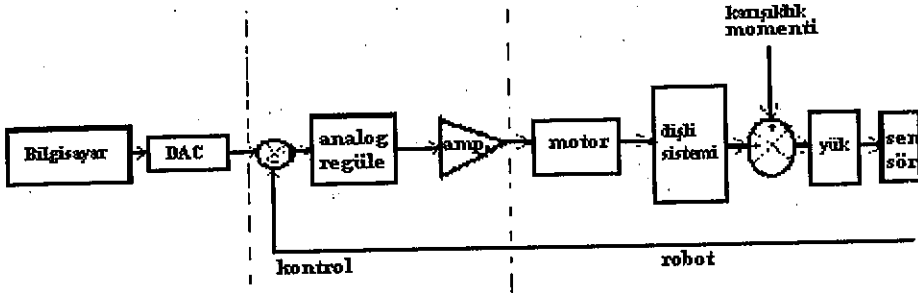
Günümüzde ise robotlarda kontrol panelleri bilgisayar teknolojisine bağlı olarak hızla gelişmiştir. Amaç; kontrol eden kişi ile robotlar arasında bilgisayar sistemleri konularak, kontrolde hata oranını en aza indirmek ve daha iyi kontrol imkânını sağlamaktır. Böylece kullanıcının, robotun yapacağı hareketleri yapması ortadan kalkmıştır. Bunun yerine uzaktan kumanda cihazlar ve bilgisayara yüklenen programlar sayesinde robotun hareketi yönlendirilmiştir. Bu yöntemle kullanıcının robotu hareket ettirmek için harcadığı güç, minimuma indirilmiş ve kullanıcı ile robotun kontrol sistemleri arasındaki bağlantı doğal hâle getirilmiştir.

Robot, ister uzayda ister yeryüzünde olsun, robotların kontrolü genelde radyo ve TV dalgalarıyla yapılmaktadır. Bağlantının olduğu yerlerde ise optik fiberlerle sağlanmaktadır. Bu ise saniyede dört yüz milyon bilgi taşınmasına imkân vermektedir.

6.2.4. Robotlarda Temel Kontrol Teknikleri

Analog Servo Sistem

Şekil 70'den de anlaşılacağı gibi komutlar robota analog olarak verilmektedir. Bilgiler bilgisayardan dijital analog çevirici (DAC) ile dönüştürülerek analog olarak kontrol ünitesine uygulanmaktadır. Kontrol ünitesi ile robot kontrol edilmektedir. Bu sistem analog servo sistem olarak isimlendirilmektedir.



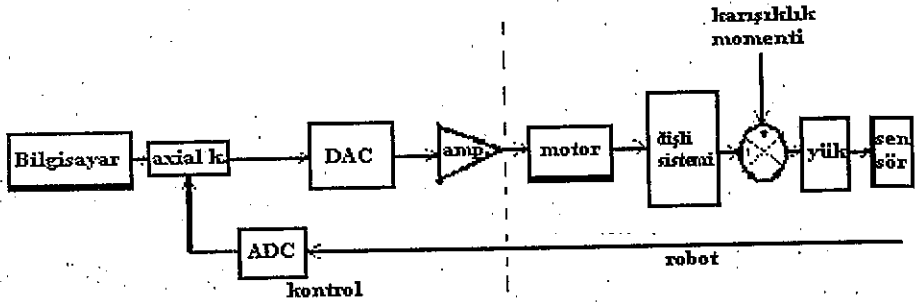
Şekil 70: Analog servo sistem.

Bilgisayardan dijital olarak gelen bilgi, DAC ile dönüştürülerek analog sinyal kontrol ünitesinin düzenleyicisine uygulanır. Bu ünite panel sayesinde girilen komutla işlenerek bir amplifikatör yardımıyla yükseltilip robota uygulanır. Sistem geri beslemelidir. Robota uygulanan komutun sonucunda yaptığı işin durumuna göre kontrol ünitesine, durumunu bildiren mesaj gönderir.

Dijital Servo Sistem

Şekil 71'de dijital servo sistemin blok diyagramı görülmektedir. Bilgisayara yazılı program, aksel kart ile kontrol ünitesine verilir. Kullanıcı, gerekli komutları bu üniteye verir. DAC ile anologa çevrilen sinyal, bir yükselteç ile robota uygulanır. Robot istenilen işlemi yaptıktan

sonra durumu ADC ile dijital olarak kontrol ünitesine geri beslemeli olarak bilgi verir. Bu sistemde kontrol ünitesi dijitaldir.

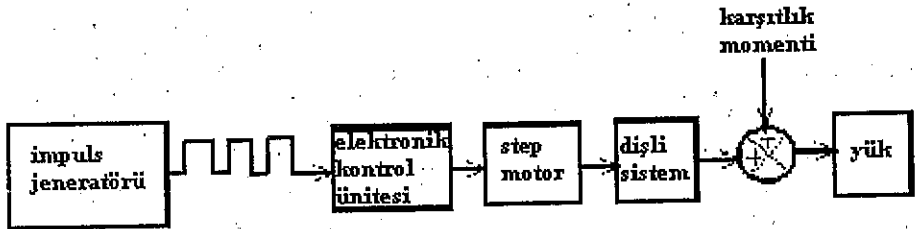


Şekil 71: Dijital servo sistem

Adım Kontrol Sistemi

Bu sistemin blok diyagramı Şekil 72'de verilmiştir. İmpuls jeneratöründen üretilen sinyal, robotun kontrol ünitesine uygulanır ve robot kontrol edilir. Bu sisteme, kontrol paneli ile direkt kontrol denilebilir. Robotu kontrol ederken kontrol paneli yardımıyla verilen komut; robotun kontrol birimlerinde işlenerek iş yaptırılır. Bu sisteme örnek olarak TV'lerin uzaktan kumanda aletleri gösterilebilir. Robotu kontrol eden kontrol paneliyle sağa-sola dön, ileri git vb. emirler verilir.

İncelemeye çalıştığımız bu sistemlerinden anlaşılacağı gibi robotlarda mutlaka bir mikroişlemci ünitesi ve kontrol panelinin bulunması gerekmektedir.



Şekil 72: Adım kontrolü

Noktadan Noktaya Robot Kontrolü

Bu teknik iki bölümde incelenebilir:

1. Elle Kontrol,
2. Tele Kontrol.

1. Elle Kontrol

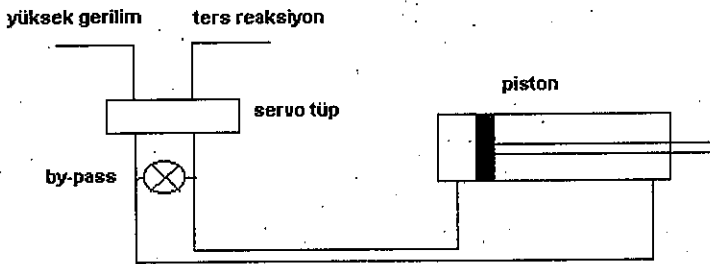
Kullanıcı, robotu değişik tekniklerle elle kontrol eder. Bu yüzden robot, kullanıcıya bağımlıdır. Hareket operatörce belirlenir. Komutu veren operatör, terminal klavyesi kullanır. Elle kontrol tekniğinde direkt hareketler kullanılır. Bu tekniğin çeşitli kısıtlamaları vardır. Örneğin, hareket oranları çok genişler veya işlem ters çevrilirse robot bu tür hareketleri yapamaz. Bu sadece elektrikli motorlarda olabilir; ama hidrolik motorlarda by-pass gereklidir (Şekil 73).

Kumanda paneli, elle hareketlerde güç harcanmasını gerektirir. Robotun hareketi için, operatörün fiziksel gücü buna uygun olmalıdır. Bu nedenle elle kontrol edilen robotlar, hacimce küçük olmalı ve iyi bir denge düzeneği bulunmalıdır.

Robotları elle kontrol etmede çeşitli pozisyonlarda çeşitli etmenler vardır. Bunlar aşağıda verilmiştir:

- Nakilde derece uyuşmazlığı,
- Nakilde esneklik ve sert kısımlar,
- Servo sistemlerde oluşan hatalar.
-

Yukarda saydığımız etmenlerden dolayı elle kontrol küçük ve fazla güçlü olmayan robotlarda kullanılmalıdır.

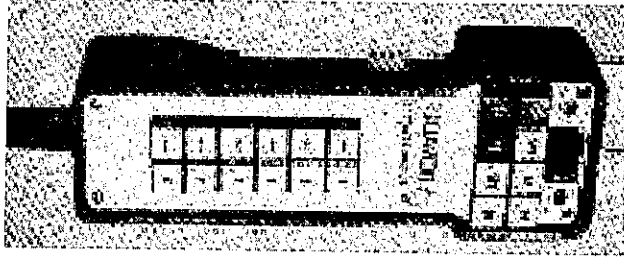


Şekil 73: By-Pass'lı hidrolik güç motoru

2. Tele Kontrol

Tele kontrol tekniği, operatörce kullanılan aletlerde çeşitli işleri yaptırmak ve hareketi sağlamak için kullanılan bir yöntemdir. Kontrol genelde bir kontrol paneli aracılığı ile sağlanır. Kontrol ünitesi aktif kablolarla, radyo veya TV dalgalarıyla robotla bağlantı kurar.

Robotun her kademesi, yani adım adım hareketleri için kontrol panelinde anahtarlar veya butonlar bulunur. Robotun her bir hareketi kontrol paneli ile sağlanır (**Resim 52**).

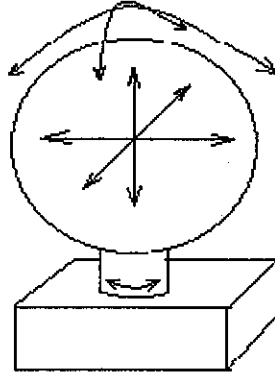


Resim 52: ACMA marka kontrol paneli

Kontrol panelinden gelen verileri işleyebilecek bir mikroişlemci ünitesinin robot üzerinde bulunması gerekir.

Bütün hareketler, DOF'lar (Dgree of Freedom-Serbestlik derecesi) yardımıyla da kontrol edilebilir. DOF'da bütün direktifleri ve hareketleri kontrol için üç pozisyonlu bir düzenek vardır. Bütün robotlar için hareket serbestliği ve koordinasyon, imkânsız olmasa bile çok zordur. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, günümüz teknolojisi bu kusursuzluğu yok edememiştir.

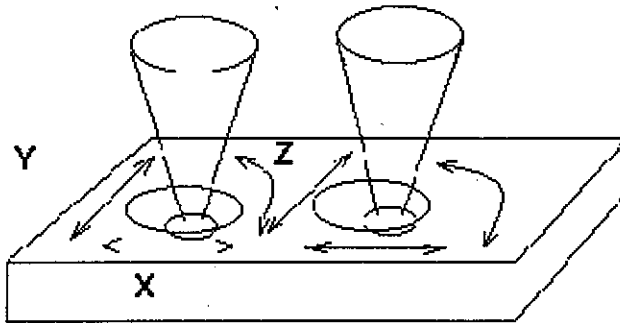
DOF'un bir veya daha fazla hareketiyle robotu kullanan operatörleri görevleri çok karmaşık olabilmektedir. Bu nedenle operatörler robotun hareket kapasitesini iyi bilen, yaptırılacak işi iyi özümseyen tecrübeli kişiler olması istenmektedir. Çünkü, işi düzenli işletmek çok önemli ve zordur.



Şekil 74: DOF'un şematik görünümü

Tele kontrol yönteminde, anahtarlar hareketi direkt kontrol ederler. Bu tekniğin asıl avantajı, hareketlerin robotlar için uyumlu olmasıdır. Bu, diğer yöntemlerden farklıdır. Bu farklılık yeni bir robot türünün gelişmesine neden olmuştur. Bu robotları kullanırken genelde joystick kullanılır. Joystick, robot kontrolünde ikili anahtar hareketi ile küçük; fakat pratik ve gerçek bir kontrol imkânı sağlanmaktadır.

Joystickler genelde üç DOF'a sahiptir. Ancak altı yönlü hareket imkânı sağlamaktadır. Operatörler bu robotları iyi bir şekilde kullanabilmektedirler; ama bazı kısıtlamalar da vardır.



Şekil 75: Syntaxere ait bir DOF

Hareketleri Kaydedilen Robotlar

Bu konu ile daha önce değindiğimiz ve teleoperatör olarak adlandırılan robotların kontrollerinin nasıl yapıldığı ele alınacaktır. Taklit yolu ile kontrolü üç kısımda inceleyebiliriz:

1. Elle Kontrol,
2. Tele Kontrol,
3. Taklit Yolu İle Kontrol.

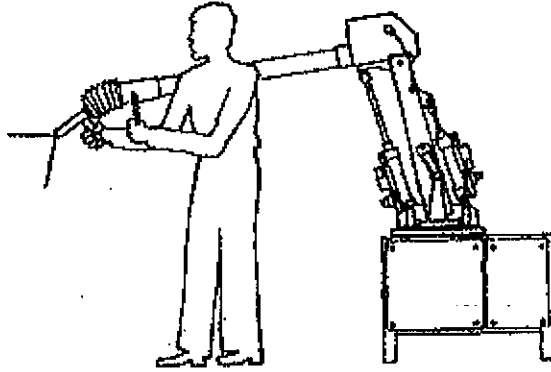
1. Elle Kontrol

Operatör, robotu kontrol ederken yaptırılan işin başındadır. Kullanıcı, robot kolunu bizzat işin başında kontrol eder. **Resim 53'** te Toshiba kontrol paneli görülmektedir.

Robot kolunu eliyle tutan operatör, işi kendisi yapar. Bu yöntem çok kullanışlı değildir. Bazı özel durumlar için kullanılır. Şekilden bunu daha iyi anlayabiliriz (**Şekil 76**).



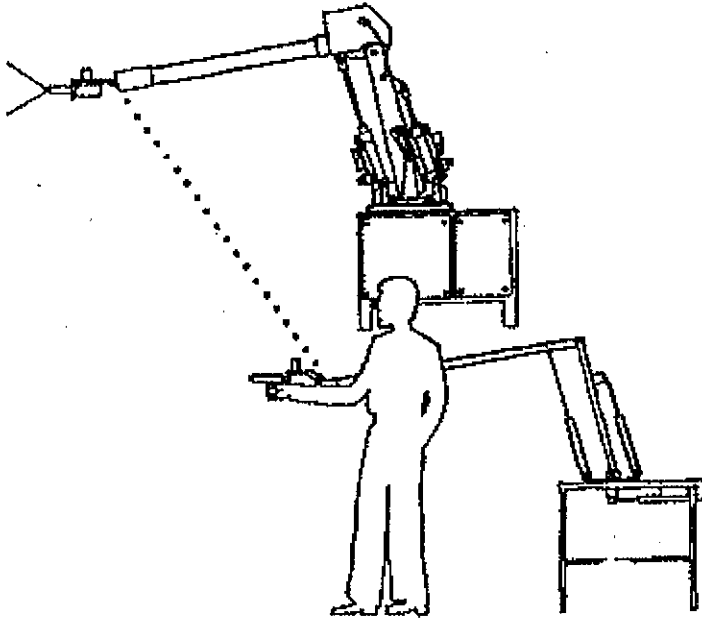
Resim 53: Toshiba kontrol paneli



Şekil 76: Elle kontrol

2. Tele Kontrol

Tele kontrol sisteminde, uzaktan kablolu sistem ile kontrol söz konusudur. Şekil 77'de tele kontrolün nasıl yapıldığı görülmektedir.

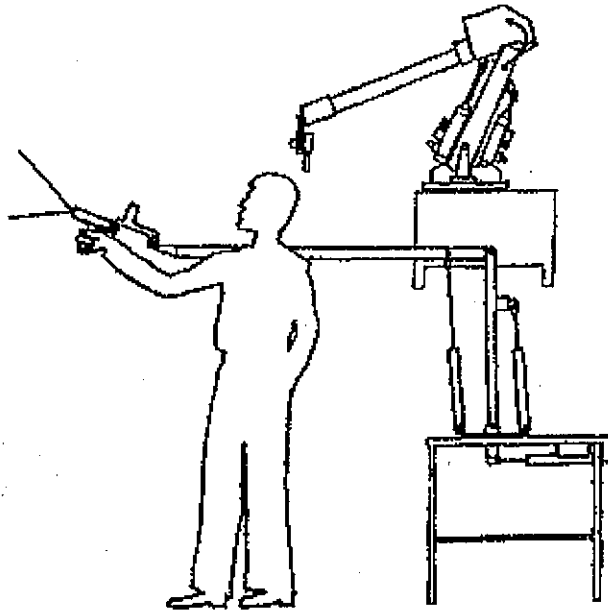


Şekil 77: Tele kontrol

3. Taklit Yolu İle Kontrol

Robot kontrolü **Şekil 78**'de görüldüğü gibidir. Operatörün yaptığı hareketleri, robot aynı anda taklit eder. Operatörün elinde robot koluna benzer bir kontrol ünitesi vardır. Robotun kapasitesine bağlı olarak bu kontrol ünitesi ile istenilen iş yaptırılır. Kontrol ünitesi olarak syntaxer ve joystick gibi birimler de kullanılabilir.

Bu yöntem ile kontrol işlemi operatör robota yaptırmak istediği hareketleri kendisi yaparak ve aynı anda robota yaptırmak sağlar. Operatör robotun kolundaki düğmeye basarak bu işlemi yaptırırsa, robot bu işlemi hafızasına alır ve akabinde bu hareketleri aynen tekrar eder. Operatör, robota bu işlemleri yaptırmak için robotun kapasitesini iyi bilmek zorundadır.

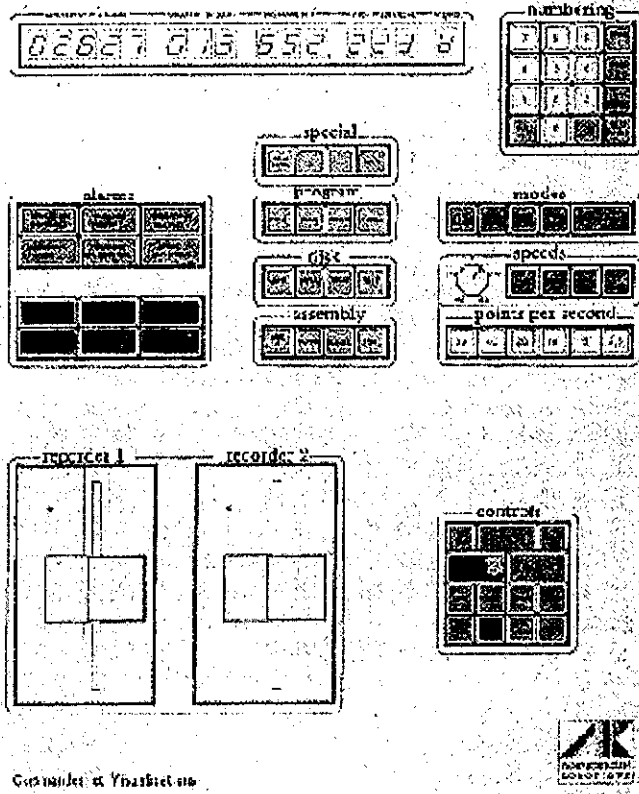


Şekil 78: Taklit yolu ile kontrol

Kontrol Paneli İle Kontrol:

Bu yöntem, noktadan noktaya robotların kontrollerinde zorunlu olarak geliştirilmiş yardımcı kontrol yöntemidir. Bu kontrol, yöntem olarak kullanıcının bir panel ile robotu idare etmesi esasına dayanır. Kulla-

ncı, robotu bir panel ile hareket ettirir. Panelde robotun hız kontrolü, zamanlama ayarları hareket yönleri, robotun mikroişlemcisinde yazılı olan programların hangisinin işletileceği gibi, kısaca robotun modeline göre robotun yapabileceklerin bulunduğu kısımdır (Resim 54).

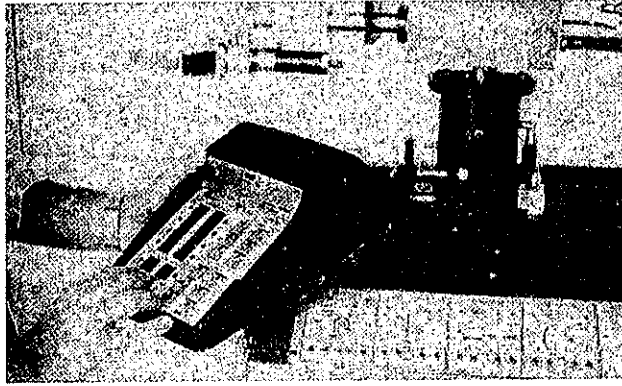


Resim 54: Kontrol paneli

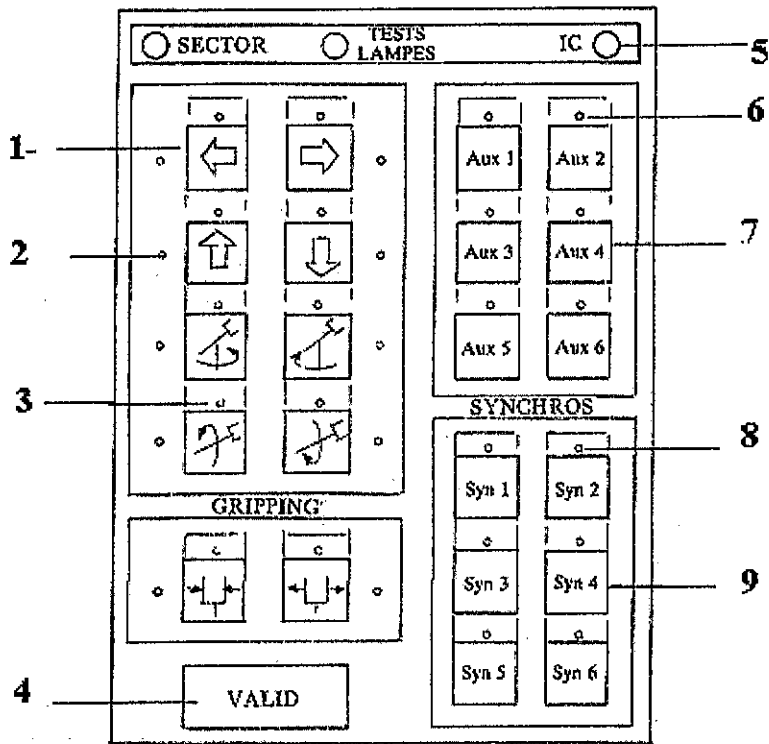
Kontrol panelleri, çok değişiklik arzederler. Robotun modeline göre kumanda merkezi diyebileceğimiz bu kısımlar günümüz robotlarının temel kontrol birimleridir.

Uzaya gönderilen bir robot, dünyadan kumanda istasyonları aracılığı ile kontrol edilmektedirler. Bu paneller sayesinde robota yeni programlar yazılabilmekte hatta kendi kendine bile tamir ettirebilmektedir. Günümüzde insanların verimli çalışmadığı veya hiç ulaşmadığı mekânlarda uzaktan kumandalı bu paneller ile çok verimli çalışılmakta, evrenin sırları çözülebilmektedir.

Kontrol panelleri ve istasyonları sayesinde robot uçaklar, deniz altılar, füzeler, vb. aklımıza gelebilecek her şey kontrol edilebilmektedir (Resim 55, Resim 56).



Resim 55: Robot kontrolü için kullanılan kontrol paneli

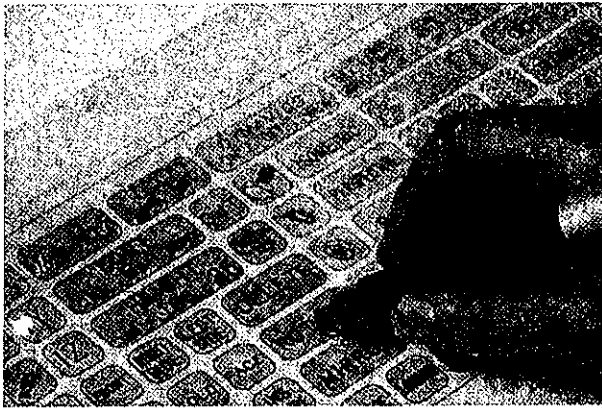


Resim 56: Kontrol paneli tuşları

Yukarıda görülen bir kontrol panelinin kısımlarını kısaca inceleyelim:

- 1-) Kontrol anahtarı,
- 2-) Sensörle robotun hareketini gösteren lâmba,
- 3-) Kontrol anahtarının durumunu belirten anahtar,
- 4-) Geçerli anahtar,
- 5-) Birinci durum belirticisi,
- 6-) Kontrol anahtarının durumunu belirten lâmba,
- 7-) Kontrol anahtarları için lâmbalar,
- 8-) Kontrol anahtarının durumunu belirten anahtarlar,
- 9-) Zamanlama anahtarları.

Resim 57'de ise dokunmatik bir kontrol paneli görülmektedir. Kontrol özel bir kalem yardımıyla yapılır.



Resim 57: Dokunmatik kontrol paneli

6.2.5. Sorular

Soru 1: Kontrol panellerini, kontrol edilme yöntemleri açısından sınıflandırınız ve kısaca açıklayınız.

Soru 2: Günlük yaşantımızda karşılaştığımız uzaktan kontrol sistemlerine örnekler veriniz.

6.3. Teach By Lead Yöntemi

6.3.1. Robot Programlama Yöntemleri

Robotların programlanması birçok farklı yoldan yapılabilir. Burada önemli iki yöntem üzerinde durulacaktır:

1. Yönlendirici Yöntemler,
2. Robot Programlama Dilleri.

1. Yönlendirici Yöntemler

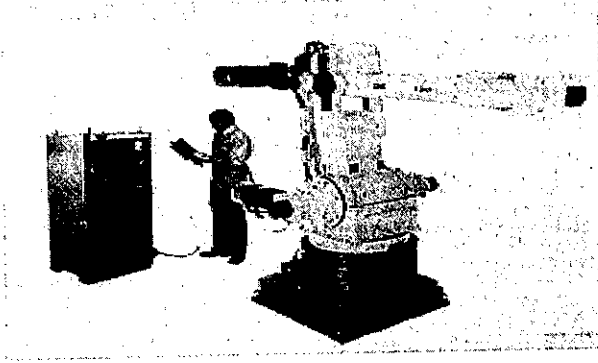
Yönlendirici yöntemlerde robot, kendisinden istenilen hareketleri ilk önce programcının yapmasını bekler. İlk başta robotun yapacağı hareketler programcı tarafından yapılır ve bu hareketler yapılırken robotun hafızasına kaydedilir. Bu yönteme, Teach by lead (göstererek öğrenme) yöntemi denir.

Robotlarda ilk önce, bizim “göstererek öğretme” dediğimiz yöntem kullanıldı. Bu robotlar, hareketlerini playback yaparken hafızasına kayıt eden robotlardır. Öğrenme sırasında kullanıcı, el veya öğretme pendandifi ile etkileşim yaparak robota kılavuzluk yapar.

Burada, adı geçen pendandifi biraz açıklayalım. Öğretme pendandifleri, her bir kullanıcının elle kontrolüne izin veren butonlardır. Bazı pendandifler robotu test etmeyi veya robotun hareket etmesini sağlar. Bazı öğretme pendandiflerin alfa nümerik göstergeleri bulunur. Robotların çalışmasında bir karışıklık çıktığı zaman elle kontrollü terminaleri kullanarak giderilir. Şekilde, bir operatörün büyük bir endüstriyel robot programlama için bir öğretme pendandifi kullanılmaktadır (**Resim 58**).

2. Robot Programlama Dilleri

Programlama dilleri ile robot programlama, diğer yüksek düzey programlama (C, BASIC, LOGO, vs.) dilleri gibidir.



Resim 58: Öğrenme pendatifi kullanan bir robot

İş alanlarında ilk önce, yönlendirici yöntemler kullanıldı. 1970'lerde yerini yavaş yavaş programlama dillerine bıraktı. 1980 yılında robot programlama dilleri piyasaya sürüldü.

Bu iki yöntem yüksek teknoloji robotların programlanmasında kullanılır. Bunların dışında ise düşük teknoloji robotlarda basit programlama teknikleri kullanılmaktadır.

6.3.2. Yönlendirici Programlama Yöntemleri

Bu yöntemde, robota istenilen hareketler yaptırılır ve bu hareketleri yaparken robot kontrol hafızasına kayıt eder. Robot, iki yolla hareket ettirilebilir:

1. Güçle Yönlendirme,
2. Elle Yönlendirme.

1. Güçle Yönlendirme

Bir öğretim halkası ya da teçhizatı kullanılır. Bu yönlendirme yapacak alet, robotun eklem noktalarını kol ve bilek hareketlerini istenilen hareket dizisine göre hareket ettirir. Bu sırada robot bu yapılanları hafızaya alır. Bu öğretim halkası küçük bir kutudan oluşur ve robotun hareketleri ve programlama özellikleri kontrol edilir. Yaygın olarak kullanılır. Ancak bir noktadan diğerine geçiş işlerinde sınırlı ve biraz yavaş kalmaktadır. Daimî hareket istenen robotlarda daha uygundur. Karışık

geometrik eksen hareketlerinde öğretme teçhizatı kullanımı sınırlıdır. Bu yöntem; nesne taşıma, makine yükleyip, çıkarma ya da nokta kaynağı işlerinde kullanılmazlar.

2. Elle Yönlendirme

El ile yönlendirme yöntemi, robot kolunun sürekli ve fazla karışık olmayan hareketlerinde kullanılır. Bunun en yaygın olduğu robot türü sprey boyama yapan robotlardır. Robot koluna bir sprey tabancası bağlıdır ve bu tabanca düzgün daimî hareketlerle boya yapacağı yüzeyi tarar. Elektrik arkı ile kaynak yapan robotları ise el ile yönlendirmeye farklı bir örnek olarak verebiliriz.

Elle yönlendirmede, programcı uç birimi tutarak (robot kolu gibi) ona istenen hareketleri yaptırır. Eğer robot çok ağır ve hantal ise, özel bir programlama cihazı kullanılır. Bu cihazın, ya da robot kolunun kenarında bir düğme vardır. Bu düğme basılı iken robot, yaptırdığınız hareketleri kayıt eder. Basılı değil iken, kayıt yapılamaz. Böylece kullanıcı bu düğmeye basmadan asıl program öncesi denemeler yapabilir.

Tüm ana hareketler, yüzlerce veya binlerce ayrı küçük harekete bölünür ve öyle kayıt edilir. Yukarıda anlatılan yönlendirici yöntemlerin iki çalışma modu vardır:

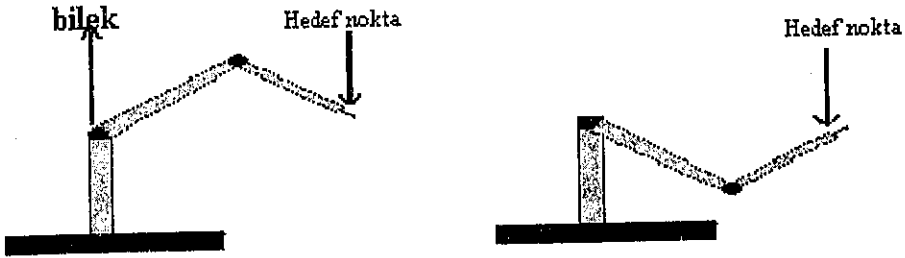
- Öğretme modu, kayıt yapılırken kullanılır.
- Çalışma modu, kayıt edildikten sonra, robotun iş yapabilmesi için bu moda alınır. Burada programcılara fazla iş düşmemektedir ve hareketler robotun çalışacağı ortamda hemen belirlenebilmektedir.

6.3.3. Bir Yol Üstünde Hareket Eden Robotlar

Noktaların geometrik yerlerinin birleştirilmesi ile bir robotun hareket güzergâhı belirlenir. Robotun uç birimi (parmaklar gibi), robot bileğine bağlıdır ve programda genelde izlenecek güzergâh bu parmakların hareketini belirler. Robotlarda eklem kullanıldığından beri; robota istenilen hareket biçimleri için bu eksenlerde farklı durumlar olarak robotun izleyeceği yolun gerçekleştirilmesini sağlarlar. Altı eklemlilik bir robot için, her nokta altı koordinat değerini içerir. Her koordinat bir eklem hareketini de belirler. Robotlarda dört çalışma şekli vardır:

- Polar,
- Silindirik,
- Kartezyen,
- Revolutive.

Yukarıda belirtilen koordinatlarda çalışan robotların kollarında üç eksene ve bileğe bağlı iki ya da üç eklem noktası bulunur. Kol ve gövde bağlantıları veya eklemleri uç biriminin genel durumunu ve bilekte yönlendirmeyi ayarlar. Eğer boşlukta bir noktaya ulaşılmalı ise, o eklem noktalarını farklı şekillerde ayarlayarak bu noktaya ulaşılabilir (Şekil 79).

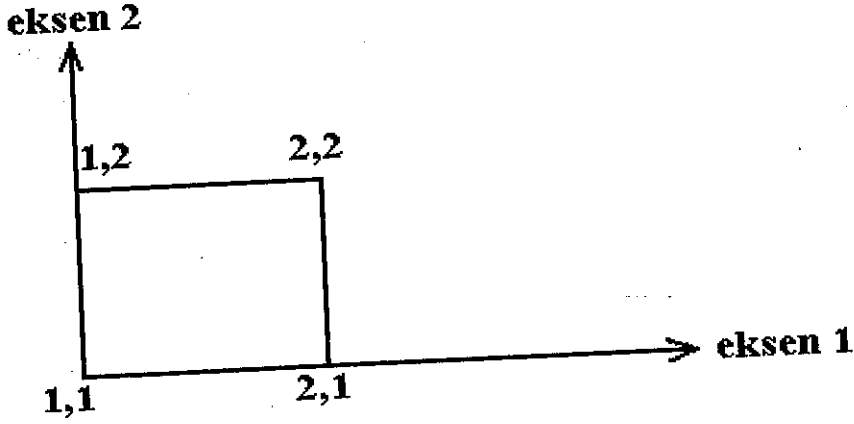


Şekil 79: Eklem noktalarının farklı şekilde ayarlanması

Belirtilen bir noktaya ulaşmanın farklı iki yolu, yukarıdaki şekilde görülmektedir. Aynı noktaya iki şekilde ulaşılmasına rağmen, iki şekilde de bileğin dönme miktarına bağlıdır. Buradan şunu çıkartabiliriz. Hedef noktasının koordinatları, robotun eklem koordinatlarını ifade etmez. Fakat farklı robot eklem koordinatları ile uzaydaki bir noktanın koordinatlarına ulaşılır.

Buna göre, robotun hareketlerine bir yol izleme yerine art arda gelen eklem koordinat dizileri demek daha doğru olur.

Şimdi robot eklem koordinatları için bir dizi oluşturalım. İki eksenli (x,y) kartezyen koordinat ile çalışan bir robot tasarlayalım. Adreslenebilir nokta tabiri, robotun ulaşabileceği herhangi bir nokta demektir. Ulaşabileceği nokta sayısının fazlalığı, robotun çözünürlüğü / hassasiyeti ile ilgilidir.



Şekil 80: Robot eksenleri için dizi oluşturulması

Şekil 80, robotun dikdörtgen şeklindeki hareket alanını göstermektedir. Sol alt köşeden başlayarak dikdörtgeni gezen bir hareket aşağıdaki gibi olabilir:

<u>ADIM</u>	<u>HAREKET</u>	<u>YORUM</u>
1	1,1	sol alt köşeye git
2	2,1	sağ alt köşeye git
3	2,2	sağ üst köşeye git
4	1,2	sol üst köşeye git
5	1,1	başına geri dön

Şekilde belirtildiği gibi tasarım x,y kartezyen sistemine uymaktadır. Bu örnekte, birbirine dik iki sürgülü bir robot kullanılabilir ve bir nokta için iki adres değişkeni verilir. Bu bize bağlı bir tasarımdır. Eğer üç boyutlu bir hareket yaptıracak olursak, bu noktalara bir z noktası ekleyebiliriz. Aynı noktaları kullanarak aşağıdaki programda kullanalım.

<u>ADIM</u>	<u>HAREKET</u>	<u>YORUM</u>
1	1,1	sol alt köşeye git
2	2,1	sağ alt köşeye git
3	1,2	sol üst köşeye git
4	1,1	başına geri dön

Buradaki hareketler, birinci göstermiş olduğumuz örneğe benzerdir. Yalnız (2,2) noktası listede yazılmamıştır. Kullanılmayan noktayı anlatmadan önce Şekil 79'a dönelim. O şekilde hareket esnasında bir eklem değişiyor, ancak hedef nokta sabit kalıyordu.

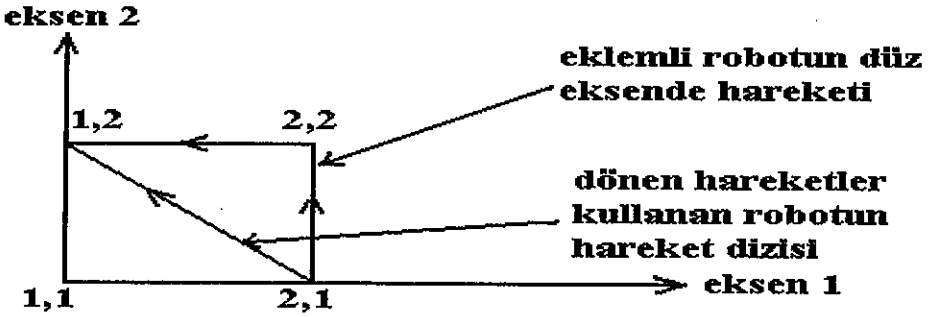
İkinci programda (2,1)'den (1,2)'ye gidişte iki eksen de hareket gerektirir. Burada aklımıza şu soru gelebilir: Robot bu yolu nasıl izleyecektir?

1-yol: İki eksen de aynı zamanda hareket edebilir. Böylece robot iki nokta arasında diagonal (iki eksen de) bir yol izler.

2-yol: Robot ilk önce (2,2); ya da (1,1)'e gider ve oradan (1,2)'e geçer. Bu durum, ilk örnekteki hareketle bir benzerlik gösterir. Yani tek eksen de hareket yapmış olur. Kullanıcının, hareket güzergâhını düzgün şekilde belirlemesi oldukça önemlidir. Kullanıcı, robotları programlarken kesin bir yöntem yoktur.

Limited - sequence nonservo (sınırlandırılmış-sıralı hareket servo olmayan motorlar) el ile kurulur ve yönlendirici yöntemlerden daha çok tercih edilir. Bu robotlar aynı anda iki eksen de (diagonal) hareket yaparlar. Diagonal hareket yanında, döner hareketler de yapar. Diğer tip robotlarda ise, hareket eksenlerini sırası ile kullanılır. Genelde önce x eksenine, sonra y eksenine gider. Önce az olan eksen hareketleri yapılır, sonra diğer eksen tamamlanır. Fakat bu işte bir standart yoktur. Kullanıcının ya da programcının isteğine kalmıştır. Bilgisayar programı ile ya da gösterme ile hareket eden robotlar (servo kontrollü robotlar) bütün eksenlerde aynı zamanda hareket etmeye çalışırlar. Bu nedenle servo- kontrollü robot Şekil 81'deki gibi diagonal hareket yapacaktır.

Şekil 81'de gösterildiği gibi, robotun hareket geçişlerini, program içinde dahil olmayan noktalardan geçirmek, programcının elindedir. Buna dahil olmayan noktalara "geçiş noktaları" denilebilir. Bu noktalar program içinde yoktur ve robot buralardan geçerken durmayacaktır yani kullanıcı kontrolü bu noktalar arasında olmayacaktır.



Şekil 81: Robotun hareket dizileri

6.3.4. Boşlukta Yer Tanımlama Yöntemleri

Robot konfigürasyonuna bağlı olmadan, robotun hareketi için kullanılan birkaç yöntem vardır:

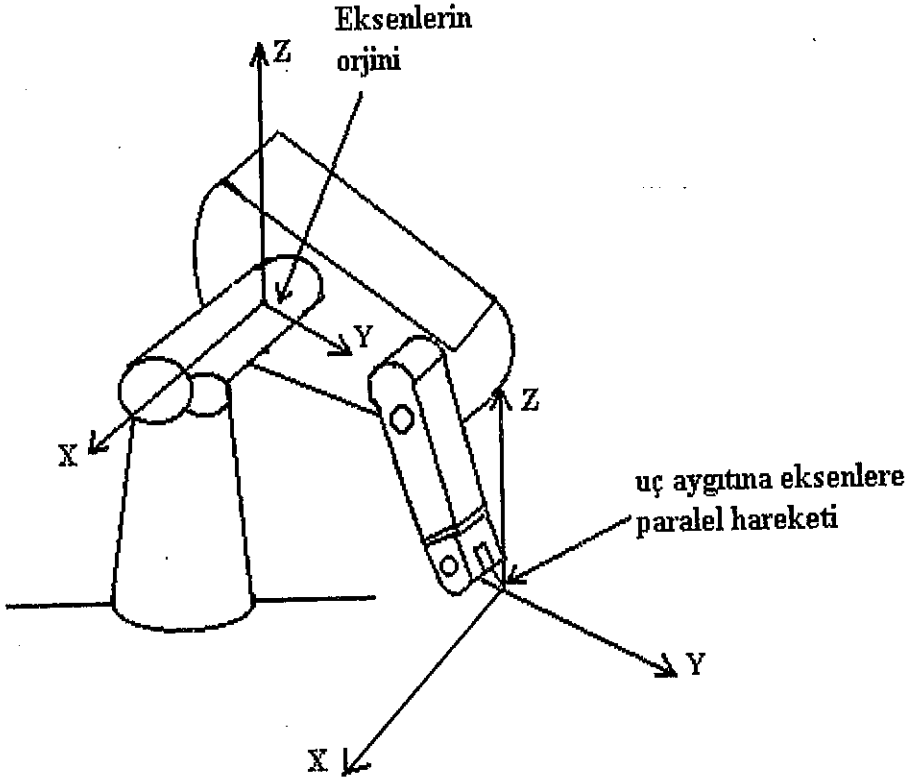
- Eklem hareketleri,
- x-y-z koordinatında hareketler,
- Aygıtların (uç) koordinatına bağlı hareketler.

Birinci yöntem geneldir ve her eklemin hareketini içerir. Genelde öğretim teçhizatlarında kullanılırlar. Öğretim teçhizatındaki anahtarlar, ya da kontrol paneli ile istenilen koordinatlara ulaşmaya kadar eklemler hareket ettirilir. Bu yöntemle başarılı bir hareket dizisi oluşturmak oldukça zaman alıcı ve sıkıcı bir iştir. Bu dezavantajlardan kurtulmak için çoğu robot x-y-z koordinat sisteminde çalıştırılır. Klâsik kartezyen koordinatlı robotlar yerine, dünya kartezyen sistemi ile çalışan robotların hareketi, eksenli sistemde çalışan robotlarınkine daha uygundur (Şekil 82).

Polar, silindirik ve eklem kollu robotlar için, robot kontrolü, dönen robot hareketlerini kartezyen koordinatlara çevirmek için birtakım matematik işlemler yapar. Programcının bu işlemlerin doğruluğundan şüphe etmesine gerek yoktur.

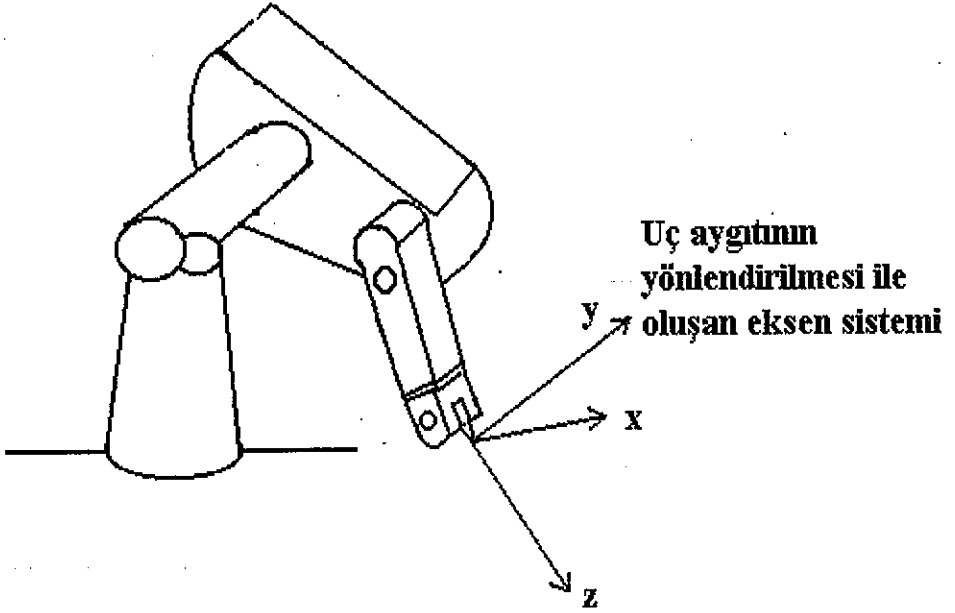
Burada, programcıya düşen sadece x,y,z eksenlerine paralel olan hareketleri robota yaptırmak olacaktır. Robot çalışırken eklemler ve uç

birimler, sürekli dönen hareketler yapar ve bunlar bir bileğe bağlıdır. Bu bilek sabit bir dönme oranı olarak kontrolör tarafından ayarlanır.



Şekil 82: Dünya koordinat sisteminde eksenler

Bazı robotlar, uç birimlerinin sahip olduğu hareket eksenlerine göre hareket ettirilebilir. Bu sistemde koordinat sistemi, kartezyen koordinat sistemi gibidir ve orijin robotun bileğinin üzerindeki bir noktadır. Hareketler, xy düzlemi robotun bileğine paralel olacak şekildedir. İki eksen bileğin yüzeyine paralel, diğer eksen ise dik olacak şekildedir. Böylece bu eksen hareketlerini sağlayabilmek için bir uç aygıtı (iş aygıtı gibi) parça, bileğin ucuna takılır. Bu yöntemle bir uç biriminde sürekli hareketler sağlanabilir. Bu işlemin sonucu olarak, programcı bu hareket eksenini kullanarak robota gerekli hareket dizisini yaptırabilir (Şekil 83).



Şekil 83: Uç aygıtın yönlendirilmesi

6.3.5. Bir Nokta Tanımlamanın Aşamaları

Önceki örneklerde açıklandığı gibi nokta tanımlarken bazı aşamalar bulunmaktadır. Bunlar, robotun hareket esnasında tanımlanmamış noktaları geçmesi ve bir eksende hareket edip, diğer eksen hareketini, önceki eksen hareketi bitirince yapmaya başlaması gibi kurallardır. Fakat bunlardan daha iyi bazı yöntemler bulunmaktadır. Bir noktayı tanımlamak için iki aşama vardır:

- Uç birim için bir çalışma durumu belirlemek,
- Engellerden sakınma.

Birinci kademe, kolay anlaşılabilir. Nokta kaynağı yapan bir robotun konumunun belirlenmesi gibi. Her nokta, programda tanımlanmalıdır. Bazı robotlarda güvenlik noktası bulunur. Robot, her iş periyodunda bu noktadan başlayarak, iş sürecini bitirir tekrar geri döner. İkinci kademe ise, robotun güvenli noktalardan taşınarak, iş alanındaki cisimlerle çarpışmasını önlemek olacaktır.

6.3.6. Hız Kontrolü

Çoğu robotlar, çalışma hızlarının ayarlanmasına izin verir. Programcı tarafından bu hız ayarlanır. Uç birim çalışırken, yavaş ve uzun mesafeler arasında hızlı çalışma yapılması, engel olarak ortaya çıkabilir. Bunun sonucu olarak "boş kanallar" diye bir terim çıkmıştır. Hızlı hareket için robot, bu boş kanallara yönlendirilmelidir.

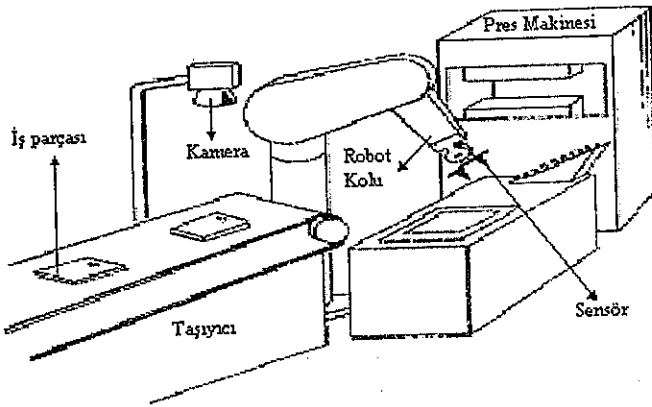
Robotun tek yönde hızlı hareketi, onun çabuk iş yapabilen bir robot olmasını tek başına sağlamaz. Bunun birkaç nedeni vardır: Bunların birincisi robotun uç birimi bir anda kaç eksende hareket yapabiliyor, önemli bir sorudur.

İkincisi, robotun çabuk olması, onun eklem yapısına ve ekleminin o andaki durumuna bağlıdır. Örneğin bir polar robotta, kol en uçta iken, sahip olunan hız, kol en içte iken sahip olunandan hızdan daha fazladır.

Sonuncu olarak da, robot bir parça ile hızlanırken, parçada doğan kuvvetler hızı etkiler. Bütün bu sebepler programlamanın karışıklığını artırır. Uç birimin çabukluğunu etkiler.

Bu yöntemlerden farklı olarak, robotun hareketleri bilgisayar programlama ile yapıldığında, hareketler mm ve inch ile belirlenir. Her parçanın birim zamanda yapacağı iş ayarlanır.

Şekil 84'de, çok parçalı kesim yapan robotun otomatik çalışması görülmektedir.



Şekil 84: Çok parçalı kesim yapan robot

Bu robotun çalışma sistemi, aşağıda maddeler şeklinde verilmiştir:

- Taşıyıcı üzerindeki iş parçasının yerini görebilmek için bir kamera bağlanmıştır.
- Burada parçaları tutan robot kolu, sensörleri yardımıyla parçaları hissedebilmektedir.
- Bir bilgisayar yardımıyla, veriler yüklenerek robotun hangi parçayı nasıl presleyeceği, program olarak girilir.

Bütün bu işlemler yapıldıktan sonra, kullanıcı tarafından, aşağıdaki kontrol işlemlerinden geçirilir:

- 1- Taşıyıcıya, başlaması için sinyal verilir ve taşıyıcı üzerinde bir destek olduğunu bulup gördüğünde durdurulur.
- 2- Görme sistemi aracılığıyla, taşıyıcı üzerinde yönlendirmesi yapılır ve parçanın yanlış konuma girmemesini denetler.
- 3- Görme sisteminin çıkışını kullanarak kullanıcıyı parçayı belirli bir güç ile kavrar. Parmak uçlarındaki mesafe, desteğin gereği gibi tutulduğunu garantilemek için kurulur.
- 4- Parça çalışma yüzeyinde sabit bir yere bırakılır. Bu noktada bir sinyal verilerek bir ve ikinci adımlar tekrarlanır.
- 5- Delik açacak iğne topluluğu, robot tarafından tutulur.
- 6- Pres, harekete geçmeyi emreder ve iğne destekle sabitlemek için pres yapılır.
- 7- Kullanıcı iğnenin yan tarafında pres yapıldığında reaksiyon gücünü algılar ve iğnenin destekle nereye kadar çıkacağına karar vermek için bir çok kez kontrol eder.
- 8- Eğer değerlendirme iyi olursa robot son hâldeki parçayı palet yerleşimine koyar. Eğer paket dolu ise operatöre sinyal gönderilir. Eğer montaj kötü ise parça diğer bir yere sevk edilir.

Yukarıda maddeler hâlinde sıralanan işlemler, günümüz endüstriyel robotlarında kullanılmaktadır. Bu yöntem gösterimle öğretim tekniklerine pek uygun olmadığı için, böyle bir işlem sırası kullanılır. Örneğin paketleri dağıtmada bütün palet bölmelerinin konumunu öğretmek gerekir. Bu işlem bayağı zordur. Ayrıca ara mesajlarda sinyali açıkça belirtmek, öğretmek pendandifini iletme her zaman mümkün değildir.

6.3.7. Sorular

Soru 1: Robot programlama yöntemleri kaçaya ayrılır?

Soru 2: Yönlendirme kullanılan metodlar nelerdir?

Soru 3: Kaç çeşit robot çalışma anotimisi vardır?

Soru 4: Diagonal bir yol izleme ne demektir?

Soru 5: Boş kanallar robotların hangisi ile ilgilidir?

6.4. Programlama

Robotu, şu şekilde tanımlamak mümkündür: Kendi başına hiçbir iş yapamayan, ancak programlandığı zaman ve programın sınırları içerisinde hareket edebilen ve programda belirtilen görevleri yerine getiren makinalardır. Robotlar, programlanabilir; ancak programlarındaki bölümlerini veya parçalarını hareket ettirebilirler. Hatta programlarına göre kendileri de uzmanca hareket edebilirler. Gelecek yüzyılda robotların düşünmeleri ve ne yapacaklarına kendi kendilerine karar verebilmeleri için yapay zekâ çalışmaları sürdürülmektedir.

Robotunun tanımından da anlaşılacağı gibi robotun programlanması önemli bir noktadır. Robotlar; insanın yaptığı monoton, riskli veya karmaşık işleri yapmak için tasarlanmakta ve programlanmaktadır. O zaman robotlar için örnek insan alınıyorsa, insan vücudu çok iyi analiz edilmelidir. İnsanın çok karmaşık bir yapısı vardır. İnsan; bir cismi, nesneyi birçok algılama yöntemleri ile algılayarak sinir hücreleri yardımıyla beyne ulaştırır. Bu algılama yöntemleri, beş duyu dediğimiz görme, dokunma, işitme, koklama ve tatma ile olur. Buradan elde edilen bilgiler sinir hücreleri ile elektriksel bilgi olarak nano saniyeler mertebesinde beyne ulaştırılır. Beyinde işlenerek yine çok kısa zamanda ilgili organlara iletilir.

Robotlara olan genel yaklaşım, bunlara insan zekâ ve davranışlarını taklit ettirmektir. İnsanlar bir problem çözerken semboller kullanır. Kelimeler, sayılar, haritalar ve formüllerle yüzyüze olduğumuz dünyanın bir modelini kurarız. Yapay zekâ araştırmacıları, robotların da yazılımlarla bu tür bir dünya modeline sahip olmaları gereğine inanmaktadırlar. Örneğin, çöp kovasını boşaltacak bir robot yapabilmek için, binanın bir haritasını, dış kapıyı dolap kapısından ayırt edebilmek için gerekli verileri içeren bir programa ihtiyaç vardır. Böyle bir robot bir odadan diğerine giderken koridorda duracak, video görüntüsünü analiz edecek, dikdörtgenlerin boyutlarını bir çok görsel ipuçlarıyla karşılaştıracak, doğru dikdörtgeni kapı olarak algılayacak, kapının pozisyonunu bir haritaya yerleştirecek ve sonuç olarak da kapı olması muhtemel bu hedefe doğru ilerleyip ilerlemeyeceğine karar verecek ya da başka bir çıkış arayacaktır.

İnsanda karar verme merkezi, beyindir. Robotlarda ise karar verme mekanizması olarak mikroişlemci, yapay zekâ veya daha geniş an-

lamda bilgisayar programlama dilleri ve insanda olan beş duyu olarak, robotta algılayıcılar ve sensörler düşünülmüştür. Fakat robotlarda kullanılan elemanlar çok hızlı ve hassas olmalıdır.

6.4.1. Robot Programlamanın Üç Derecesi

Robotların programlanmasında birçok kullanıcı arabirimleri geliştirilmiştir. Mikroişlemcilerin geliştirilmesinden önce, robotların kontrolleri sabit otomasyon kontrolü için kullanılan basit düzeneklere benziyordu. Mikroişlemcilerin gelişmesi ve hızlanması ile robotların programasında büyük gelişmeler olmuştur.

a. Gösterimle Öğrenme

İlk önce robotlar bizim "Gösterimle öğrenme" diyeceğimiz yöntemle programlanmıştır. Bunlar arzu edilen amaca, hareketi karmaşık olan ve geri besleme esnasında okuyabileceği hafızasına kayıt yapabilen robotlardır.

b. Belirgin Robot Programlama Dilleri

Ucuz ve güçlü bilgisayarların gelişmesiyle, bilgisayar programlama dillerinde yazılan programlar aracılığı ile, robotların programlanması hız kazandı. Genellikle bu programlama dilleri, kullanıcı problemlerine uygulanan özelliklere sahiptir. Bundan dolayı bunlara robot programlama dilleri denir. Robot programlama dili ile donatılıp oluşturulan birçok sistemler bir öğretim paneline de sahiptir. Robot programlama dilleri birçok formları da üzerinde tutar. Biz bunları aşağıdaki gibi üç kategoriye ayıracağız:

1. Özelleştirilmiş Kol Hareketleri Dilleri

Bu programlama dilleri, robot özel alanlarını adreslenirken genel bir bilgisayar dilini hesaba katan veya katmayan yeni bir dilin gelişmesi ile yapılmıştır. Örneğin VAL dili Unimation, Inc. endüstriyel robotların kontrol için geliştirilmiştir. VAL özellikle kullanıcı kontrol dili gibi geliştirilmiş ve genel bilgisayar olarak oldukça zayıf bir dildir. Bu dil, değişen noktaların (değişkenler) numaralarını ve karakter dizilerini desteklemez ve alt dizin (subroutin) argümanlarını geçirmez. Bunun daha yeni versiyonu VAL II bu özelliklerin bir çoğunu sağlamaktadır. Özel kullanıcı diline başka bir örnek Stanford Üniversitesi'nde geliştirilen AL dilidir.

2. Mevcut Bir Bilgisayar Dili İçin Robot Kütüphanesi

Robot programlama, yüksek dereceli bilgisayar dillerinin (Pascal, Basic, C, LOGO ... vb.) kütüphanelerine robot özel alt dizinlerinin eklenmesi ile geliştirilmiştir. Robotun özel ihtiyaçları, ön tanımlı alt dizin paketini sık sık çağıran bir program yazmak için, kullanıcı; mevcut olan bilgisayar dillerinden birinde programı yazar; yani bir dilde robot için bir kütüphane oluşturur. Örneğin Amerikan Robot Şirketi AR-BASIC programını, Intelledex ise ROBOT-BASIC programını kullanmıştır. Aslında ikisi de Basic dilinde yazılmış kütüphanelerdir.

Mevcut programlama dilleri yardımıyla (Pascal, Basic, C, LOGO... vb.) robot için bir kütüphane oluşturulur. Böylece robot istenildiği gibi programlanmış olur.

3. Genel Amaçlı Dil İçin Robot Kütüphaneleri

Programlama, oluşturulan yeni ve genel amaçlı bir dil tarafından geliştirildi. Daha sonra ön tanımlı robot özel alt dizinlerinin kütüphaneleri sağlandı. IBM tarafından geliştirilen AML ve SILMA tarafından geliştirilen RISE buna örnek olarak verilebilir.

Robot çalışma üniteleri için gerçek uygulama, programların çalışmalardaki dil ifadelerinin büyük bir yüzdesinin robot özelliğinde olmadığı görülür.

c. Görev Derece Programlama Dilleri

Robot programlama dillerinin üçüncüsü ise görev derece dillerinde somutlaştırmadır. Bunlar, direk olarak işin alt amaçlarını arzulayan emir için kullanıcıya izin veren dillerdir. Robotun yapacağı her hareketinin ayrıntılarını açıkça belirtilmesi tercih edilir. Böyle sistemlerde kullanıcı, belirgin programlama dilinden daha yüksek seviyeli dilde uygulama programlarında talimat içerebilir. Görev derece robot programlama sistemi birçok planlanan işi otomatik olarak yapabilmelidir. Örneğin robota talimat olarak bardağı kavrama verilsin. Sistem bardağın yerini otomatik olarak seçebilme ve hiçbir yere çarpmadan onu kavrayabilmelidir. Karşılaştırmada belirgin robot programlama dilinde bütün bu seçimler programcı tarafından yapılmalıdır. Belirgin programlama dilleri ile görev dereceli program arasındaki sınır oldukça farklıdır. Belirgin robot prog-

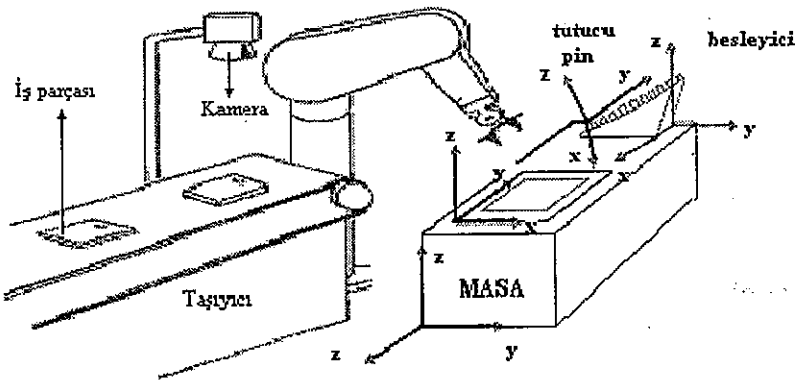
ramlama dillerinde programlamanın kolay yapılması ilerlemiştir. Görev derece kullanıcı programlama, tam olarak günümüzün teknolojisinin isteklerini karşılayamamaktadır. Fakat şu anda aktif araştırma konusudur.

6.4.2. Robot Programlama Dillerinin İhtiyaçları

a. Dünya Modelleme (Çalışma Eksenleri)

Robotlar üç eksende hareket yaptığı için, robotu çalıştıracak dilin de, bu hareketleri ifade eden işlemler içermesi gerekir. Dildeki en önemli ihtiyaç, farklı geometrik tiplerini (polar, kartezyen) karşılayabilmesidir. Bu tipler robotun kartezyen konumunu, dönme miktarını ve hareket çerçevelerini ifade etmede kullanılır. Bu tipleri kullanan operatörler, şu an mümkündür. Yapılan bütün hareketlere uç birim hareket çerçeveleri denir. Asıl eksen çerçevesine bağlıdır. Geometrik tiplere bağlı yapılan rastgele hareketlerle de hedefe ulaşılır. Bir robotun programı hazırlanırken çevre birimlerine veya diğer makinalara birer değişken ismi verilir ve bağımlılıkları belirtilir.

Şekil 85'de görev ile ilgili yerleştirmelerin yapılacağı hareket çerçeveleri (eksenleri) görülmektedir. Bu hareket eksenleri ya da çerçeveleri programda "frame" tipli değişkenlerle tanımlanır. Birçok robot programlama dilinde, farklı geometrik tiplere değişken atama özelliği ve bunları programda ilişkilendirmek, robotun hareket dünyası modellemesinin temelini oluşturur.



Şekil 85: Bir birimin modellenmesi

Nesnelerin şekilleri, ağırlıkları veya diğer özellikleri bu çerçeveleri belirlemede etkili değildir. Ulaşılabilecek nesnelerin konumlarının ayarlanması ve ulaşma alanının genişliğinin seçimi, tasarımın temel kararlarından biridir. Bazı modelleme sistemlerinde isimlendirilmiş nesneler birbirine bağımlı hâle getirilir. Böylece bu nesneler bağımlı olurlar ve bir nesnenin hareketi, diğerlerini otomatik olarak hareketlendirir.

Şekildeki tutucu pin, dirseğin içindeki boşluğa takılır ve programlama dilini kullanırken bu iki nesne bağımlı gözükecektir. Dirseğin sonraki hareketlerinde (programda dirsek hareketleri "bracket" adındaki değişkene aktarılır) pinin simgelediği "pin" değişkeninin değeri "bracket" in artması ile değişecektir.

Bir tasarımda, çalışan donanım, çevre nesnelerin ve kendi özelliklerini iyi bilmesi gerekir. Eğer sistemde nesneler CAD stili modunda seçilmişse, nesnelerin ayrıntılarının, hacimlerinin ve alanlarının verilmesi ile şekli belirlenebilir. Bu tip verilerle görev seviyeleme, programlama sisteminin birçok niteliği yerine getirilmiş olmaktadır. Bu niteliklerden birisi "otomatik çarpışma taramasıdır" ve sistem istenmedik bir davranışta kullanıcıyı uyarır. Bir sonraki adımı tarama ve takip etme "otomatik yol plânlanması" safhasıdır. Hedef işin tasarlanmasında karmaşık ortamlarda çalışan birimlerin çevre ile çarpışma hareketleri hesaplanmalıdır. Dikkatli olmadıkça, bu hesaplamalar engelleyici sorunlar çıkarabilir. Son araştırmalar bu hesaplamaları en aza indirerek, boş alanların robota bildirilmesi konusunu incelemektedir.

b. Hareket Özelleştirme

Robot programlama dilinin temel fonksiyonu, robot hareketlerini tanımlamasıdır. Dildeki hareket komutları ile kullanıcı, arabirim hareketlerini kontrol eder. Hareket komutları, kullanıcıya istenilen noktalara gitmeyi sağlar veya-revolute, kartezyen sistemdeki hareketleri belirlenir. Ayrıca hız ve bekleme zamanları da belirlenir. Hareket için aşağıda farklı cümlelerden oluşan bir örnek verilmiştir:

- Goal 1 noktasına git (goal 1).
- Dosdoğru bir hat üzerinde hareket ederek "goal 2" noktasına git (goal2).
- Hiç durmadan "vial" aracılığı ile dinlenme noktası olan "goal 3" gel.

Bu programın yazılışı aşağıdaki gibi olur:

VAL II

move goal 1
moves goal 2
move via 1
move goal 3

AL (Burası robotun ucunu kontrol ediyor (garm[*]))

move garm to goal 1 ;
move garm to goal 2 linearly ;
move garm to goal 3 via via 1 ;

INTELLEDEX ROBOT BASIC

10 move goal 1
20 move straight goal 2
30 cpon
40 move via 1
50 move goal 3
60 cpoft

Yukarıda görüldüğü gibi üç farklı dilde benzer cümleler kullanılmıştır. Bir dil ile diğeri arasındaki fark, aşağıdaki seçeneklere göre ayırt edilebilir.

- Matrislerle, vektörlerle ve hareket eksenlerindeki matematiksel işlemleri yapabilme yeteneği.
- Çalışma eksenleri gibi geometrik şekilleri birkaç şekilde gösterebilme imkânı ve bu biçimler arasında dönüşüm yapabilme yeteneği.
- Belli parçaya bir anda bekleme ve hızlanma verebilme yeteneği, maximum eklem çabukluğu ve bekleme zamanı gibi olaylarda kullanıcıya imkân verebilme.
- Hedef noktaları farklı eksenlerde ifade edebilme yeteneği ve kullanıcıya özel çalışma eksenleri oluşturmaya imkân verme.

* Garm; robot uç elemanı (burada komut).

6.4.3. Program Çalışmasının Akışı

Birçok dilde olduğu gibi, program, kullanıcıya programın akışını ayarlama imkânı vermiştir. Bu ayarlamalar testler, dallanmalar, döngüler, alt programlar ve özellikle robot programlarında kesintiler içerebilir.

Birçok bilgisayar uygulamasında, iş bölgesinde paralel işlem yapma oldukça önemlidir. İlk olarak aynı iş alanında 2 ya da 3 robot paralel çalışarak beraberce işin yapılma süresini kısaltırlar. Fakat **Şekil 84**'deki gibi tek robotlu sistemlerde, diğer çalışma bölgesi aygıtları robot tarafından paralel olarak kontrol edilir.

Bu yüzden robot programlama dillerinde sinyaller ve bekleme komutları vardır. Duruma göre daha karmaşık paralel çalıştırma yapıları kullanılabilir.

Diğer bir olay ise bazı sensörleri kullanarak değişik işlemleri görüntülemek istenilebilir. Bu yüzden ya kesintiler ya da seçerek robot sisteminin sensörlerden alınan bilgilere yanıt vermesi gerekir. Robot programlama dillerinden bazıları bu verileri kullanma ve yanıtlama özelliğini sunmaktadır.

6.4.4. Programlama Ortamı

Programcının, verimini arttırması iyi bir programlama birimine bağlıdır. Robot programlaması zordur, birçok deneme gerektirir ve hatalar oluşabilir. Eğer kullanıcı "Edit, Compile ve Run" işlemlerini kolayca yapamıyorsa, verimlilik düşecektir. Çoğunlukla programlar bu imkânları sunar ve program yazma esnasında programcıya birçok deneme imkânı verirler. Ayrıca bir text editörü, ve dosya sistemine ihtiyaç vardır.

6.4.5. Sensör Bilgilerinin Alınması

Robot programlamanın önemli bir noktası da sensörlerle etkileşim içinde olmasıdır. Sistem sorgulamada hassas olmalı, sensörlerden bilgi istenmeli ve bu bilgiler if-then-else yapısı ile kullanılmalıdır. Programın sensörlerde oluşan değişimleri arka planda izleyebilen bir özelliğinin olması oldukça iyi olur. Görsel bir sistemde bilgi algılama ile robot koluna ilgilenilen nesnenin koordinatları gönderilebilir.

Bazı sensörler iş alanındaki ekipmanın bir parçasıdır. Örneğin bir taşıyıcı rayda bulunan sensör ile robot bu ray üzerinde taşınan cisimler hakkında bilgi sahibi olur. Kontrol arabirimlerini kullanma ve kuvvetlendirme bazı komutlarla sağlanır ve bu komutlar sayesinde bazı özel yöntemler gerçekleştirilebilir. Bu tip kontrol yöntemleri robotun kontrol sistemi için oldukça gereklidir. Robot programlama dili burada kontrol etmek için bir arabirim gibi kullanılır. Aktif kuvvet kontrolü ile robot programlamada, bir hareket esnasında harcanan kuvvetin bilgi olarak görüntülenmesi gibi farklı kontrol verileri gerekebilir. Aktif kuvvet kontrolünü destekleyen sistemlerde, istenen kuvvet miktarı hareketin değişkenlerinden biri olarak kabul edilir.

“AL” programlama dili hareketlerinde, aktif kuvvet kontrolünü altı adet bileşenle ifade edilmekte (3’ü iletim için, 3’ü dönme için) ve bir ateşleyici kuvvet kullanılmaktadır. Böylece robotun görünen gücü programlanabilir. Bir kuvvet uygulamak için, o yön sıfıra eşitlenir ve bir ön kuvvet tasarlanır.

6.4.6. Robot Programlama Diline Mahsus Problemler

Gelişmelere rağmen robot programlama hala zordur. Robot programlama dilleri geleneksel bilgisayar problemlerini içerirler. Bu problemlere ek olarak fiziksel etkilerden dolayı bazı sorunlar çıkarabilir.

a. Dış Dünyaya Karşı İç Dünya Modeli

Robotun hareket dünyası bilgisayarın içindedir (iç dünya). Dış dünya ile iç dünya arasındaki uyumsuzluklar; çarpışmalar, tutamama gibi sorunlara sebep olabilir. Bu olumsuz sebepler, uyum programının iç yapısı ve programı çalıştırarak hataları ayıklama ile düzeltilir. Programlama esnasında, çalışma alanının kaldırabileceğinden fazla ağır yük yüklenmemeli ve komutlar buna göre seçilmelidir.

Programlamada, sadece değişkenlerin değerlerinin saklanması yeterlidir, fakat robot programlamada ise bu değerlerin yanında robotun birimlerinin son fiziksel durumları da saklanmalıdır ya da pozisyon farklı yere ayarlanmalıdır. Her nesnenin kesin bir pozisyonda olmamasının yanında, robotunda belirli bir derece hassasiyeti vardır.

Pozisyonu tam bilinmeyen nesnelere çalışırken robotun görsel, dokunma gibi sensörlerinin hassas olması gerekir. Programı çalıştırdığımızda, tekrar değişiklik yapılabiliriyorsa sorunları sonra rahatça düzeltebiliriz. Programda bir komut işlendikten sonra tekrar geri dönülebilir. Ancak fiziksel ortamda çalışırken böyle bir şey mümkün değildir. Delme, kaynak yapma, boyama gibi işlemlerde işlenen nesneye fiziksel değişiklikler yapılır. Bunların geri alınması gibi bir işlem olamaz. Bazen kullanıcıya, işlenen nesnenin bir kopyası da gerekebilir.

b. Durum Duyarlılığı

Bottom-up (aşağı-yukarı) programlamada program küçük parçalardan oluşur ve daha sonra birleştirilir. Her küçük program, geniş program içinde birbirine bağlı olarak çalıştırılır. Bazen programlarda şu sorun olur: Tek başına çalışan küçük program robot programı içine katıldığında sorun çıkarabilir. Bu sorun robot konfigürasyonuna veya hareket hızlarına göre değişebilir.

Bilgisayarın içinde oldukça hassas çalışabilen bir program, fiziksel uygulamada yörünge kaymalarına uğrayabilir. Ayrıca tasarlanan robot konumları, kola bu konumlar uygulandığında tam olarak sonuç vermeyebilir. Bu hatalar dikkatlice inceleme ile giderilebilir. Ufak programlar eklendikleri geniş programda debug edilir ve doğru değerler yerleştirilerek sorun çözülür.

Robotun fiziksel yetersizliğinden dolayı program bu sorunu giderebilecek şekilde yazılmalıdır ya da ayarlanmalıdır. Robot bir konumdan bir işi yapamıyorsa, o iş robotun konumu değiştirilerek nesneye farklı yönde ulaşma ile yaptırılabilir. Böyle bir değişim, robotun çalışma alanını da etkileyecektir. Böyle bir olayla robotun kinematik, servo sistemlerinin durumu gözlenebilir ve bazı hatalar ortaya çıkabilir.

Yer değiştirme ile kısa kollu bir robota, uzun bir kol gerekebilir. Çalışma yönlerinin farklı olması, bir iş alanı üzerinde parçalar arasında kurulan bir yol gibi düşünülmelidir. Bu yöntem eklemli sistemlerde doğrudur, fakat kartezyen sistemi hareketlerinde nesnelere yakınsa, problemler doğurabilir. Eğer sistem ilk defa test edilecekse, yavaş çalıştırma, akıllıca olur. Böylece bir kaza ihtimaline karşın kullanıcının durdurmaya zamanı olur. Kullanıcı hareketi yakından daha iyi analiz edebilir. Daha

sonra hız artırılabilir. Hareketin birkaç taraftan izlenmesi gerekir. Robotun kontrol sisteminin limitlerine bağlı olarak, hızlı hareketlerde büyük servo hataları beklenebilir.

Çevreye uygulanan kuvvet durumlarında, hız değişimleri ihtiyaç olan kuvvet miktarını etkileyebilir. Robotun konfigrasyonu ayrıca uygulanacak kuvvetin duyarlılığını ve doğruluğunu etkiler. Bir robot sisteminde, robotun kuvvet vektörünün bir sistemde nasıl olduğunun hesaplanması zordur ve ne kadar iyi olduğunun bilinmesi gerekir.

c. Hata Düzeltmesi

Dış devre ile çalışmanın diğer bir zorlu tarafı ise nesnelere, durması gereken yerde durmamasıdır. Bir programda bunlar hesaba katılmalıdır. Yine de hatalar olabilir. Önemli olan bu hataların nasıl telafi edileceğidir. Bazı sebeplerden dolayı programdaki hareket komutları hiç çalışmayabilir. Bunların başlıca sebepleri;

- Takılan nesnelere (robota),
- Elden düşen nesnelere,
- Yerinde olmayan çalışma nesnelere,
- Cismin bir yere sıkışması,
- Bir deliğe yerleştirememeye gibi hatalar.

olabilir.

Hata düzeltmede ilk problem, hatanın tespitidir. Hata taraması yapmak zordur. Bunun için robot programı, tarama testleri içermelidir. İlk olarak robot uç biriminin konum testi olabilir. Örneğin bir yerleştirme esnasında, konumdan gelen sinyaller hiç değişmiyorsa, bir sıkışma olmuş olabilir ya da sürekli değişiyorsa yerleştirme yapılmamış olabilir. Robotun görsel duyu alabilme özelliği varsa, o bölgeden sinyaller daha açıklayıcı alınır ve hata bulunabilir.

Diğer hata düzeltmeleri kuvvet ile yapılır. Örneğin kol cisim ile yüklü ise bir kuvvet uygulanıyor demektir. Böylece bir kontrol sağlanabilir. Böyle her hatayı kontrol etmek asıl programın işleyişinden daha fazla zaman alacağından, birkaç noktada bu işlem uygulanmalıdır. Programı tasarlarken en önemli birkaç noktaya bu hata testleri konulabilir.

Bir hata tespitinde bu hata ya robot ya da kullanıcı tarafından düzeltilir. Fakat her düzeltme işlemi yeni hatalara sebep olabilir. Programlama esnasında mümkün oldukça oluşacak hataların yüzdesi asgariye çekilmelidir. Bu işlemler programlamanın ince noktalarını oluşturur.

Robot programlarında paralellik kullanmak, koruma işlemlerini zorlaştırır. Robotun hatayı düzeltme şansını azaltır. Paralel olarak işleyen sistemde bir aksaklık, diğer işlemlerin de etkilenmesine sebep olur.

Bazı durumlarda sorun çıkaran parça yedeğe alınır ve diğerleri işleme devam eder. Çoğu zaman birkaç işlemin ya da tüm işlemlerin silinmesi gerekebilir.

6.4.7. *Simülasyon ve Off-Line Programlama*

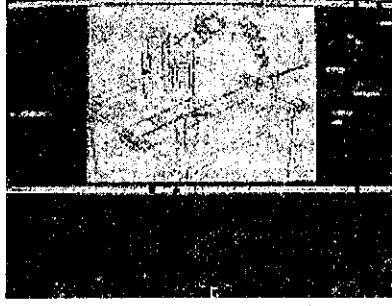
Off-line (kapalı hat ya da kapalı devre) programlama terimi; fiziksel ekipmanlar olmadan bilgisayar ile robotun ve çalışma alanının programlanması için kullanılır. Ekonomik sebeplerden ötürü bu özellik oldukça önemlidir. Robot tasarım işleminin gerçek parçalarla yapılması oldukça masraflı ve değişkenleri ya da yeni uygulamaları denemek oldukça zor olacaktır. Fakat off-line ile programlanır ya da tasarlanırsa, değişimler kolay olacak ve maliyette önemli düşüşler görülecektir.

Off-line programlama sistemi üzerinde robotu geliştirmemize ve yenilikler yapmamıza izin verebilecek yeterlikte olmalıdır. Bu programların grafiksel simülasyon (benzetim) yetenekleri ile robotun hareketleri bilgisayardan izlenir. Etkili bir grafik ortamı ile gerçek ortamın çok benzeri bir ortam hazırlanabilir.

Resim 59'da bir off-line programına ait ekran görülmektedir. Off-line programlama sistemlerinin bir kötü yanı, hızla çoğalan program çeşidi sayıdır. Off-line sistemi, birkaç robot programlama dilini desteklemelidir. Off-line programı, program yazma imkanı ya da yazdığı programı, off-line sistemine tanıtacak dönüşüm yazılımlarını içermelidir. Endüstriyel robotlar için off-line programlama sistemindeki bir gelişme, CAD veri tabanına bağlanmış olmasıdır. CAD verilerin içerdiği bilgiye göre robotun çalışması belirlenebilir. Off-line programları birçok kullanıcı tarafından takdir edilen faydaları vardır.

Geçen sayfalarda anlatılan programlama sorunlarının çoğu gerçek parçalarla çalışmaktan dolayı kaynaklanır. Eğer bilgisayarda bunlar simülasyon ile izlenirse sorunlar daha erken görünür ve düzeltme kolay olur.

Off-line programlarında da iç model ile gerçek model arası geçişlerde sorun çıkarabilir. Çöken bir sistemin bütün özelliklerinin yeniden hesaplanması gerekir. Bu hesaplamalarda yine geleneksel yöntemler uygulanır. Bazen off-line sistem, dış dünyadaki gerçek sisteme bağlanır. Böylece programın son rötuşları yapılır. Bu da gösteriyor ki, bilgisayar ile bir defada tam bir tasarım yapmak zordur. Gerçek ortamda ayarların yapılması gerekir. Bazen endüstride sadece küçük bir bölümün bile off-line ile tasarlanması ekonomik faydalar sağlayabilir.



Resim 59: Silma's Robocam şirketine ait grafik ve simülasyon yeteneğindeki Off-Line programı

6.4.8. Sorular

Soru 1: Robot programlamanın üç aşaması nedir?

Soru 2: Robot programların ihtiyaçlarını başlıklar halinde sıralayınız.

Soru 3: Robot programlama dillerine ait problemleri başlıklar halinde sıralayınız.

Soru 4: Robot programlamada sensörlerin önemini nedir?

Soru 5: Robot programındaki hareket komutları çalışmıyorsa sebebi nedir?

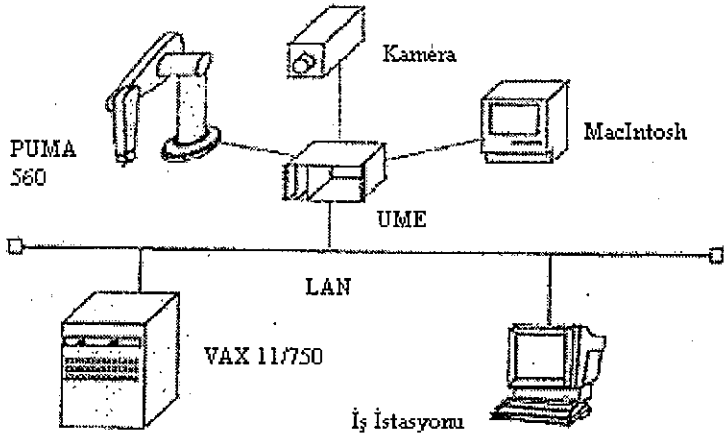
7. ÜNİTE: ROBOTLARIN PROGRAMLANMASI

7.1. Robot Programlama Dillerine Genel Bakış

Robotun kendi başına hiçbir iş yapamayan, programlandığı zaman, program dahilinde hareket edebilen ve programla belirtilen görevleri yerine getirebilen makinelere verilen teknik bir ad olduğu, önceki bölümlerde açıklanmıştı. Robot programlama, robota bir işi belirli bir sıra içinde kontrollü olarak yaptırmaktır. İki türlü robot programlama tekniği vardır:

- Göstererek Öğretme,
- Metne Bağlı Diller.

Göstererek öğretme, en eski ve dezavantajları çok olan bir robot programlama tekniğidir. Günümüzde metne bağlı robot programlama dilleri ile, robotların yapacağı iş ve görevler bir bilgisayar yardımıyla kontrollü olarak yapılmaktadır. Metne bağlı robot programlama dillerinde bilgisayar önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 86: Kamera ile algılanma ve robotu kontrol etme sistemi

Şekil 86'da kamera ile alınan bilgilerin bilgisayarda değerlendirildikten sonra, sisteme bağlı robotu çalıştıran düzen görülmektedir. Sistemde Puma 560 robotu kullanılmaktadır. Kamera ile algılanan bilgiler bir bilgisayar tarafından değerlendirilmekte, ayrıca iş istasyonundan gön-

derilen veriler kullanılarak robot işletilmektedir. Buradaki sistemde ağ üzerinden kontrol söz konusudur.

Bilgisayarda yazılan program ile robot belli başlı hareketlerini, başarıyla gerçekleştirmektedir. Metne bağlı ilk robot programlama dili, WAVE adlı programlama dili olup, 1973 yılında deneysel amaçlı olarak Stanford Artificial Intelligence laboratuvarlarında geliştirilmiştir. 1979 yılında PUMA robot serileri için VAL adlı (Victor's Assembly Language) dili de robot programlama dilleri arasına girmiştir.

1984 yılında bu dil geliştirilerek, VAL-2 adı altında robot programlanmasında yerini almıştır. Ayrıca IBM tarafından AML (A Manufacturing Language) adlı robot programlama dili geliştirilmiştir.

1981 yılında ayrıca RAIL adlı bir robot programlama dili, robot programlama dilleri arasına katılan diller arasına girmiştir. VAL-2, RAIL, AML robot programlama dilleri günümüzde geçerliliğini koruyan, robot programlama dilleridir. Bu dillere, ikinci kuşak robot programlama dilleri adı verilmektedir. Robot programlama dillerinde robot; hareketini belli başlı hareket komutları sayesinde yerine getirebilir.

7.1.1. VAL Robot Programlama Dili

VAL robot programlama dili, VAL-1 ve VAL-2 programlama dillerine verilen ortak addır. VAL programlama dili, Unimation Robotların kontrolü için geliştirilmiştir. Bu dildeki amaç, robotun kontrolü ve görevlerini kolaylıkla yerine getirmesini sağlamaktır. VAL robot programlama dili metne bağlı bir programlama dili olup, BASIC tabanlı bir dil özelliği gösterir. Ek komutlarla VAL robot programlama dili ortaya çıkarılmıştır.

Unimation robotlara PUMA robot serilerinden Unimate 2000 ve Unimate 4000 robotlarını örnek olarak gösterebiliriz. VAL robot programlama dilinin diğer bir faydası ise, robotun algılayıcı sistemi (sensörler) tarafından alınan bilgiler doğrultusunda, hareketlerini kontrol edebilmesidir. Aynı zamanda VAL robot programlama dili; robota, algılayıcı sistemi tarafından algıladığı bilgilere anında cevap verebilme yeteneğini verir.

VAL-1'de Hareket Komutları

VAL programlama dilinde, robot hareketlerini belirli hareket komutlarıyla yerine getirmektedir. Önemli olan bazı komutlar aşağıda verilmiştir:

APPRO

Bu komutla robot kol bileği, tanımlanan noktaya, z ekseninde yaklaşma hareketi yapar. Bu komutun yazım formatı ise;

APPRO A1 , YAK (mm)

şeklindedir. A1 robot kol bileği yaklaşma hareketi yapacağı noktanın x-y-z koordinatındaki değerleri, YAK ise milimetre cinsinden robot bileğinin belirtilen noktaya, z ekseninde yapacağı yaklaşma hareketinin değeridir. Kısa bir örnekle komutu incelersek;

APPRO A1 , 50

bu komut satırı ile robot kol bileği, belirtilen A1 noktasına z ekseninde 50 mm yaklaşma hareketi yapar.

DEPART

Bu komutla robot kol bileği, APPRO hareket komutuyla yapmış olduğu z eksenindeki yaklaşma hareketinin tam aksi yönde z ekseninde uzaklaşma hareketi yapar. Bu komut APPRO komutuyla ilişkili çalışır. Bu komutun yazım formatı ise;

DEPART UZ (mm)

şeklindedir. buradaki UZ ifadesi milimetre cinsinden sayısal bir değer olup, robot kol bileğinin z ekseninde yapacağı uzaklaşma hareketinin değerini belirtir. Örnek:

DEPART 60

Bu komutla robot kol bileği, bulunduğu konumdan z ekseninde 60 mm'lik bir uzaklaşma hareketi yapar.

Buraya kadar anlattığımız komutları kısa bir örnek programla inceleyelim:

```

10  APPRO C1 , 35
20  MOVE C1
30  SIGNAL ( Tutucuyu kapat)
40  DEPART 50
50  MOVE B1

```

VAL-1 robot programlama dili ile yazılmış yukarıdaki örnek programı satır satır inceleyecek olursak; 10 numaralı satırda robot kol bileği, belirtilen C1 noktasına, z ekseninde 35 mm uzaklıkta yaklaşma hareketi yapar. 20 numaralı satırda robot kolu tanımlanan C1 noktasına hareketini gerçekleştirir. 30 numaralı satırda robotun son etkileycisinden gelen sinyal, programda kontrol edilir. 40 numaralı satırda robot kol bileği 50 mm z ekseninde uzaklaşma hareketi yapar. 50 numaralı satırda ise tanımlanan B1 noktasına robot kolu hareketini gerçekleştirir.

MOVE

Bu komutla robot kolunun hareketi ilâve eklem yeri ile birlikte sağlanır. Robot kolunun hareketi, robot kolunun ucundaki algılayıcıyla (son etkileyici) ilişkilidir. Son etkileyiciden gelen sinyal, bilgi işareti (elektriksel büyüklük) doğrultusunda robot kolunu, belirlenen noktaya hareket ettirir.

Bu komutun yazım formatı;

```
MOVE A1
```

şeklindedir. A1 robot kolunun yaptığı hareket sonucunda alacağı son pozisyonun koordinat değeridir. A1 ile tanımlanan noktanın program içerisinde tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu tanımlama ise şöyle yapılır:

```
A1= POINT < 50.534 , 234.003 , 14.23 , 25.090 , 125 , 75 >
```

Bu tanımlamada ilk üç ifade <50.534, 234.003, 14.23 > , x-y-z koordinat düzlemine karşılık gelmekte iken, son üç ifade < 25.090 ,125

,75 > robotun x-y-z koordinatlarındaki pozisyonunu alacağı açı değerlerini belirtir.

MOVE komutu VAL-1'de değişik bir kullanımla karşımıza çıkmaktadır. Bu kullanım ifadesi;

MOVE A1 VIA A2

şeklinde. Burada robot kolu koordinat değerlerini alacağı A1 noktasına giderken, A2 noktasından geçerek işlemini gerçekleştirir. Örneğin;

MOVE ARM1 TO A3 VIA A1

komut satırı ile, 1 nolu robot kolu A3 noktasına A1 noktasından geçerek ulaşacağı saptanmaktadır.

VAL-2'de Hareket Komutları

Bu dilin VAL-1'e göre avantajı, robot sensörlerinden gelen bilgilere anında cevap verebilme yeteneğidir. VAL-2'de belli başlı hareket komutları:

ALIGN

Bu hareket komutuyla robot kolunun son etkileyici kısmının hareketi sağlanmaktadır. Bu komut ile istenilen son etkileyici z ekseninde belirtilen noktaya paralel yönde döndürülecektir.

APPRO

VAL-2'de kullanılan bu komut VAL-1'deki komutun aynısıdır. Bu komutla robot kol bileği tanımlanan noktaya, z eksen yönünde yaklaşma hareketi yapar. Yani bu komut sadece düşey yöndeki hareketleri sağlar. Düşey yöndeki bu hareketin mutlaka düz olması gerekmez. Yazım formatı:

APPRO A1 , P (mm)

şeklinde. A1 robot kol bileği yaklaşma hareketi yapacağı noktanın x-y-z koordinatındaki değerleri, P ise milimetre cinsinden robot bileğinin belirtilen noktaya, z ekseninde yapacağı yaklaşma hareketinin değeridir.

APPRO L1 , 25

Bu komut satırı ile robot kol bileği, belirtilen L1 noktasına z ekseninde 25 mm yaklaşma hareketi yapar.

APPROS

APPROS komutu ile robot kol bileği, tanımlanan noktaya z ekseninde düz doğrultuda, yani x ve y yönlerinde bir kayma hareketi yapmaksızın yaklaşır. Yazım formatı;

APPROS K1 , P (mm)

şeklindedir. K1 robot kol bileği yaklaşma hareketi yapacağı noktanın x-y-z koordinatındaki değerleri, P ise milimetre cinsinden robot bileğinin belirtilen noktaya, z ekseninde yapacağı yaklaşma hareketinin değeridir. Örnek:

APPROS K1 , 35

Bu komut satırı ile robot kol bileği, belirtilen K1 noktasına z ekseninde 35 mm yaklaşma hareketi yapar.

DEPART

Bu komutla robot kol bileği, APPRO hareket komutuyla yapmış olduğu z eksenindeki yaklaşma hareketinin tam aksi yönde z ekseninde uzaklaşma hareketi yapar. DEPART komutu VAL-1'deki DEPART komutuyla aynı işi yapar. Bu komut APPRO komutuyla ilişkili çalışır. Yazım formatı:

DEPART R (mm)

Buradaki R ifadesi milimetre cinsinden sayısal bir değer olup, robot kol bileğinin z ekseninde yapacağı uzaklaşma hareketinin değerini belirtir. Örnek:

DEPART 50

Bu komutla robot kol bileği bulunduğu konumdan z ekseninde 50 mm'lik bir uzaklaşma hareketi yapar.

DEPARTS

Bu komutla robot kol bileği, APPROS hareket komutuyla düz doğrultuda (paralel yönde) yapmış olduğu z eksenindeki yaklaşma hareketinin tam aksi yönde z ekseninde uzaklaşma hareketi yapar. Bu komut APPROS komutuyla ilişkili çalışır. Yazım formatı:

DEPARTS R (mm)

Buradaki R ifadesi milimetre cinsinden sayısal bir değer olup, robot kol bileğinin z ekseninde yapacağı uzaklaşma hareketinin değerini belirtir. Örnek:

DEPARTS 90

Bu komutla robot kol bileği bulunduğu konumdan düz doğrultuda (paralel yönde) z ekseninde 90 mm'lik bir uzaklaşma hareketi yapar.

VAL-2 robot programlama dilinde robot kolu hareketini yaparken, kol hareket hızının belirlenmesi **SPEED** komutuyla yapılır. Örnek:

SPEED 15 IPS

komut satırı ile robot kolu hareketini yaparkenki hızı 15 IPS (inch/sn) olacak şekilde programda belirtilebilir.

DRIVE

Bu hareket komutuyla robotu oluşturan herhangi bir eklem yerinin pozisyonu değiştirilebilir. Örnek:

DRIVE 4, -62.5 , 75

komut satırıyla tanımlanan 4. eklem noktası, negatif yönde 62,5°'lik bir açı ile 75 IPS'lik bir hızla konumunu değiştirmektedir.

MOVE

Bu hareket komutunun işlevi VAL-1' deki komutla aynıdır. Komutun özümmlenebilmesi için burada tekrar işlemede yarar vardır. Bu komutla robot kolunun hareketi ilâve eklem yeri ile birlikte sağlanır. Bu komutun yazım formatı:

MOVE Y1

şeklindedir. Y1 robot kolunun yaptığı hareket sonucunda alacağı son pozisyonun koordinat değeridir. Y1 ile tanımlanan nokta program içerisinde tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu tanımlama ise şöyle yapılır:

POINT Y1=< 40.634 , 23.03 , 24.02 , 25.9 , 25 , 65 >

Bu tanımlamada ilk üç ifade <40.634, 23.03, 24.02 > , x-y-z koordinat düzlemine karşılık gelmekte iken, son üç ifade < 25.9, 25, 65 > robotun x-y-z koordinatlarındaki hareketini yaparken alacağı açı değerlerini belirtir.

MOVES

Bu hareket komutuyla robot kolu, düz doğrultuda, (paralel yönde) tanımlanan noktaya hareketini gerçekleştirir. Komutun yazım formatı:

MOVES P1

şeklindedir. P1 robot kolunun yaptığı hareket sonucunda alacağı son pozisyonun koordinat değeridir. P1 ile tanımlanan nokta program içerisinde tanımlanmış olması gerekmektedir.

7.1.2. RAIL Robot Programlama Dili

RAIL robot programlama dili, Automatix firması tarafından geliştirilmiş bir dildir. RAIL komutları robot ve kaynak ekipmanları arasındaki hareketler için özel amaçlı olarak üretilmiştir. RAIL robot programlama dili ikinci kuşak robot programlama dilleri arasına girer. Bu dilin özelliği ise, robot tasarım ve yönlendirme üzerine kurulmuş bir dil olma özelliğini taşımasıdır. RAIL robot programlama dili ayrıca, robotun

üretim hâlinde iç aygıtları ve sensörlerin ekipmanlarının montaj operasyonunu kontrol eden komutları içerir. RAIL robot programlama dili PASCAL programlama dilinin özelliğini taşır.

RAIL' de Hareket Komutları

RAIL robot programlama dilinde, robot hareketini kontrol eden ifadelerde bazı değişiklikler vardır. RAIL robot programlama dilinde robot kolunun yapacağı üç çeşit temel hareket bulunmaktadır. Bunlar, düz ilerleme, kendi etrafında dönme ve dairesel hareketlerdir. Bu hareketlere ait komutlar aşağıda verilmiştir:

APPROACH

Bu komutlar VAL robot programlama dilindeki komutla aynı görevi yerine getirir. APPROACH komutu ile robot eli tanımlanan noktaya, ekseninde yaklaşır ve dengeye gelir. Örnek:

```
APPROACH 50 FROM P1
```

.....

Yukarıdaki programda yazılan komut satırı ile robot kolunun aleti, tanımlanan P1 noktasına z ekseninde 50 mm yaklaşma hareketi yapar.

CIRCULAR

Bu hareket komutuyla robot kolu dairesel bir yörünge takip ederek belirlenen bir noktaya ulaşır. Robot kolunun takip edeceği eğrisel yörüngeler bilgisayar tarafından bildirilir. Örnek:

```
MOVE CIRCLE PATH ( P1, P2, P3, P4 )
```

Bu komut neticesinde robot kolu, aletin ucunu düz hat hareketiyle tanımlanan P1 noktasına, daha sonra P1'den P3'e dairesel çember içindeki P2 noktasına götürür. 3'den fazla noktası olan yollar için (yukarıdaki örnekte olduğu gibi) yeni bir dairesel yol izlenir. Bu yol P1 ve P4 arasında bulunan P2 ve P3'tür ve P4 yeni bir çember tanımlamak için son 2 noktayla birlikte bir sonraki noktayı içeren noktalar grubu dairesel hareket için tanımlanır.

DEPART

DEPART komutu ile de robot eli yaklaşma hareketine zıt yönde z ekseninde uzaklaşma hareketi yapar. Örnek:

DEPART 50

DEPART komutu ile alet bulunduğu konumdan, ekseninde 50 mm uzaklaşma hareketi yapar.

MOVE

RAIL programlama dilinde robot kolunun düz hat, yani paralel hareketi, MOVE komutu ile sağlanır. Örneğin robot kolunun belirtilen bir noktaya (P1) düz hareketini istiyorsak kullanacağımız komut satırı;

MOVE P1

olacaktır.

ROTATE THE TOOL

ROTATE komutu, son etkileyiciyi belirli açı değerlerinde kendi etrafında döndürmek için kullanılır. Pozitif dönme açısı saat ibresi yönünde gerçekleşir. Örnek:

ROTATE HAND 180

Bu komut ifadesi ile son etkileyici, kendi etrafında saat ibresi yönünde 180° 'lik bir dönme hareketi yapar.

SLEW

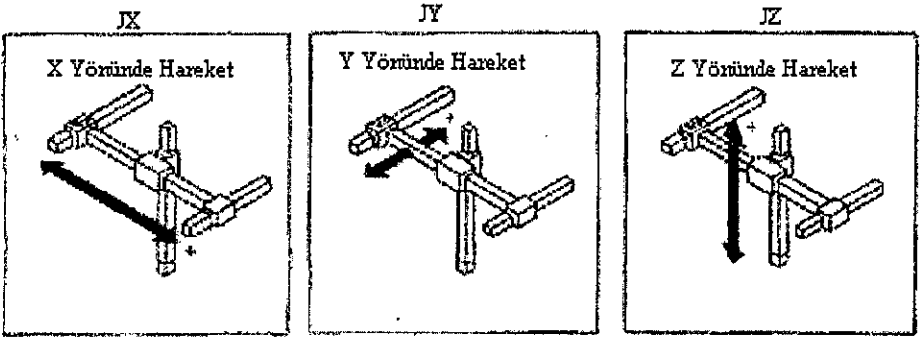
SLEW komutu ile robot kolunun istenilen eklem yeri, kendi etrafında dönme hareketi yapar. Bu hareket, oldukça hızlı gerçekleştirilir. Bu durum, robot için bir avantajdır. Örneğin robot kolunun ucundaki tutucunun (GRIPPER'in) kendi etrafında dönmesi isteniyorsa, yazılacak komut satırı;

MOVE GRIPPER SLEW P1

olacaktır. Bu komut ifadesi ile, robot kolu tanımlanan P1 noktasına hareketini yaparken, GRIPPER kendi etrafında dönme hareketi yapacaktır.

7.1.3. AML Robot Programlama Dili

AML robot programlama dili, IBM tarafından IBM 7565 robotları için geliştirilmiş bir dildir. IBM 7565 robotu kartezyen koordinat sisteminde maksimum hareket yapma yeteneği olan bir robottur. Aşağıdaki şekilde IBM 7565 robotunun JX, JY, JZ eksenlerinde yapabileceği hareketler belirtilmiştir (Şekil 87).



Şekil 87: IBM 7565 robotunun hareketleri

Robot koluna bağlı el ve son etkileyicide yapılabilecek hareketler, sağa-sola sapma, çevirme ve fırlatma olarak üç şekilde olabilir.

AML'de Robot Hareket Komutları

IBM 7565 robotu için iki temel hareket komutu kullanılmaktadır. Bunlar MOVE ve DMOVE komutları olup IBM 7565 robotunun belirlenen eksenlerde hareketini sağlarlar.

AMOVE, DMOVE ve MOVE Hareket Komutları

MOVE komutu ile IBM 7565 robotu JX, JY, JZ koordinatlarındaki hareketleri gerçekleştirilir.

MOVE (< JX , JY > , < 8.5, 1.5 >)

bu komut ifadesi ile robot JX koordinatında 8.5 inch, JY koordinatında da 1.5 inch hareket eder.

DMOVE komutu da hemen hemen MOVE komutu ile aynı işi yerine getirir, fakat DMOVE komutu kullanılırken robotun yapacağı hareket noktası program içerisinde önceden tanımlanmış olmalıdır. Örnek:

DMOVE (< JX , JY , JZ > , R(1))

komutu ile robot tanımlanan R(1) noktasına göre JX, JY, JZ koordinatlarına göre hareketini gerçekleştirir. R(1) değişkeni programda şöyle tanımlanır.

R(1) : NEW < 1.3, 0.5, 7.5 >

Ayrıca DMOVE komutu ile robotun istenilen aleti, başlangıç durumu pozisyonuna götürülebilir. Örneğin,

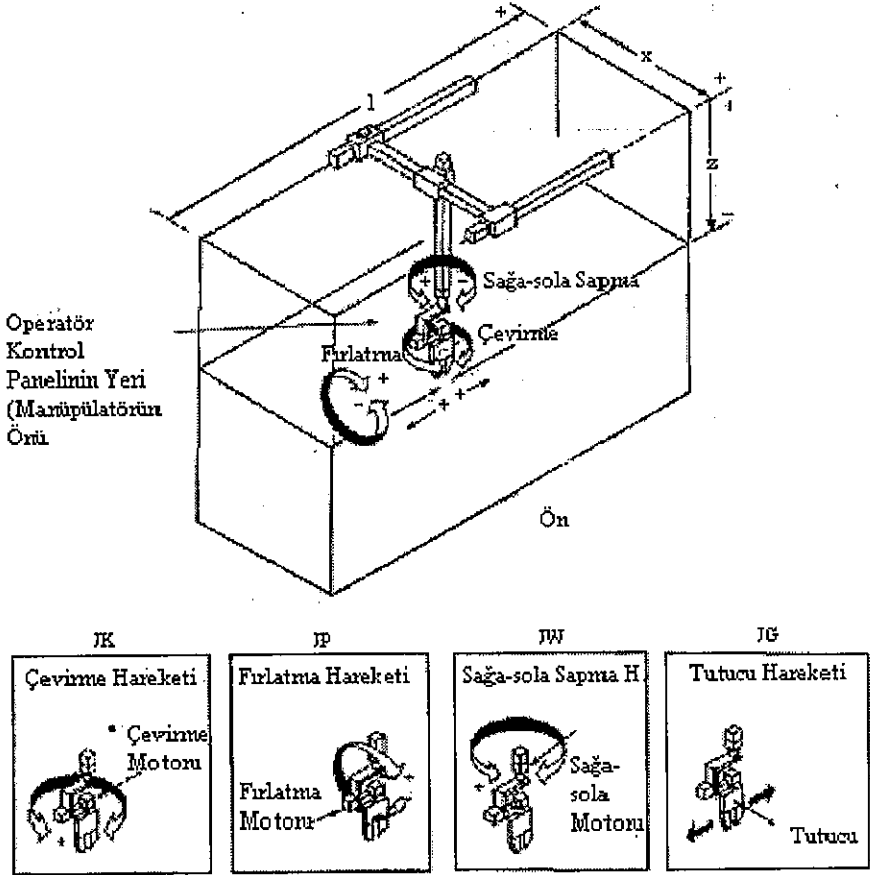
DMOVE (JZ, 3.0)

komut satırı ile robotun JZ koordinatındaki 3 numaralı aleti başlangıç pozisyonuna getirilir (yukarı hareket).

AMOVE komutu AML robot programlama dilinde kullanılan bir başka hareket komutudur. AMOVE komutu MOVE komutunun yerine getirdiği işi yapar, fakat AMOVE komutunun MOVE komutu ile işleyiş açısından farkı vardır.

MOVE komutu ile hareket gerçekleştirilirken, sistem MOVE komutunun işlevi bitmeden başka bir işlevi yerine getiremez. Fakat AMOVE komutunda durum biraz farklıdır. Programda AMOVE komutu ile gerçekleştirilecek hareket yapılırken, program aynı zamanda sistemde

bir başka harekete de izin verir. Örneğin AMOVE ile robot kolu JZ koordinatında hareket ettirilirken aynı anda GRIPPER de kendi ekseninde döndürülebilir. Şekil 88'de robotun yapabildiği hareketler gösterilmiştir.



Şekil 88: IBM 7565 robotunda hareketler ve açıklamaları

7.1.4. Sorular

Soru 1: Robot programlama nedir? Robot programlama tekniklerini açıklayınız.

Soru 2: MOVE ARM2 TO A3 VIA A1 komut satırını açıklayınız.

Soru 3: Aşağıdaki programı açıklayınız.

```
APRRO A2 , 30  
MOVE A1  
CLOSE1  
DEPART 30  
MOVE ARM2 TO B2
```

Soru 4: Aşağıdaki programı açıklayınız.

```
SPEED 15 IPS  
MOVE A1
```

Soru 5: Aşağıdaki programın görevi nedir?

```
MOVE GRIPPER SLEW P1  
ROTATE HAND 180
```


7.2. Program Kontrol Komutları

7.2.1. VAL-2' de Program Kontrol Komutları

VAL-2 robot programlama dilinde kullanılan program kontrol komutları, yürütülen emri kontrol eden ifadeleri içerir. VAL-2 robot programlama dilinde kullanılan program kontrol ifadelerinden bazıları aşağıda verilmiştir:

```
IF ..... THEN ..... ELSE ..... END kontrol bloğu
WHILE ..... DO ..... END kontrol bloğu
DO ..... UNTIL kontrol bloğu
FOR ..... END kontrol bloğu
```

Şimdi bu kontrol ifadelerini inceleyelim.

1) IF.....THEN....ELSE...END kontrol bloğu

Bu kontrol bloğu program formunda düzenlenirse,

.....

.....

IF (mantıksal ifade) THEN

.....

.....

.....

.....

.....

ELSE

.....

.....

.....

.....

END

.....

***** IF bloğu *****

***** ELSE bloğu *****

şekli ortaya çıkar. Program icrası bu kontrol yapısına geldiğinde, mantıksal ifade sağlanıyorsa, IF bloğu program içerisinde icra edilir ve bu bloğun sonunda, program akışı END satırından sonraki program ifadesiyle devam eder. Eğer mantıksal ifade sağlanmıyorsa, ELSE bloğu icra edilerek, program akışı END ifadesinden sonraki program satırından itibaren devam eder.

Aşağıdaki örnekte VAL-2 programında, IF....ELSE....END kontrol bloğunun yapısı verilmiştir:

```

;Baslama noktasına git.
SPEED 10 ALWAYS ;sürekli 10 hızında
10 PROMPT " El pozisyonu (0/1) ? ", cevap ;ekranda göster
IF cevap =0 THEN ;eğer cevap =0 ise
MOVE # baslama ;#baslama kısmına hareket et
ELSE ;değilse
DETACH ;robotu kullanıcıya bırak
WAIT (PENDANT(2) BAND +20) <0 ;bekle
ATTACH ;iliştir
MOVE HERE ;here konumuna hareket et
END ;son

```

2) WHILE....DO....END KONTROL BLOĞU

Bu kontrol bloğu program formunda düzenlenirse,

```

.....
.....
WHILE (Mantıksal ifade) DO
.....
..... ***** WHILE..DO bloğu *****
.....
END

```

Bu kontrol bloğunun icrası için, WHILE ile belirtilmiş olan mantıksal ifadenin sağlanması gerekir. Kısaca WHILE....DO bloğu mantıksal ifade sağlandığı sürece icra edilir, ne zaman ki bu şartın dışına çıkmış olduğunda, program END satırından itibaren program akışını devam ettirir. Örnek:

```

WHILE (PENDANT (2) BAND+37)==0 DO ;iken
z.cor=(lvd[1]-ADC(0)) / gain
MOVE DEST:TRANS (x.step,0,z.cor,90,-90) ;hareket et
END ;son

```

3) DOUNTIL kontrol bloğu

Bu kontrol bloğu da program formunda düzenlenirse,

```

.....
.....
DO
.....
***** DO.....UNTIL bloğu *****
.....
UNTIL (mantıksal ifade)
.....

```

Bu kontrol bloğunda ise UNTIL ile belirlenmiş mantıksal ifade sağlandığı sürece DO... UNTIL bloğu program içerisinde icra edilir. Ne zaman ki bu mantıksal ifade ile belirtilmiş şartın dışına çıkıldığında, program icrası UNTIL'den sonraki program satırından itibaren yürütülmeye devam eder. Örnek bir programla, bu yapıyı inceleyelim.

```

DO
MOVE DEST ;hareket et
IF (Pendant (2) Bant+379 <>0 GOTO 10 ;eğer ...ise 10' a git
UNTIL ABS ( ADC (0)-lvd [1]),800 ;-e kadar dön

```

4) FOREND kontrol bloğu

FOR.....END kontrol bloğunda FOR ile belirtilen ifade dahilinde, bu blok içerisindeki işlemler gerçekleştirilir. Bu kontrol bloğuyla ilgili bir örnek aşağıda verilmiştir:

```

FOR row=0 TO row.count [code]-1 ;döngü1
FOR col=0 TO col.count [code]-1 ;döngü2
APPRO feeder,30 ;feeder noktasına z ekseninde 30mm git
MOVES feeder ;feeder noktasına düz doğrultuda git
CLOSEI 0 ;kapat
DEPARTS 50 ;z eksenini boyunca 50mm uzaklaş
SETPUT=SHIFT (frame [code] BY row*r.space[code],
col*c.space [code], 0)
APPRO put,50 ;put noktasına z ekseninde 50mm git
MOVES put ;put noktasına düz doğrultuda git
OPENI 25 ;aç
DEPARTS 50 ;z eksenini doğrultusunda 50mm uzaklaş
END ;"col" dongusu sonu

```

END ; "row" dongusu sonu

VAL-2 robot programlama dilinde diğ er bir kontrol bloğ u da CASE....OF....VALUE....END'dir.

Bu kontrol bloğ u, aç ağ ıda bir  rnek i erisinde verilmiş tir:

```

10 PROMT " Enter test value" , X ;x değ eri gir
IF X<0 GOTO 20 ;x<0 ise 202 ye git
CASE INT (X) O ;x'in tamsayı değ erini oku
VALUE 0,2,4,6,8,10 ;x değ erini karş ılaş tir
TYPE X , " sayı sı  iş ttiş " ;yazdır
VALUE 1,3,5,7,9 ;x değ erini karş ılaş tir
TYPE X , "sayı sı tektir" ;yazdır
ANY ;diğ er durumlarda
TYPE X , "sayı sı 10'dan buyuktur" ;yazdır
END ;son
GOTO 10 ;10' a git
20 TYPE " Sayı negatif" ;yazdır
STOP ;dur

```

Bu programda kullanıcıya, yani operat re bir test değ eri sorulur ve test değ eri sayı cinsinden istenilir. Kullanıcı tarafından girilen test değ eri NEGATİF bir değ er ise, ekranda "Sayı negatif" diye bir ifade  ıkar ve program sonlandırılır. Eę er sayı negatif değ ilse, CASE ifadesi yardımıyla sayı incelenmesi   kategoriye ayrılarak yapılır.

CASE INT (X) OF ifadesi ile sayının integer (tamsayı) karş ılığ ının dikkate alınması ger ekleş tirilir. **VALUE** ifadesi CASE yapısı ile karş ılaş tırılacak sayı değ erleri belirtilir. Bu yapılardan sonra girilen sayı değ eri ;

0' dan 10' a kadar  iş t sayılar,

1' den 9' a kadar tek sayılar,

10' dan b y k b t n pozitif sayılar i in karş ılaş tırma yapılır ve girilen sayı değ eri hangi kategoriye giriyorsa ekranda girilen sayının değ eri ve girdiğ i kategori belirtilir.

7.2.2. AML'de Program Kontrol Komutları

AML robot programlama dili, IBM tarafından IBM 7565 robotları i in geliş tirilmiş bir dil olduğ u,  nceki konularda a ıklanmış tı. IBM 7565

robotunun özelliği, belirtilen kartezyen koordinatlarda maksimum hareket yapma özelliğine sahip olmasıdır. AML (A Manufacturing Language) yüksek bir seviyeli bir dil özelliği taşır ve bu robot programlama dili ikinci kuşak robot programlama dilleri arasına girer. AML robot programlama dili PASCAL tabanlı bir dildir.

AML' de Program Kontrol İfadeleri

AML robot programlama dilinde kullanılan, program kontrol ifadeleri şunlardır:

1) IF.....THEN....END kontrol bloğu

Bu kontrol bloğu, program formunda düzenlenirse,

.....

.....

IF (mantıksal ifade) THEN

.....

..... ***** IF bloğu *****

.....

END

.....

.....

şekli elde edilir. Program icrası bu kontrol yapısına geldiğinde, mantıksal ifade sağlanıyorsa, IF bloğu program içerisinde icra edilir ve bu bloğun sonunda, program akışı END satırından sonraki program ifadesiyle devam eder. Eğer mantıksal ifade sağlanmıyorsa, IF bloğu icra edilmeyecek, program akışı END ifadesinden sonraki program satırından itibaren devam eder.

2) IF.....THEN....ELSE...END kontrol bloğu

Bu bloğunu VAL robot programlama dilindeki IF.....THEN....ELSE...END kontrol bloğu ile aynı yapı ve özelliğe sahiptir

.....

IF (mantıksal ifade) THEN

.....

..... ***** IF bloğu *****

```

.....
.....
ELSE
.....
***** ELSE bloğu *****
.....
END
.....
.....

```

Program icrası bu kontrol yapısına geldiğinde, mantıksal ifade sağlanıyorsa IF bloğu program içerisinde icra edilir ve bu bloğun sonunda, program akışı END satırından sonraki program ifadesiyle devam eder. Eğer mantıksal ifade sağlanmıyorsa, ELSE bloğu icra edilerek, program akışı END ifadesinden sonraki program satırından itibaren devam eder.

3) WHILE....DO....END kontrol bloğu

Bu kontrol bloğu da VAL programlama dilindeki, kontrol ifadesi ile aynıdır.

```

.....
.....
WHILE (Mantıksal ifade) DO
.....
***** WHILE..DO bloğu *****
.....
END

```

Bu kontrol bloğunun icrası için, WHILE ile belirtilmiş olan mantıksal ifadenin sağlanması gerekir. Kısaca WHILE..DO bloğu mantıksal ifade sağlandığı süresince icra edilir. Ne zaman ki bu şartın dışına çıkılır, program END satırından itibaren program akışını devam ettirir. Örnek:

```

COUNT:SUBR;
X:NEW 1;          (x değişkeni tanımlanır)
WHILE X LE 3 DO  (x<=3 iken dön)
  BEGIN          (başla)
  DISPLAY (X,EOL); (x'i yaz)
  X=X+1;        (x'i 1 arttır)

```

```

        END;                (begin bloğu sonu)
    DISPLAY ('DONE',EOL); (DONE yaz)
    END;                (while döngüsü sonu)

```

Bu kısa AML programında, COUNT adlı alt programda X değişkeni tanımlanır. Programda kullanılan LE ifadesi, (\leq) ifadesi olarak programda işlev görür. X değişkeni WHILE..DO ..END kontrol ifadesi ile program içerisinde icra görür. Burada X değişkeni $X \leq 3$ olduğu sürece WHILE..DO..END kontrol ifadesi ile oluşturulmuş döngü (loop) icra edilir ve bu program çıktısı ekranda;

```

    1
    2
    3
    DONE

```

olarak görülür.

4) REPEAT...UNTIL kontrol bloğu

Bu kontrol ifadesi de WHILE... DO program kontrol ifadesi ile aynı işi yapar. Örnek:

```

    .....
    .....
    REPEAT
    .....
    ..... **** REPEAT...UNTIL kontrol bloğu ****
    .....
    UNTIL ( mantıksal ifade,koşul )

```

Bu kontrol bloğunun icrası için, UNTIL ile belirtilmiş olan mantıksal ifadenin sağlanması gerekir. Kısaca REPEAT...UNTIL bloğu mantıksal ifade sağlandığı süresince icra edilir. Ne zaman bu şartın dışına çıkılırsa, program UNTIL satırından sonraki program satırından itibaren program akışını devam ettirir. Örnek:

```

COUNT:SUBR;
X:NEW 1;        (x değişkeni tanımlanır)
REPEAT DISPLAY (X,EOL);    (x', yazarak dön)
X=X+1          (x'i 1 arttır)

```

```

UNTIL X EQ 4;    (x=4 olana kadar)
DISPLAY ('DONE',EOL)    (DONE yaz)
END            (Son)

```

Bu kısa programın çıktısı ise;

```

1
2
3
4
DONE

```

olarak ekranda gözüktür.

7.2.3. RAIL'de Program Kontrol Komutları

İkinci kuşak robot programlama dilleri arasına giren ve AUTOMATIX firması tarafından geliştirilmiş olan RAIL robot programlama dili, robot ve kaynak ekipmanları arasında işbirliğini sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir.

RAIL robot programlama dili ayrıca, robotun üretim hâlinde iç aygıtları ve sensörlerin ekipmanlarının montaj operasyonunu kontrol eden komutları içerir. RAIL robot programlama dili PASCAL programlama dilinin özelliğini taşır.

RAIL' de Program Kontrol İfadeleri

RAIL robot programlama dili de AML ve VAL robot programlama dillerinin içerdiği, program kontrol ifadelerini içerir. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için bu program kontrol komutlarına burada da değinilecektir. Belli başlı program kontrol komutları ;

1) IF.....THEN....END kontrol bloğu

Bu kontrol bloğu, aşağıdaki şekilde program formunda yazılabilir:

```

.....
.....
.....

```


IF (mantıksal ifade) THEN

```

.....
.....          ***** IF bloğu *****
.....
.....
END
.....
.....

```

Program akışı bu kontrol yapısına geldiğinde, mantıksal ifade sağlanıyorsa, IF bloğu program içerisinde icra edilir ve bu bloğun sonunda, program akışı END satırından sonraki program ifadesiyle devam eder. Eğer mantıksal ifade sağlanmıyorsa, IF bloğu icra edilmeyerek, program akışı END ifadesinden sonraki program satırından itibaren devam eder. Görüldüğü gibi bu yapının özelliği AML dilindeki yapıyla aynı özellik gösterir.

2) IF.....THEN....ELSE...END kontrol bloğu

Bu kontrol bloğunu VAL ve AML robot programlama dilindeki IF.....THEN....ELSE...END kontrol bloğu ile aynı yapı ve özelliğe sahiptir.

3) WHILE....DO....END kontrol bloğu

Bu kontrol bloğu da VAL ve AML programlama dilindeki, kontrol ifadesi ile aynıdır. Örnek:

```

WHILE CYCLESTOP=OFF DO      ;cyclestop kapalı iken dön
BEGIN                       ;başla
MOVE SLEW HOME              ;taşı
WAIT UNTIL SWITCH1=ON      ;switch1 açık olana kadar bekle
CLAMP=ON                    ;clamp'ı aç
APPROACH 50 FROM SEAM1     ;seam1 noktasına 50mm yaklaş
WELD SEAM1 WITH WELDSCHED [3] ;kaynak yap
DEPART 50                   ;z ekseninde 50mm uzaklaş
CLAMP=OFF                   ;clamp'ı kapat
END                          ;son

```

Yukarıdaki örnek programda, WHILE ile belirtilmiş ifade sağlandığı sürece WHILE....DO bloğu program akışında icra edilir. Şart sağlanmadığı zaman, program akışı END program satırından sonraki program satırından itibaren devam eder.

7.2.4. Sorular

Soru 1: VAL robot programlama dilinin özelliklerini açıklayınız.

Soru 2: IF.... THEN.....ELSE Kontrol bloğunun çalışma mantığını açıklayınız.

Soru 3: DO...UNTIL Kontrol bloğunun çalışma mantığını açıklayınız.

Soru 4: Aşağıdaki programı açıklayınız.

```

10 PROMT " Bir rakam gir" , X
   IF X<0 GOTO 20
   CASE INT (X) OF
   VALUE 0,2,4,6,8,10
   TYPE X, "bir çift sayıdır"
   VALUE 1,3,5,7,9
   TYPE X, "bir tek sayıdır"
   ANY
   TYPE X, "10'dan büyük bir sayıdır"
   END
   GOTO 10
20 TYPE "Negatif sayı "
   STOP

```

Soru 5: REPEAT.....UNTIL kontrol bloğunun çalışmasını açıklayınız.

7.3. Parmak ve Kontrol Komutları

Mekanik tutucular ve bunların kumanda mekanizmaları değişik tipte sınıflandırılır. Parmak hareketine göre tutucular sisteme kumanda verirler. Bu sınıflamada tutucular parmakların açma ve kapama durumuna göre aşağıdaki hareketleri gerçekleştirirler:

- Dönme hareketi,
- Doğrusal veya öteleme hareketi.

Dönme hareketi

Tutucu üzerindeki sabit dönme noktalarında gerçekleşerek, parmakların açma ve kapama hareketleri yapılır. Bu hareket genellikle birçok bağlantı mekanizması tarafından sağlanır. Doğrusal harekette ise, parmakların açma ve kapanma hareketleri, diğer her birine paralel olarak sağlanır. Her bir parmak bir kılavuz yatakta kayma hareketiyle, hareketini tamamlar.

Parmağın öteleme hareketi, hareket süresince parmakların diğer parmaklara paralel olarak yönetilmesi, bağlantı elamanı tarafından tutulmasıyla işlemini tamamlayabilir. Mekanik tutucular parmak hareketinin uyumuna göre kinematik tipteki cihazlara göre de sınıflandırılabilir.

Bu sınıflamada şu kumandaları görebiliriz:

- Bağlantı kumandası,
- Dişli ve krameyer mandası,
- Kam kumandası,
- Tespit kumandası,
- Kablo ve kasnak kumandası,
- Kombine,

Tutucunun açma ve kapama durumları bağlantı kategorisindeki kapaklar ile geniş bir aralıkta dizayn edilme ihtimalleri vardır. Tutucuya uygulanan Fa giriş kuvvetinden faydalanarak parmaklar tarafından uygulanmış Fx kavrama kuvveti bulunur ve bağlantı dizaynı belirlenir.

Bağlantı konfigrasyonu ise örneğin tutucunun hızlı hareket etmesiyle parmaklara tutucu tarafından kumanda verilip açılması, diğer operasyonel karakteristikler ile belirlenir. Krameyer dişli, bir piston veya diğer mekanizmaya bağlanarak, doğrusal hareket sağlanabilir. Krameyerin hareketi iki piston dişli tarafından sağlanır ve bunların dönmesiyle parmakların açma ve kapama işlemleri yapılır.

Kam kumandalı tutucu, kam ve tahrik elemanı mekanizma olarak dizayn edilebilir. Fakat tutucunun açma ve kapama hareketini sağlamak için daha çok yay yüklü tahrik elemanı kullanılır. Örneğin kamın hareketi, kuvvetin bir yönde uygulanmasıyla tutucuyu açacak, fakat zıt yönde uygulanan kuvvet yaydan dolayı kamın hareketini etkileyerek tutucunun kapanmasına neden olacaktır. Bu mekanizmadaki avantaj, yani yayın hareketi farklı durumundaki parçaların dengeli hâle gelmesini sağlar.

Tespit kumanda tipli tutucularda ise hareket, bir motor tarafından sağlanır. Genellikle bu motor, bir hız redüksiyon ile birleştirilmiştir. Tespit elemanı bir yönde döndüğünde, buna bağlı bloğu tahrik ederek, onun da aynı yönde dönmesini sağlayacaktır. Tespit elemanı zıt yönde döndüğünde, ise buna bağlı bloğun hareketi de zıt yönde olacaktır.

Tespit elemanı döndüğünde, bağlı olan tutucu parmakları karşılıklı olarak açma ve kapama hareketini yapacaklardır. Kablo ve kasnak mekanizmaları açılabilir ve kapanabilir bir mekanik tutucu ile dizayn edilmiş olabilirler. Çünkü bu mekanizmalar kaynaklı sistemde kablo veya kayışın karşılıklı hareketin meydana geldiği görme mekanizması formunda olmalıdır. Örneğin kasnaklı sistemde bir yönde hareket verilerek tutucunun açılması sağlanabilir ve görme mekanizması kabloyu gevşetebilir. Böylece kasnaklı sisteme ters yönde hareket verildiği zaman tutucu kapanacaktır.

Kombine kategorisi ise değişik tipteki tutucu çalışma mekanizmalarına göre sınıflandırılabilir. Örneğin tutucu parmakları diyaframın genişlemesi ve daralmasıyla hareketini tamamlar.

7.3.1. VAL-2'de Parmak ve Kontrol Komutları

Bu bölümde Unimation Inc. tarafından geliştirilen ve endüstriyel robotlarda kullanılan VAL-2 robot programlama diline ait parmak kontrol komutları incelenecektir.

VAL-2 Unimation'ın, endüstriyel robotları için tasarlanmış bilgisayar tabanlı kontrol sistemi ve programlama dili olduğu daha önceki bölümlerde anlatılmıştı. Bu, robotun gerçekleştireceği görevleri kolay olarak tanımlama yeteneği sağlar. Diğer yararları ise makinenin görüşü gibi sensör sistemlerinden gelen bilgiye cevap verebilme, beklenmedik durumlarda çalışabilme, kol yörünge kuşağına göre geliştirilmiş performansı içerir.

Ekran Komutları

VAL-2 ekran modu çalışılacak hacim için nokta yerleşimi tanımlanması, program yazımı, program çalıştırma, robot kolunun kalibrasyonu gibi fonksiyonlar için kullanılır.

Robotun kesin yerinin belirlenmesi ve yer tanımlama için VAL-2'de birçok komut vardır. Nokta yeri tanımlama için VAL-2' de bu yöntemlerden biri (HERE) komutudur.

HERE P1

Bu komut ekran modunda verilen robot kolunun kesin yerinin tanımlayan P1 değişkenidir. Bununla ilişkili komut WHERE komutudur. Bu komut robotun kesin koordinatlarını verir. Ayrıca TEACH komutu kayıt butonunun kontrolü için yerleşim değerlerinin kaydı için kullanılır. Reorol butonuna her basışta yer değişkeni tanımlar ve basıldığında o anda robotun yerine göre değer verir. Her başarılı yer değişkenine otomatik olarak yeni bir ad atanır.

Örneğin monitörde TEACH P1 yazıldığında ilk kayıt edilen yer değişkeni P1 atanır ve bundan sonra P2-P3 diye devam eder. Pozisyon tanımlama için 3. komut POINT komutudur. POINT PA=P1 bu komutla P1 değeri PA' ya atanır.

7.3.2. Program Yazımı ve Kontrol

Programa girmek ve programdan çıkmak için kullanılan komutlar aşağıdaki satırlarda verilmiştir:

EDIT ASSEMBLY1

E

EDIT komutu ASSEMBLY1 adıyla yazılan programı açar. E EXIT anlamına gelir. Bu komutla yazım modundan çıkılır ve ekran moduna girilir.

Program yazımı sırasında araya sokma silme gibi çok çeşitli komutlar vardır. Program çalıştırmada program hızı bilgisi içermelidir.

SPEED 50

Burada robot çalıştırma hızı 50 birimdir. ki bu değer 0,39 ve 12800 arasında değişir. 100 normal hızıdır. 50 değeri normal hızın altındadır. Hız ürünün hızıyla da ilgilidir.

Diğer Ekran Komutları

Ek olarak VAL-2 programlama dilinde programları diske kayıt etmek için STORE komutu, program kopyalama için COPY komutu, diskteki programları listelemek için FLIST komutu, yeniden adlandırmak için RENAME komutu ve silmek DELETE komutu kullanılmaktadır. Bir son ekran komutu DE'dir. DE komutu özel programları çalıştırmaya yarar.

7.3.4. El Kontrol Komutları

VAL-2, pönomatik işleyen tutucu ve elektrikle çalışan elerin kontrolü için kullanılır. OPEN ve CLOSE diye basit komutlar vardır. Tekli pönomatik tutucu ile bu komutlar, tutucunun tamamen açılması ve kapanmasını sağlar. Servo kontrollü bir el için parmakların açılması şu şekilde sağlanır:

OPEN 75

CLOSE1 50

Yukarıdaki kısa programda ilk ifade ile, robot eli 75 mm kadar açılır. En son ifade de ise robot eli 50 mm kadar kapanır. VAL-2' de robot elinin kontrolü ile ilişkili diğer ifade ise, GRASSP komutudur. Bu komut, elin belirlenen bir şekilde kapanıp kapanmadığını kontrol etmek için kullanılır. Komutun kullanımı ise şöyledir:

GRASP 15.8, 140

Bu komut robot elinin hemen kapanmasını sağlar ve elin son belirtilen 15.8 mm'den az olup olmadığını kontrol eder. Eğer program 140 nolu satırına dallanıyorsa bu işlem sağlanır. Eğer belirlenen ifade sınırlı ise örnek olarak GRASP 15.8 ise, ekranda hata mesajı görülecektir. GRASP ifadesi nesneyi uygun bir şekilde tutma yöntemini ve ilişkinin düzgün bir şekilde olup olmadığını test etmeyi de sağlar.

MOVET P1, 75

Bu komut ile robot kolu bir önceki pozisyon noktası olan P1'den bir eklem hareketi yapar ve hareket zamanında el 75 mm kadar açılır.

Diğer bir ifade ise ;

MOVEST P1, 75

tir. Bu komut ile de el 75 mm'ye kadar açılır. El açılırken robot düz hareket yapar.

7.4. I/O Komutları

Automatic Robotlarda kullanılan kontrol ünitesi AI 32'dir. Bu kontrolör kontrol ve iletişim işlemleri için aşağıdaki özelliklerle donatılmıştır:

- 48 adet farklı durum (giriş çıkış için)
- 4 adet çıkış için dijital potansiyel metre
- 16 adet 12 bitlik A / D çevirici (isteğe bağlı)

RAIL komutları kullanarak, bu kontrolör ve giriş / çıkış aygıtları arasındaki bağ kullanıcının tanımlayacağı değişkenler vasıtasıyla sağlanabilir. Kullanıcı, aygıtı temsil eden değişken üzerindeki etkiler ile bu aygıtı yönetebilir. Bir giriş ya da çıkış portunu tanımlamak için;

INPUT PORT SWITCH 7

komutu kullanılır. Yukarıdaki satır ile SWITCH adındaki değişken, kontrollerde 7. port üzerinde giriş olarak tanımlanmaktadır. Program içinde eğer gerekli ise, bu değişkenin durumu kontrol edilebilir. Çıkış aynı şekilde tanımlanır.

OUTPUT PORT MOTOR3 15

Bu satır ile 15 portu MOTOR3 değişkenine çıkış olarak tanımlanır. Program esnasında MOTOR3 değişkeni açılıp kapatılabilir.

```
MOTOR3 = ON
MOTOR3 = OFF
```

İlk olarak ON ile açık durumdadır. Bu port kullanılabilir (RAIL'deki değeri 1'dir). İkincisi ise MOTOR3 değişkeninin portunu kapatır (RAIL'deki değeri 0'dır). Bu iki komut ile 15. portun rölesi açılır ya da kapanır duruma getirilir.

RAIL'de iki tane "WAIT" (bekleme) komutu vardır. Bunlardan birisi çevre aygıtlara bağlanma durumunda kullanılır. Bu WAIT UNTIL komutudur. Bu komut bazı durumlarda RAIL programının çalışmasını

senkronize etmek için kullanılır. Test ya da kullanım şekli ilişkili bir durumla sağlanmalıdır. Örneğin bir port değişkeninin statüsüne (durumuna) bağlanabilir. WAIT UNTIL komutu ile karşılaşıldığı zaman program verilen şartın doğruluğunu test eder. Örnek:

```
WAIT UNTIL MOTOR3 = ON
WAIT UNTIL CONSPEED > 5.0
```

Yukarıdaki durumda program MOTOR3 = ON ve CONSPEED > 5.0 olduğunda duracaktır. İkinci WAIT komutu programın icrasını biraz durdurmak ya da bekletmek için kullanılır. Bekleme zamanı saniye (SEC) ya da milisaniye (MSEC) ile belirlenir. Eğer bu birimler belirlenmez ise geçerli diğer saniye alınır.

Örnek:

```
WAIT 2 SEC
WAIT 2
WAIT 2000 MSEC
```

Yukarıdaki programlar belirtilen süreler kadar bekleyecektir.

7.4.1. Operator Giriş/Çıkış ve Dosya Sistemi

RAIL dilinde robot hücresi ile iletişim kurmak için programlayıcı ya da operatör tarafından kullanılacak çok çeşitli komutlar vardır. RAIL'de standart çıkış birimi monitör (CRT- Catode Ray Tube) dir. RAIL'de kullanılan öğretim ekipmanına iç etkileşimli komut modülü ya da ICM (INTERACTIVE COMMAND MODULE) denir. Bu bölümde RAIL'de el ile yapılabilen ya da girilebilen işlemlere örnekler verilecektir.

READ komutu dışarıdan (örneğin klavye) girilen komutları okumak için kullanılır. RAIL programı bu girilen değerleri değişkenlere atar. READ komutunun iki durumu vardır. Bunlar READ ve READS'dir. READ komutu nümerik değerlerin girilmesinde kullanılır. READ komutu kullanıldığı zaman program durur ve operatörden nümerik değerler girmesini bekler. Değerler Integer (tamsayı) veya Real (reel sayı) tipinde

olmalıdır. READS komutu ise karakter dizilerinin girilmesinde kullanılır. Kullanıcı her değişken için bir karakter dizisi (kelime gibi) girmelidir.

WRITE komutu istenilen bir bilginin, mesajın yazılması için kullanılır. İki şekilde kullanımı vardır: WRITE ve WRITEICM.

WRITE monitöre mesajlar yazmak için kullanılır. Her WRITE satırı, yeni bir satıra yazılacaktır. Aşağıdaki örnek READ ve WRITE komutları ile ilgilidir.

```
WRITE(' Bölüm ismini girin : ' )
READS(PARTNAME)
WRITE(' Bölüm uzunluğunu girin : ' )
READ (LENGTH)
```

Birinci WRITE'de ekrana mesaj yazılır ve PARTNAME değişkenine karakter satırı girilir. İkinci WRITE'de mesaj ekranda yazar ve LENGTH değişkenine nümerik değişken girilir.

WRITEICM fonksiyonu ile monitör yerine ICM (Bir önceki sayfada geçmişti !) ekranında görüntülenir. Örnek:

```
WRITEICM ( ' yüksek ısı durumu : ' )
```

Bu mesaj ICM ekranında görüntülenir. Yalnız mesajın maksimum uzunluğu 24 karakter olmalıdır. Fazla yazılırsa ilk 24 karakteri alınır. Diğer komutlar RAIL dosya sistemini yürütmek için kullanılır.

Otomatik robot kontrolünde RAIL sisteminin yazılımlarını ve kullanıcı dosyalarını saklamak için 2 teyp kartuşu kullanılır. Bazı saklama komutları kısaca açıklanmıştır. RAIL'de SAVE komutu ile değişkenler veya yazılmış fonksiyonlar teyp içinde bir dosyaya kayıt edilir. Örnek:

```
SAVE 'PARTFILE' PARTCOUNT, GOODPARTS, BADPARTS
```

Yukarıdaki cümle ile PARTCOUNT, GOODPARTS ve BADPARTS değişkenlerinin değerleri teyp üzerindeki değişkenler listesine kayıt edilir. Bunların kayıt edileceği yer PARTFILE dosyasıdır. İlk

önce PARTFILE dosyası SAVE ile kayıt edilir. Daha sonra kullanılacağı zaman LOAD ile geri yüklenebilir. Örnek:

LOAD 'PARTFILE'

Satırı ile teyp kartuşundaki dosya hafızaya yüklenir. SAVE ve LOAD'dan başka RAIL'de dosya işlerinde kullanılacak başka komutlar da vardır. FILER komutu dosya işlerini yapmak için kullanılır. FILER yazılıp ENTER'e basılırsa, ekran temizlenir ve aşağıdaki görüntü gelir:

Filer: L)ist, D)elede, P)rint, M)ak, V)olume, I)nit Tape, C)opy, Q)uit

Bunlar, FILER'de yapılan işlerin listesidir. Yapılmak istenilen işin baş harfi yazılmalıdır.

- | | |
|----------------------|--|
| L)ist | : Teypteki dosyaları listeler (yazıcıya) |
| D)elede | : Bir dosyayı silmek için kullanılır. |
| M)ake | : Yeni bir dosya yapmak için kullanılır. |
| V)olume
gösterir. | : Kullanılan iki adet teyp kartuşunun etiketini gösterir. |
| I)nit tape | : Bu komut ile kullanılacak yeni bir teyp kartuşu formatlanır ve kullanıma hazır hâle getirilir. |
| C)opy | : Bir dosyayı ya da bir bölümünü bir diğerine kopyalamak için kullanılır. |
| Q)uit | : FILER den çıkar ve RAIL programına döner. |

7.4.2. Giriş/Çıkış Kontrolleri

VAL-2 robot program dilinde diğer operatörlerle ve dijital ya da analog parçalarla bilgi haberleşmesi yapılması için komutlar vardır.

Operatör terminali ile haberleşme için PROMPT ve TYPE komutları kullanılabilir. Birinci olarak bu komutlar operatörden bilgi sağlamak için kullanılır. Komutun kullanım şekli aşağıda verilmiştir:

PROMPT "Bölmelerin numaraları" PIECES

Yukarıda tırnak içerisindeki yazı, bilgisayarın monitöründe görülür ve kullanıcıdan bir değer girilmesini bekler; değer girilir ve enter tuşuna basılırsa, PIECES değişkeni bu girilen değeri üstüne alır ve program devam eder.

Buna benzer bir komut TYPE'dir. Bu komut mesajın gideceği terminalde görüntülenmesi amacıyla kullanılır. Bu mesaj iletimi esnasında program TYPE komutunun işlemesi için bekler. Bu beklemeden kurtulmak mümkündür. Programcının özel tasarım ve sistemleri ile sağlanabilir. Aşağıda TYPE komutuna örnek verilmiştir.

TYPE /B,"Değişken değeri",/F5.2,LENGTH

Yukarıdaki örnekte LENGTH'in (bu bir değişkendir ve değişken ismini siz belirleyebilirsiniz. A,BC,CD,ABC gibi) değeri 12.75 olsun. /B parametresi terminalde bir bip sesi çıkmasını sağlar. /F5.2 parametresi çıktının formatlı olarak düzgün basılması içindir. Yukarıdaki komut satırının çıktısı;

Değişkenin değeri 12.75

olarak bulunur.

VAL-2'de INPUT ve IOGET komutları ile diğer dijital birimlerle haberleşilebilir. Bu komutla dijital parçaya mesaj gönderir ya da alır. Örnek:

IOOUTPUT OUTBUF = LENGTH

komutu ile OUTBUF adresine LENGTH değişkeninin değeri aktarılır. Son olarak sistem eğer robotta analog INPUT/OUTPUT modülü varsa, robotun kontrol sinyallerini yönetebilir. Bu iş için iki fonksiyon

vardır. Bunlar ADC ve DAC'dır. ADC fonksiyonu, aşağıdaki gibi kullanılır:

$$\text{VAR5} = \text{ADC}(5)$$

Yukarıdaki komut ile analog girişin 5. bacağına akım saptanır ve bu VAR5 adındaki değişkene aktarılır. Bu değişkenin değeri -2048 ile 2047 arasında bir değer olabilir. VAL-2 de bir A/D çeviricinin bacaklarındaki gerilim sınırları -10 volt ile +10 volt arasındadır. Bu değerleri aşan bir durumda bir oran uygulanmalıdır. DAC komutu ile iki kanalın herhangi biri ile dışarı analog sinyal gönderilir. Bu iki kanal 0 veya 1 biti ile belirlenir. Örnek:

$$\text{DAC1} = \text{VAR1}$$

Çıkış sinyali VAR1 değişkeninin değerini bir nolu kanaldan dışarı verir. Sinyal -10 volt ile +10 volt arası olabilir. D/A çeviricisi 12 bitlidir ve -2048 ile 2047 arası değerleri -10 volt ile +10 volt karşılık gelen değerlere çevrilir.

7.4.3. Sensör Komutları

IBM 7565 robot sistemi giriş çıkış üniteleri için, farklı donanımlarda sensorler, bekleyiciler ve diğer elemanlar kullanılır. Sistem 1 bitlik dijital giriş veya çıkışa sahip jak kullanabilmektedir. IBM 7565, 64 lojikel I/O tanımları önerir. Eğer robota sensor eklenirse, sensor komutları kendi sensorleri ile irtibata geçer.

INPUT / OUTPUT SENSOR

Giriş çıkış sensorleri için AML'de en önemli üç şey DEFIO, SENSIO ve MONITOR'dür. DEFIO komutu SENSIO ve MONITOR tarafından girilebilen lojikel bir I/O devresini tanımlamada kullanılır. DEFIO komutunun formatı aşağıda verilmiştir:

DEFIO (Grub, Tip, Format, Sibit, Uzunluk, Ölçü, Offset)

İlk beş parametre tavsiye edilen, son iki parametre ise seçilebilir. Grup I/O kanalını belirleyen, bir tamsayıdır. Tip bir giriş çıkış devre-

si önerir. Format I/O verilerinin şeklini belirleyen bir tam sayıdır. A1 anahtar 0 konumunda iken açık, 1 konumunda iken kapalı demektir. A2 anahtar 0 konumunda iken açık, 1 konumunda iken kapalıdır. Sıbit; I/O alanının başlangıç numarasını belirleyen bir tamsayıdır. Bit numaraları 0 dan 15 e kadar sıralanır (0 en sol bit). Tamsayı uzunluğu bit alanının uzunluğunu belirler. Bit alanı 1 den 16 ya kadar sıralanır.

DEFIO komutu SENSIO komutu tarafından kabul edilen bir bitin veya bit kümesinin tanımını dönüştürür. Dönüşüm I/O numarası olarak sınırlanır. I/O numarası her giriş çıkış işlemi için nümerik bir tanımlayıcıdır. Bu değer özel giriş çıkış işlemlerinde referans olarak kullanılır. SENSIO komutunun kullanım formatı:

SENSIO (x, y)

X, uygulanacak giriş çıkış değerlerine karar verir. 10'un üzerindeki x'ler tek bir SENSIO komutu içinde belirlenebilir. 10 I/O'lar aynı komutla çalıştırılabilirler. Y (şablon) giriş işlemleri için şablon veya çıkış işlemlerinde kullanılan veriler için bir tam sayıdır. DEFIO ve SENSIO durumlarının kullanılma şekli ile ilgili bir örnek, aşağıda verilmiştir:

DEFIO (21,0,1,0,1);

1016

SENSIO (1016,INT)

DEFIO'daki 21, kanal 21'i gösterir. İkinci değer olan 0 (sıfır) tipin INPUT olduğunu belirler. Üçüncü değer olan 1 ile de format belirtilir, dördüncü değer olan 0 alanın birinci bitini belirtir ve son değer olan 1 ise; 1 bit uzunlukta olduğunu gösterir.

7.5. Programlama

Bu kısımda robot programlamada kullanılan ACL komut ve fonksiyonları işlenecektir. YÖK/Dünya Bankası II. Endüstriyel Eğitim Projesi kapsamında bulunan Fırat, Gazi ve Marmara Teknik Eğitim Fakültelerine, masa üstü SCORBOT-ER V Plus robotları gönderilmiştir. Bu fakülteler Teknik ve Endüstri Meslek Liselerine öğretmen yetiştirmekte ve öğretmen adayları, robotik derslerinde ESHED ROBOTEC firmasının ürettiği SCORBOT-ER V Plus ve FISCHERTECHNIK firmasının ürettiği robot setleri üzerinde çalışarak eğitim görmektedirler. Bu durum göz önüne alınarak, bu bölümde SCORBOT-ER V Plus robotlarında kullanılan ACL (Advanced Control Language) robot programlama komut ve fonksiyonları, bir sonraki bölümde (8. ÜNİTE: PROJE UYGULAMALARI) ise FISCHERTECHNIK Firmasının ürettiği ve farklı otomasyon tasarımlarına imkân tanıyan masa üstü robotların montaj ve kontrollerinin nasıl yapıldığı anlatılacaktır.

7.5.1. ACL Programlamada Eksen Kontrol Komutları

MOVE

MOVE pos

Amaçlanan pozisyona eksende hareketi verebilmek için kullanılır. Direct ve edit modunda kullanılır.

MOVE pos süre

Amaçlanan pozisyona hareketi verirken, bu hareketin süresini de bildirir. Direct ve edit modunda kullanılır.

MOVE pos [süre]

MOVE komutu ile aynıdır. Amaçlanan pozisyona ulaşmaya kadar bir süre hareketi ertelemek için kullanılır. Edit modunda kullanılır.

MOVEC

MOVEC pos1 pos2

Doğrusal bir hızla bir pozisyondan diğerine hareketi sağlar. Direct ve edit modunda kullanılır.

MOVECD pos1 pos2

MOVEC komutu ile aynıdır. Aynı zamanda pozisyon 2'ye ulaşınca kadar hareketi engeller. Edit modunda kullanılır.

MOVEL

MOVEL pos

Doğrusal bir yörüngede, doğrusal bir hızla robotun amaçlanan pozisyona hareket etmesini sağlar. Direct ve edit modunda kullanılır.

MOVEL pos süre

Hareketin ne kadar süre yapılacağını bildirir. Direct ve edit modunda kullanılır.

MOVEL pos [süre]

Amaçlanan pozisyona ulaşınca kadar robotun hareketini bir süre engeller. Edit modunda kullanılır.

MOVES

MOVES pvect pos1 posn

Pozisyon 1 ile pozisyon n arasında robotun yumuşak bir hareket yapmasını sağlar. İki pozisyon arasında hız sabittir. Direct ve edit modunda kullanılır.

MOVES pvect pos1 posn süre

Yumuşak hareketin ne kadar sürede yapılacağını bildirir. Direct ve edit modunda kullanılır.

MOVESD pvect pos1 posn

İki pozisyon arasında yapılacak yumuşak hareketi bir süre ertelemek için kullanılır. Edit modunda kullanılır.

OPEN

OPEN

Tutucuların açılmasını sağlayan komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

OPEN var

Tutucuların açılması belirli bir kuvvetle sınırlandırılmıştır. (0<var<5000) Edit modunda kullanılır.

CLOSE

CLOSE

Tutucuların kapanmasını sağlayan komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

CLOSE var

Tutucuların belirtilen kuvvet değeri süresince kapamalarını gerçekleştiren komuttur (0<var<5000). Direct ve edit modunda kullanılır.

JAW

JAW var

Tutucuların kontrolünü sağlayan komuttur. Tutucu çeneleri bu komutla tamamen açık veya % olarak açık hâle getirilir. Bu işlem maksimum hızda gerçekleştirilir (0<var<100). Direct ve edit modunda kullanılır.

JAW var süre

Tutucu çenelerinin ne kadar süre açık kalacağını belirten komuttur. Edit modunda kullanılır.

CLRBUF**CLRBUF**

Tüm eksenlerde bufferin boş hareketini engelleyen komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

CLRBUFA/B

A veya B grubu robotların bufferlerin boş hareketini engelleyen komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

CLRBUF axis

Özel bir eksende bufferin boş hareketini engelleyen komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

SPEED**SPEED var**

Robotun hızını tayin eden komuttur ($0 < \text{var} < 100$). Direct ve edit modunda kullanılır.

SPEED {A/B} var

A ile B arasındaki hızı belirtir. Direct ve edit modunda kullanılır.

SPEED var axis

Robotun eksenindeki hızını belirtir. Direct ve edit modunda kullanılır.

SHOW SPEED

Robotun o anki hızını monitör ekranında gösteren komuttur. Direct modunda kullanılır.

EXACT

EXACT {A/B/C}

A,B,C grubu robotlarda hedeflenen pozisyona, robotu çalıştırmaksızın doğrudan ulaşmak için kullanılan komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

EXACT OFF {A/B/C}

Hedeflenen pozisyona doğrudan ulaşmayı iptal eder. Direct ve edit modunda kullanılır.

PROFILE

PROFILE TRAPEZE {A/B/C}

Yamuk profilinin çizdirilebildiği komuttur. Hareketin başlaması ve durdurulması, yüksek ve düşük ivmelerde gerçekleştirilebilir. Hız yönünün takibi süresince sabittir. Direct ve edit modunda kullanılır.

PROFILE PARABOLE {A/B/C}

Parabol profilinin çizdirilebildiği komuttur. Yüksek hızlara ulaşıldığında ivmelenme yavaştır. Direct ve edit modunda kullanılır.

CON

CON [A/B]

A ve B grubu robotların konumlarına ulaşip ulaşmadıklarının kontrolünü yapan komuttur. Direct modunda kullanılır.

CON axis

Robotun eksende konumuna ulaşip ulaşmadığını kontrol eder. Direct modunda kullanılır.

COFF

COFF [A/B]

A ve B grubu robotlar için CON komutunu devreden çıkarır. Direct modunda kullanılır.

COFF axis

Eksen boyunca CON komutunu devreden çıkarır. Direct modunda kullanılır.

SET ANOUT

SET ANOUT [n]=DAC

Çıkış için DAC'ın giriş voltajını belirler. Bu değer milivolt olmalıdır ($-5000 < \text{DAC} < 5000$). Direct, edit ve prev modunda kullanılır.

SHOW DAC axis

Eksende DAC'ın o anki voltaj değerini milivolt olarak gösterir. Direct modunda kullanılır ($1 < \text{axis} < 11$).

INT

INT_ON axis1.....axis4

Bu bir hata modudur. Eksenlerde hata kontrolü yapan komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

INT_OFF axis1.....axis4

Hata modunu (INT_ON' u) devreden çıkarır. Direct ve edit modunda kullanılır.

TON

TON [n]

Tüm eksenlerde veya özel bir eksen de termik motorların korunmasını sağlar. Bu komut sadece direct modunda kullanılır. Diğer modlarda kullanılmaz.

TOFF

TOFF [n]

Termik motorların korunmasını sağlayan TON [n]'i devreden çıkarır. Direct modunda kullanılır.

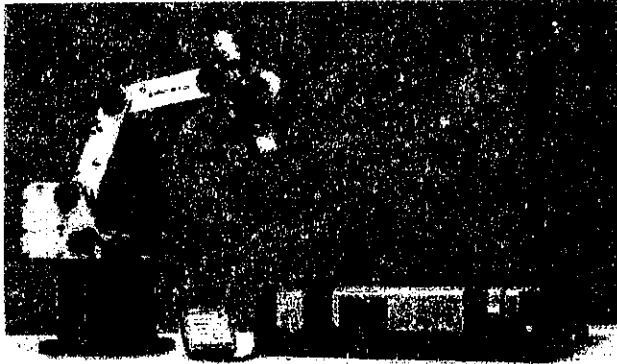
HOME

HOME [n]

Robot ile kontrolörü birbirine tanıtan komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

HHOME n

Robot ile kontrolörü belirli bir süre için birbirine tanıtır. Direct ve edit modunda kullanılır. Resim 60'da SCORBOT-ER V Plus robotuna ait resim görülmektedir.



Resim 60: SCORBOT-ER V Plus robotu

LSON

LSON

Kontrolörün, giriş sensörlerinin (algılayıcılarının) HOME komutu ile belirlenen eksenle bağlantısını sağlayan bir anahtarlama-
dır. Direct ve edit modunda kullanılır.

LSOFF

LSOFF

LSON ile yapılan anahtarlama-
yı keser. Direct ve edit modunda kullanılır.

CLR

CLR n

Robotun, kullanıcının-arzu ettiği herhangi bir durumunu sıfırlama-
sı sağlanır. Direct ve priv modunda kullanılır.

CLR *

Tüm kodların sıfırlanması sağlanır. Direct ve priv modunda kulla-
nılır.

TEST

TEST

Kontrol amaçlı bir komuttur. Eksen boyunca hareketin işleme
uygun olarak hareket edip etmediğinin kontrolü yapılır.

Radyo dalgası ile yapılan mikro anahtarlama işlemi ve I/O kont-
rolleri de bu komutla yapılır. Direct modunda kullanılır.

KOMUTU

~ veya <ctrl>+M

El veya otomatikçe alma komutudur. Yani robotu terminalden veya klavyeden direkt olarak kontrol etmek için kullanılır. Direct modunda kullanılır.

7.5.2. ACL Programlamada Giriş/Çıkış Kontrol Komutları**DISABLE**

DISABLE {IN/OUT} n

Bu komutla, fiziksel giriş ve çıkışların, normal sistem kontrolünden bağlantısı kesilir. Direct modunda kullanılır ($1 < n < 16$).

DISABLE ?

Ulaşılamayan tüm giriş ve çıkışlar ekrana listelenir. Direct modunda kullanılır.

ENABLE

ENABLE {IN/OUT} n

Fiziksel giriş ve çıkışların normal sistem kontrolörüne bağlantısını tekrar yapar. Direct modunda kullanılır ($1 < n < 16$).

FORCE

FORCE {IN/OUT} n {0/1}

Farklı durumlardaki, giriş ve çıkışta sağlanamayacak kuvvetleri göstermede kullanılır. Direct modunda kullanılır.

$1 < n < 16$ 0=kapalı, 1=açık

FORCE ?

Ulaşılamayan tüm giriş ve çıkıştaki kuvvetleri göstermede kullanılır. Direct modunda kullanılır. DISPLAY: 0=kapalı , 1=açık

SHOW

SHOW DIN

16 Girişin hepsinin durumunu uygulayabilme komutudur. Direct modunda kullanılır. DISPLAY: 1=AÇIK , 0=KAPALI

SHOW DOUT

16 Çıkışın hepsinin durumunu uygulayabilme komutudur. Direct modunda kullanılır. DISPLAY: 1=AÇIK , 0=KAPALI

SET

SET OUT [n] = {0/1}

Çıkış portlarının set edilmesini sağlayan komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır. $1 < n < 16$ 0=kapalı , 1=açık

IF

IF IN[n] = {0/1}

Girişleri isteğe göre ayar yapan komuttur. Edit modunda kullanılır. $1 < n < 16$ 0=kapalı , 1=açık

TRIGGER

TRIGGER prog BY {IN/OUT} n {0/1}

Giriş ve çıkış durumlarında yapılan şartlı değişikliklerin programlanmasında kullanılan komuttur. Edit modunda kullanılır. $1 < n < 16$ 0=kapalı , 1=açık

7.5.3. ACL Programlamada Kontrol Komutları

RUN

RUN prog

İstenilen programı çalıştırır. Direct ve edit modunda kullanılır.

RUN prog peryot

Programı ilk önce başlaması gereken durumla başlatır. Direct ve edit modunda kullanılır.

A

A veya <ctrl>+A

Çalışan herhangi bir programı acilen durdurur. Direct modunda kullanılır.

A prog

İstenilen programı durdurur. Direct modunda kullanılır.

STOP

STOP

Çalışan tüm programları durdurur. Edit modunda kullanılır.

STOP prog

Özel olarak çalışan programı durdurur. Edit modunda kullanılır.

SUSPEND

SUSPEND prog

Programı istenen durumda durdurur. Direct ve edit modunda kullanılır.

CONTINUE

CONTINUE prog

SUSPEND komutu, durdurulan bir programı kaldığı yerden tekrar başlatır. Direct ve edit modunda kullanılır.

PRIORITY

PRIORITY prog var

Programların başlama sürelerini setleyen komuttur. Edit modunda kullanılır. $1 < \text{var} < 10$

SET

SET var=zaman

Yeni değer için set yapar. Direct ve edit modunda kullanılır.

DELAY

DELAY var ..

İstenilen değer kadar programda gecikme sağlar. Edit modunda kullanılır.

WAIT

WAIT var1 oper var2

Operasyonel şart sağlanıncaya kadar programı durdurur ve şart sağlandıktan sonra program işleyişine kaldığı yerden devam eder. Edit modunda kullanılır.

oper: <, >, =, <=, >=, <>

PEND

PEND var1 FROM var2

Sıfır olmayan, bir başka giriş değerine kadar programı durdurur. Edit modunda kullanılır.

POST

POST var3 TO var2

Birinci yazılan değeri, ikinci yazılan değere atar. Edit modunda kullanılır.

QPEND

QPEND var1 FROM array

Var1 değişkeninden kütük değerine kadar programı durdurur. Edit modunda kullanılır.

QPOST

QPOST var3 TO array

POST komutu ile aynıdır. Yalnız burada birinci yazılan değişken değeri, kullanıcının belirlediği bir kütüğe atanır. Edit modunda kullanılır.

7.5.4. ACL'de Pozisyon Tanımlama ve Kullanma Komutları

DEFP

DEFP [A/B] pos

A ve B grubu robotlar için pozisyon tayini ve tanıtımını yapar. Direct ve edit modunda kullanılır.

DEFPC pos axis

Eksende pozisyonun tanıtımını yapar. Direct ve edit modunda kullanılır. $1 < \text{axis} < 12$

DIMP

DIMP [A/B] vect [n]

A ve B grubu robotlarda pozisyonu vektörel olarak tanımlar. Direct ve edit modunda kullanılır.

DIMPC vect[n] axis

Eksende pozisyonu vektör olarak tanımlar. Direct ve edit modunda kullanılır.

DELP

DELP pos

Tanımlanan noktaları hafızadan silen komuttur. Direct ve edit modunda kullanılır.

DELP pvect

Tanımlanan vektörel pozisyonları bellekten siler. Direct ve edit modunda kullanılır.

UNDEF

UNDEF pos

Tanımlanan noktasal pozisyonları geçici olarak iptal eder. Direct ve edit modunda kullanılır.

UNDEF pvect

Tanımlanan vektörel pozisyonları geçici olarak iptal eder. Direct ve edit modunda kullanılır.

HERE

HERE pos

Robotun istenilen pozisyona hareketini sağlar. Yalnızca tek bir pozisyon için kullanılır. Direct ve edit modunda kullanılır.

HERER

HERER pos

İstenilen pozisyona bir anlık geçişi sağlar. Direct modunda kullanılır.

HERER pos2 pos1

İlk yazılan pozisyonun konumundan, ikinci yazılan pozisyona hareketi sağlar. Direct ve edit modunda kullanılır.

TEACH

TEACH pos

Robotun hareketinden önce, kartezyen noktalarda herhangi bir noktayı kurmak için kullanılır. Direct modunda kullanılır.

TEACHR

TEACHR pos

Robotun bir anlık hareketi için, herhangi bir noktanın kurulmasını sağlar. Direct modunda kullanılır.

TEACHR pos2 pos1

Birinci verilen pozisyondan hemen sonra, ikinci pozisyona robotun hareketini gerçekleştirebilmesi için, ilgili pozisyonların noktalarının kurulmasını sağlar. Direct modunda kullanılır.

SETP

SETP pos2=pos1

İkinci verilen pozisyonu, birinci verilen pozisyona atar. Direct ve edit modunda kullanılır.

SHIFT

SHIFT pos BY axis var

Yeni değerler atamak için veya önceki atanmış değerleri değiştirmek için kullanılır. Direct ve edit modunda kullanılır. $1 < \text{axis} < 12$

SHIFTC pos BY coord var

Yeni koordinat değerleri atamak veya önceki koordinat değerlerini değiştirmek için kullanılır. Direct ve edit modunda kullanılır.
Coord={X/Y/Z/P/R}

ATTACH

ATTACH pvect

Özel bir vektör ile ifade edilen herhangi bir noktayı, pozisyon olarak kaydeder ve kaydedilen bu vektörü, robot üzerinde aktif hâle getirir. Direct modunda kullanılır.

ATTACH OFF{A/B/C}

Kaydedilen vektörleri A, B veya eksenden iptal eder. Direct modunda kullanılır.

ATTACH ?

Kaydedilen tüm vektörleri ekranda gösterir. Direct modunda kullanılır.

7.5.5. ACL'de Değişken Tanımlama ve Kullanma Komutları**DEFINE**

DEFINE var1.....var12

Özel değişkenleri tanımlar. Bu komutun bir tanesi ile 12 değişken aynı anda tanımlanabilir. Edit modunda kullanılır.

GLOBAL

GLOBAL var1.....var12

Herkes tarafından kullanılan ve bilinen değişkenler tanımlanır. Direct ve edit modunda kullanılır.

DIM

DIM var[n]

Boyutlu (vektörel) olan özel değişkenler tanımlanır. Edit modunda kullanılır.

DIMG var[n]

Boyutlu olan genel değişkenleri tanımlar. Direct ve edit modunda kullanılır.

DELVAR

DELVAR

RAM kullanıcılarından değişkenlerin iptalini sağlar. Direct ve edit modunda kullanılır.

SET (Aritmetik ve logaritmik fonksiyonlar)

SET var1=var2

İkinci değişkeni birinci değişkene atar. Direct ve edit modunda kullanılır.

SET var1 NOT var2

İkinci değişken ile birinci değişkeni karşılaştırır. Direct ve edit modunda kullanılır.

SET var1=COMPLEMENT var2

İkinci değişkeni ile birinci değişken ile tamamlama (ekleme) iş-
lemi yapar. Direct ve edit modunda kullanılır.

SET var=ABS var2

İkinci değişkenin mutlak değerini alarak, birinci değişkene atar.
Direct ve edit modunda kullanılır.

SET var1=var2 oper var3

İkinci ve üçüncü değişkenlerin işlemlerinin sonucunu, birinci
değişkene atar. Direct ve edit modunda kullanılır.

Oper: +, -, *, /, SIN, COS, TAN, ATAN, EXP, LOG, MOD, OR, AND

7.5.6. ACL'de Program Akış Komutları

IF

IF var1 oper var2

Birinci değişken ile ikinci değişkeni aritmetik operasyoneller ile
karşılaştırır. Edit modunda kullanılır.

Oper: <, >, =, <=, >=, <>

ANDIF

ANDIF var1 oper var2

IF komutu ile aynıdır. Yalnız IF komutundan sonra kullanılır.
Birden fazla karşılaştırma yapmak için kullanılan bir komuttur. Edit
modunda kullanılır.

ORIF

ORIF var1 oper var2

IF veya ANDIF komutu ile aynıdır. IF komutundan sonra ve bir-
den fazla şartın karşılaştırılması durumunda kullanılır. Edit modunda
kullanılır.

ELSE

ELSE

IF komutundan sonra ve IF komutuyla yapılan karşılaştırmanın devamında kullanılan bir komuttur. Edit modunda kullanılır.

ENDIF

ENDIF

IF komutu ile başlatılan karşılaştırma işlemlerini sonlandırır. Edit modunda kullanılır.

FOR

FOR var1=var2 TO var3

Döngü komutudur. İkinci değişkenden başlayarak artma miktarı belirtilmezse birer birer artarak, üçüncü değişkene kadar döngü içerisindeki işlemlerin yapılmasını sağlar. Edit modunda kullanılır.

ENDFOR

ENDFOR

FOR komutu ile başlayan döngüyü sonlandıran komuttur. Edit modunda kullanılır.

LABEL

LABEL n

Aynı program içerisinde GOTO komutu ile birlikte kullanılır. Dallanma yapmak için kullanılan bir komuttur. Dallanma yapılacak satırı n değişkeni belirler. Edit modunda kullanılır. $1 < n < 9999$

GOTO

GOTO n

'n' değişkeni ile tanımlanan LABEL satırına dallanmayı sağlayan komuttur. Edit modunda kullanılır. $1 < n < 9999$

GOSUB

GOSUB prog

Başka bir programa (alt programa) dallanmayı sağlayan komuttur. Dallanılan program tamamlanıncaya kadar, ana program durdurulur. Edit modunda kullanılır.

7.5.7. ACL'de Konfigürasyon Komutları

CONFIG

CONFIG

Durum kontrolörleri ile herhangi bir işlemi gerçekleştirmeyi sağlayan komuttur. Direct modunda kullanılır.

CONFIG ?

Konfigürasyon kontrolünü görebilmek için kullanılır. Direct modunda kullanılır.

LET PAR

LET PAR n=var

Sistem parametlerinin değerlerini değiştirmek için kullanılır. Direct ve priv modunda kullanılır.

SHOW PAR n

'n' parametresinin değerini gösterir. Direct modunda kullanılır.

INIT

INIT EDITOR

Kullanıcı RAM'ındaki pozisyon, program ve değişkenlerin tamamını siler. Direct modunda kullanılır.

INIT CONTROL

LET PAR ile atanan yeni değişken değerlerini, eskisi ile tekrar değiştirmek için kullanılır. Direct modunda kullanılır.

INIT PROFILE

Profil hızlarını 76 parametre değeri ile ilk haline getirmek için kullanılır. Direct modunda kullanılır.

7.5.8. ACL'de Rapor Komutları

ATTACH

ATTACH ?

Kaydedilen tüm vektörleri gösteren komuttur. Direct modunda kullanılır.

CONFIG

CONFIG ?

Durum kontrolörlerini gösterir. Direct modunda kullanılır.

DISABLE

DISABLE ?

Ulaşılamayan tüm giriş ve çıkışları ekrana listeler. Direct modunda kullanılır.

FORCE

FORCE ?

Ulaşılamayan tüm giriş ve çıkış kuvvetlerini ekrana listeler. Direct modunda kullanılır.

SHOW

SHOW DIN

16 girişin hepsinin uygulanabilmesine imkân tanır. Direct modunda kullanılır. DISPLAY : 1=INPUT ON , 0=INPUT OFF

SHOW DOUT

16 çıkışın hepsinin uygulanabilmesine imkân tanır. Direct modunda kullanılır. DISPLAY : 1=OUTPUT ON , 0=OUTPUT OFF

SHOW DAC axis

DAC' ın ekseninde milivolt olarak değerini gösterir. Direct modunda kullanılır. $1 < axis < 12$

SHOW PAR n

'n' parametresinin değerini gösterir. Direct modunda kullanılır.

SHOW SPEED

Robotun o anki hızını gösterir. Direct modunda kullanılır.

STAT

STAT

Programların ismi, başlama noktası ve durumu gibi aktiviteleri gösterir. Direct modunda kullanılır.

VER

VER

ACL EPROM gösterimini görmek için kullanılan komuttur. Direct modunda kullanılır.

FREE

Boş olan kullanıcı hafızalarını listeleyen komuttur. Direct modunda kullanılır.

DIR

Kullanıcının yapmış olduğu tüm programların isim listesini verir. Direct modunda kullanılır.

LIST

LIST [prog]

İlgili programın listesini verir. Direct modunda kullanılır.

LISTP

Tüm pozisyonların listesini verir. Direct modunda kullanılır.

LISTPV pos

İstenilen pozisyonun listesini verir. Direct modunda kullanılır.

LISTVAR

Atanmış olan tüm değişkenlerin listesini verir. Direct modunda kullanılır.

SEND

SEND

Değişken, program ve pozisyonları RECEIVE/APPEND formatında gösterir. Direct modunda kullanılır.

SEND prog

İstenen programı RECEIVE/APPEND formatında gösterir. Direct modunda kullanılır.

SENDPROG

Tüm programları RECEIVE/APPEND formatında gösterir. Direct modunda kullanılır.

SENDPOINT

Sadece pozisyonları RECEIVE/APPEND formatında gösterir. Direct modunda kullanılır.

SENDVAR

Sadece değişkenleri RECEIVE/APPEND formatında gösterir.

SENDPAR

Sadece sistem parametrelerini RECEIVE/APPEND formatında gösterir.

7.5.9. ACL'de Arabirim Kullanıcı Komutları**QUIET**

Programı, ekranda çalıştırmayı sağlayan komuttur. Direct modunda kullanılır.

NOQUIET

Programın ekranda gözükerek çalışmasını sağlar. Direct modunda kullanılır.

ECHO

Kontrolöre gönderilen karakterlerin ekranda görülmesini sağlar. Direct modunda kullanılır.

NOECHO

Kontrolöre gönderilen ve klavyeden girilen karakterlerin ekranda görülmesini engeller. Direct modunda kullanılır.

HELP

Çalışma durumunda (yöneticiden) yardım istenmesini sağlar. Edit modunda kullanılır.

DOHELP

Yardım için DIRECT komut olarak kullanılır.

PRINT

PRINT "ROBOTİK"

Sütun olarak tırnak içindeki diziyi ekrana yazdırır. Direct ve edit modunda kullanılır.

PRINT var1

Değişken değerini ekrana yazdırır. Direct ve edit modunda kullanılır.

PRINTLN

PRINT komutu ile kullanımı aynıdır. Yalnız yeni bir satıra çıktı vermeyi sağlar. Edit modunda kullanılır.

READ

READ "değer" var

Klavyeden değişken değerinin girilmesini bekler ve girilen değeri sütun olarak ekrana yazdırır. Edit modunda kullanılır.

GET

GET var

Klavyeden herhangi bir karaktere basılıncaya kadar beklemeyi sağlar. Edit modunda kullanılır.

DO

DO Editcom

Kontrolörü, direkt komut modundan edit komut moduna geçirmek için kullanılan bir komuttur. Direct modunda kullanılır.

7.5.10. ACL'de Program Kullanma Komutları**COPY**

COPY prog1 prog2

Birinci yazılan programı, ikinci yazılan program adı altında kopyalamayı sağlar. Direct modunda kullanılır.

RENAME

RENAME prog1 prog2

Birinci yazılan program adını, ikinci yazılan program adı ile değiştirir. Program adı değiştirme işlemini yapan komuttur. Direct modunda kullanılır.

REMOVE

REMOVE prog

RAM kullanıcılarından programın silinmesini sağlar. Direct modunda kullanılır.

EDIT

EDIT prog

Edit moduna programın kaydedilmesini yapan komuttur. Direct modunda kullanılır.

344.

7.5.11. ACL'de Düzen Komutları

S

S

Programın birinci satırına gitmeyi sağlar. Edit modunda kullanılır.

S n

lır.

Programın 'n' inci satırına gitmeyi sağlar. Edit modunda kullanılır.

P

nılır.

Programın bir önceki satırına gitmeyi sağlar. Edit modunda kullanılır.

L

L n1 n2

Sadece n1 ile n2 arasında programın çalışmasını sağlar. Edit modunda kullanılır.

DEL

Programın akış hattı silinir. Edit modunda kullanılır.

*

• AÇIKLAMA

•

Açıklama satırı yazılmasını sağlar. Açıklama satırı en fazla 40 karakterden oluşmalıdır. Edit modunda kullanılır.

@

@ DIRECT com

Çalışan kullanıcı programlarındaki direkt komutların tiplerini belirtir. Edit modunda kullanılır.

EXIT

Editörlerden çıkmayı ve program değerlerinin kontrol edilmesini sağlar. Edit modunda kullanılır.

END

Programın sonlandırılmasını sağlayan komuttur. Edit modunda kullanılır.

7.5.12. RS232 İletişim Komutları**SENDCOM**

SENDCOM n var

Değişken veya sabit ile özelleştirilmiş (atanmış) değerler RS232 kapıları ile de özelleştirilir. (1 baytlık yer işgal eder.)
'n'=RS232 COM port ; $1 < n < 9$

GETCOM

GETCOM n var

RS232 kapağı ile özelleştirilen değerden 1 baytlık yer ayrılır ve değer saklanır. Edit modunda kullanılır. $1 < n < 9$

PRCOM

PRCOM n arg1 [arg2 arg3]

Değişkenler RS232 kapağına taşınır. Edit modunda kullanılır.

PRLNCOM

PRLNCOM n arg1 [arg2 arg3]

Değişkenler birer satır atlanarak RS232 kapağına taşınır. Edit modunda kullanılır. $1 < n < 9$

READCOM

READCOM n var

Klavyeden girilen değerler RS232 kapısına taşınır. Edit modunda kullanılır.

CLRCOM

CLRCOM n

RS232 kapısına taşınan en son değerleri iptal eder. Edit modunda kullanılır. $1 < n < 9$

7.5.13. Yaygın Olarak Kullanılan ACL Komutları ve Uygulamalar**GOTO ve LABEL**

GOTO ve LABEL komutları şartsız ve sonsuz döngü komutlarıdır. Aynı program içerisinde beraber kullanılırlar. Diğer bazı programlama dillerinde (QBASIC, FORTRAN) olduğu gibi GOTO komutu tek başına kullanılmaz.

LABEL komutu, programlarda 'n' gibi bir notasyon ile birlikte kullanılır. Burada n notasyonu programda gelinecek noktayı gösterir. (LABEL n)

GOTO komutu ise, program akışının LABEL satırına atlamasını sağlayan komuttur. Bu komut da 'n' notasyonu ile birlikte kullanılmalıdır. (GOTO n)

Örneğin, yapılmış olan bir programda GOTO 10 satırı ile karşılaşıncı, aradaki diğer satırlar atlanarak LABEL 10 satırına dallanma yapılır. Bu işlem bilgisayara dışarıdan müdahale edilmediği sürece sonsuza kadar devam edecektir.

ÖRNEK PROGRAM**PROG1**

```

LABEL 2
PRINTLN "ROBOTİK"
PRINTLN "DERSİNE"
PRINTLN "HOŞGELDİNİZ"
GOTO 2
END

```

Yukarıda verilen örnek programda, LABEL ve GOTO komutlarının program içerisindeki kullanımlarını göstermektedir. Bu programda ileride göreceğimiz PRINTLN ve END komutları kullanılmıştır. Burada PRINTLN komutu çıktı almak için, END komutu ise programı sonlandırmak için kullanılmıştır. Bu program RUN komutu ile çalıştırılarak;

```

ROBOTİK
DERSİNE
HOŞGELDİNİZ

```

çıktısı alınacak ve sonra GOTO 2 komutu ile program şartsız olarak LABEL 2 komutunun bulunduğu satıra dallanarak, PRINTLN komutu ile alınacak çıktı tekrarlanacaktır. Bu işlem etki edilmediği sürece sonsuza kadar devam edecektir. Bu programda END komutunun herhangi bir işlevi bulunmamaktadır. Çünkü, program hiçbir zaman END komutunun bulunduğu satıra geçemeyecektir.

ABORT

ABORT komutu, yukarıda verilen örnek programda GOTO ve LABEL komutlarıyla kullanılarak gerçekleştirilen sonsuz döngüyü durdurmak veya benzeri durumlar için çok kullanılan bir komuttur. Sonsuz döngü veya başka amaçla bir programı durdurma işlemini iki şekilde yapmak mümkündür:

1-ABORT <enter>

2- ^ (CTRL key) a, ile a karakterini durdurma işlevi için tanımlayarak
a <enter>

Bu komutu, robot yanlış bir işlevi yerine getirirken kullanabiliriz. Çünkü bu komut, robotun hareketini çok hızlı bir şekilde durduracak ve yanlış işlevini yerine getirmesini engelleyecektir. ABORT komutunu, bir nevi "imdat komutu" olarak adlandırabiliriz.

SET

SET komutu, ekleme modunda veya direkt komutlarla değişkenin değerini işaret eder. Değişkenlere değer atamada kullanılan bir komuttur.

```
SET MYVAR=80
PRINTLN MYVAR
```

Yukarıdaki örnekte, MYVAR değişkenine 80 değeri atanmış oldu. SET komutu ile atanan değerler, kullanıcı tarafından değiştirilmediği ve silinmediği sürece sürekli saklı tutulur. Programlarda sıkça kullanılan değerler SET edilerek bellekte saklanır.

READ

Programın çalışması esnasında, kullanıcıdan klavye yardımıyla değer ataması yapılmasını gerçekleştiren komuttur.

```
READ var1
```

Program içerisinde yukarıdaki gibi bir kullanım mevcut ise, RUN komutu ile program çalıştırıldıktan sonra READ komutunun önünde tanımlanan değişkene dışarıdan değer ataması için bilgisayar bekleyecektir. Klavyeden bir değer girilip enter yapıldıktan sonra ilgili program işleyişine devam edecektir. Görüldüğü gibi READ komutu ile atanan değerler bir defaya mahsus olarak kullanılmaktadır. Fakat SET komutu ile atanan değerler kullanıcı tarafından değiştirilmediği sürece bellekte saklı tutuluyordu.

```
READ var1
PRINTLN "var1' in değeri=" var1
END
```

RUN ile program çalıştırılır ve klavyeden değer girilmesi için bekler. Klavyeden 3 değerinin girildiği düşünülürse, ekrana 3 değeri yazdırılacaktır.

DELVAR

Herhangi bir değişkene SET ile atanan değeri iptal etmek için kullanılan bir silme komutudur.

```
DELVAR MYVAR <enter>
```

Yukarıdaki gösterimde, MYVAR değişkenine atanan değeri iptal eder.

FOR

FOR döngü komutu, şartlı ve programcının kendisinin belirlediği sınırlar içerisinde döngü kurabilmesini sağladığı komuttur. Bu döngü program içerisinde FOR.....TO..... satırı ile başlar ve ANDFOR satırı ile son bulur.

```
FOR I=1 TO 30
PRINTLN "ROBOTİK"
ANDFOR
```

Yukarıdaki örnek program parçasında, 1 ile 30 arasında programı işleterek PRINTLN komutu ile ROBOTİK dizisi yazdırılacaktır.

FOR - ANDFOR döngülerini diğer programlama dillerinde olduğu gibi iç içe kullanmak mümkündür. Bu döngülerin çakışma durumu gibi bir dezavantajı yoktur. Çünkü, ACL'de kullanılan FOR döngülerinin hepsi de ANDFOR tanımlaması ile bitmektedir. Çünkü, ACL programlamada ANDFOR komutu, herhangi bir rotasyon ile birlikte kullanılmaktadır. Her FOR döngüsü ANDFOR ile bitmektedir.

FOR Döngü komutuyla ilgili örnek programlar**ÖRNEK PROGRAM****PROG2**

```

PRINTLN
READ "Bir nümerik değer giriniz." NUM
PRINTLN
FOR I=1 TO NUM
PRINT NUM ","
ENDFOR
END

```

Program RUN ile çalıştırıldıktan sonra, "Bir nümerik değer giriniz" satırı ile karşılaşılacak ve,
10 <enter>

10,10,10,10,10,10,10,10,10,10 çıktısı ekranda belirecektir.

ÖRNEK PROGRAM**PROG3**

```

PRINLN
READ "Bir değer giriniz." DEG
FOR I=1 TO DEG
PRINTLN
FOR J=1 TO DEG
PRINT "*"
ENDFOR
ENDFOR
END

```

8 <enter> (Klavyeden girilmesi istenen DEG değeri)

```

*****
*****
*****
*****
****
***
**

```

* ıktısı elde edilecektir.

ÖRNEK PROGRAM**PROG4**

```

PRINTLN
READ "Başlama değerini giriniz." ILK
PRINTLN
FOR I=1 TO ILK
PRINTLN
FOR J=1 TO ILK
PRINT " "
ENDFOR
SET 2I=2*I
FOR K=1 TO 2I
PRINT "*"
ENDFOR
ENDFOR
END

```

Yukarıdaki program için, 6 <enter> değeri girilince;

```

      * *
    * * * *
  * * * * * *
* * * * * * * *
* * * * * * * * *
* * * * * * * * * *

```

Çıktısı elde edilecektir.

7.5.14. ACL'de Program Yönetim Komutları**DIR**

DIR komutu, hafızadaki programların ismen listesini verir (Tablo 7).

DIR <enter>

Name	Validity	Idendity	Priority
Prog 1		1	5
Prog 2		2	5
Prog 3		3	5
Prog 4		4	5

Tablo 7: Hafızadaki programların listesinin DIR komutu ile ekrana yansıtılması

LIST

Bu komut, istenilen programın listesinin ekranda görülmesini sağlar.

LIST prog 2 <enter>

```

                PROG2
PRINTLN
READ "Bir nümerik değer giriniz." NUM
PRINTLN
FOR I=1 TO NUM
PRINT NUM ";"
ENDFOR
END

```

RENAME

RENAME komutu, herhangi bir programın içeriğine dokunmadan sadece ilgili programın ismini değiştirmek için kullanılan komuttur. Bir anlamda kısaca bu komuta, yeniden isimlendirme komutu denilebilir.

RENAME PROG3 PROGX <enter>

Yukarıdaki yazılıma göre, RENAME komutundan sonra yazılan PROG3 yerine, programın ismi PROGX olarak değiştirilmiş olmaktadır.

COPY

Bu komut, herhangi bir programın yeni bir isim altında içeriği ile birlikte kopyalanmasını sağlayan komuttur.

COPY PROG1 DUMMY <enter>

Yukarıdaki yazılıma göre, PROG1 programı DUMMY olarak yeni isim altında kopyalanmıştır.

REMOVE

REMOVE komutu, kontrol hafızasından (memory) programların iptal edilmesini sağlayan komuttur.

REMOVE DUMMY <enter>

Yukarıda verilen formata göre, DUMMY isimli programın kontrol hafızasından silinmesi amaçlanmıştır. Yalnız burada bir kontrol mekanizması daha vardır. Yukarıdaki kullanımdan sonra bir onay mesajı olan;

Are you sure (Yes/No) ? (Eminmisiniz?)

Yazılımı ile karşılaşılacaktır. Burada DUMMY isimli program Yes <enter> onayından sonra silinebilecektir. Bu kontrol onayı sayesinde, programların yanlışlıkla silinmesi engellenebilmektedir.

7.5.15. ACL Programlamada Açıklama Satırı ve Kullanımı

Diğer bazı programlama dillerinde olduğu gibi, ACL programlama dilinde de açıklama satırı yazmak mümkündür.

* <Açıklama satırı>

Yukarıdaki gibi bir kullanım ile, yazılacak programlar hakkında açıklama yazılabilir. Fakat yazılacak açıklama satırı, her ' * ' için en fazla 40 karakterden oluşmalıdır.

7.5.16. SCORBOT Kontrolü İçin ACL Komutları

Herhangi bir robotu ACL komutları ile kontrol edebildiğimiz gibi, SCORBOT ile de kontrol edebilmekteyiz. SCORBOT, robota uygulama yaptırılacak bir nevi özet programlamadır. SCORBOT ile robota uy-

günlama yaptırabilme olanağını sağlayan, bazı ACL komutlarını kullanmak gereklidir. Bu ACL komutları, pozisyon sıralarını ve değişken kullanımlarını birleştirerek, SCORBOT ile robotu kullanabilme imkânını sağlar.

HOME

HOME komutu, SCORBOT ile ROBOT arasındaki bağlantıyı gerçekleştiren komuttur. Yani bu komut kısaca, robotun SCORBOT tarafından kontrol edilebilmesi için bir bağlantı komutudur.

HOME <enter>

Yazılımdan sonra ;

WAIT!! Homing... mesajı gelecek ve daha sonra;

Homing complete mesajı gelerek bağlantının yapıldığı belirtilecektir.

Böylece robot SCORBOT tarafından kullanıma hazır duruma getirilmiş olacaktır. Herhangi bir sebeple terminal kullanım dışı (elektrik kesintisi, robot bakımı vb.) olduğu durumlardan sonra, HOME komutunu kullanarak SCORBOT ile robotu set etmek gereklidir. Set işlemini gerçekleştirirken homing complete mesajı mutlaka ekranda görülmelidir.

HERE

HERE komutu, robotun yeni pozisyona hareketini içeren komuttur. Bu komuttan sonra bir rotasyon değeri belirtilir ve verilen bu rotasyon değerine göre robotun hareket edilmesi istenir.

HERE <n>

Burada "n" rotasyonu önceden atanmış olan herhangi bir nokta veya pozisyon değeridir.

HERE pos1 veya HERE 4

Yukarıdaki kullanımlara göre, robotun pos1 yönünde veya 4 numaralı nokta yönünde hareket etmesi istenmiştir. Burada hareket noktaları ya da pozisyonlar daha önceden atanmış ve belleğe gönderilmiş olmalıdır. Yukarıda verilen her iki örnekte de robot hareketini, yeni bir hareket noktası veya pozisyonu verilinceye kadar devam ettirir.

HERER

HERER komutu, bir pozisyonun diğer bir pozisyona bağlı olarak hareketini tanımlar ve bu harekete müsaade eder.

HERER <n> <m>

Yukarıda verilen formata göre "n", kurulmuş olan pozisyonu "m", hareket edilmesi istenen pozisyonu ifade eder.

HERER 6 5

Burada, koordinatları önceden atanmış olan 6 numaralı pozisyondan 5 numaralı pozisyona robotun hareket etmesi istenmektedir.

HERER komutunun tek pozisyon için de, kullanımı mümkündür. Bu kullanımda istenilen pozisyona robotun anlık geçişini sağlamak amacı güdülmüştür.

HERER 2

Yukarıdaki yazılımda robotun 2 numaralı pozisyona bir anlık geçişi gayesi vardır.

MOVE

MOVE komutu, robotun seri hareketlerini gerçekleştiren ve robotun amaçlanan pozisyona eksende hareketini verebilmek için kullanılan komuttur.

MOVE 4
MOVE 3
MOVE 6
MOVE pos1

Yukarıda örnek gösterimde, robotun sırasıyla 4,3,6,poz1 pozisyonlarının yönünde eksende hareket etmesi amaçlanmıştır.

MOVED

MOVED komutu, MOVE komutu gibi robotun eksende seri hareketlerini gerçekleştirmek için kullanılır. Fakat MOVE komutundan farklı olarak, amaçlanan pozisyona robot ulaşınca kadar hareketi engeller. Yani MOVED komutu kendisinden robotu hareket ettirmesi istenen pozisyondan önce, robotun önceki hareketini bitirmesini sağlar. Bundan sonra robotun hareket ettirilmesi gereken pozisyona, hareketi sağlanır.

MOVED pos1

Robotun kendisinden önceki hareketini bitirmesini bekler ve daha sonra robotu pos1 yönünde hareket ettirir.

MOVED pos1 [süre]

Robotun kendisinden önceki hareketini bitirmesini istenilen süre kadar bekletir.

7.5.17. Robotun El ile Kontrolü

Robotu ACL komutları ile kontrol ettiğimiz gibi, bu kontrolü klavye yardımıyla direkt olarak da yapabiliriz. Öncelikle robot kontrolünü klavyeden kontrol edebilmek için, robotu bu moda geçirmemiz gereklidir. Bunu iki şekilde yapabilmekteyiz:

- 1- ~
- 2- ALT_M

Robotun el ile kontrolü, ACL komutlarıyla kontrolünden daha kısıtlıdır.

Robotu el ile kontrol edebilmek için programlanmış tuş tablosu aşağıdaki gibidir (**Tablo 8**).

Nokta Modu	Fonksiyonu	Hareket Yönü
1	Gövde ekseninde hareket	Sağa (Right)
Q	Gövde ekseninde hareket	Sola (Left)
2	Omuz ekseninde hareket	Yukarı (Up)
W	Omuz ekseninde hareket	Aşağı (Down)
3	Dirsek ekseninde hareket	Yukarı
E	Dirsek ekseninde hareket	Aşağı
4	Bilek ekseninde hareket	Yukarı
R	Bilek ekseninde hareket	Aşağı
5	Bilek döndürme hareketi	Sağa
T	Bilek döndürme hareketi	Sola
6	Tutucu kontrolü hareketi	Kapama
Y	Tutucu kontrolü hareketi	Açma

Tablo 8: SCORBOT'u el ile kontrol ederken kullanılan tuş tablosu

7.5.18. Pozisyon Tayini ve İptali

Robotun eksenlerde hareketini sağlamak için, yukarıdaki tabloda verilen alfa nümerik kodları tanımlamak gerekir. Bunu yapmak için DEFP komutu; tanımlanan nokta ve pozisyonları iptal etmek için DELP komutu kullanılır. Tanımlanan nokta ve pozisyonların listesini ise LISTP komutunu kullanarak görmek mümkündür.

DEFP

DEFP komutu, nokta ve pozisyonların tayin edilmesini ve programlamada kullanılabilmesi için, nokta ve pozisyonların tanıtımını gerçekleştiren komuttur.

DEFP 5

Yukarıdaki yazılım ile beşinci pozisyon olan bilek ekseninde sağa döndürme tanımlanmaktadır. Bu tanımlama yapıldıktan sonra MOVE, MOVED, MOVEC ve MOVES komutları kullanılarak robota istenilen bilek hareketi yaptırılabilir.

LISTP

LISTP komutu, tanımlanan pozisyonların listesini verir.

LISTP <enter>

Ekrana aşağıdaki tablo çıkacaktır (**Tablo 9**).

Port Name	Group	Axis
1	A	
2	A	
3	A	
4	A	
5	A	
Pos1	A	
Pos1	A	

Tablo 9: LISTP komutu kullanıldığında ekranda gözüken tablo

DELP

DELP komutu, tanımlanan pozisyon ve noktaların iptalini sağlayan komuttur.

DELP 3. <enter>

Yukarıdaki kullanım ile 3 numaralı pozisyonun iptali gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Yanlışlıkla silinmesi istenmeyen pozisyonların iptal edilmemesi için;

(Do you Really want To Delete That)
Point (Y/N)

Onay mesajı gelecektir. Bundan sonra "Y" <enter> ile 3 numaralı pozisyon iptal edilmiş olacaktır.

7.5.19. Kartezyen Koordinatlarda Noktanın Tayin Edilmesi

TEACH

TEACH komutu, robotu hareket ettirmeksizin, kartezyen noktalarda herhangi bir noktayı kurmak için kullanılır. Herhangi bir noktanın kurulması işlemi, milimetre olarak "X Y Z" koordinatları belirlenerek yapılmaktadır. Bu komutla tanımlanan noktaya robotun hareketi sağlanır.

X:3110 Y:360 Z:2180 P:-900 R:-900

TEACH 5

X_ [****] > 3110
 Y_ [****] > 360
 Z_ [****] > 2180
 P_ [****] > -900
 R_ [****] > -900

[****] : Bir önceki koordinat değeri.

P,R : Bilek ve tutucu hareketlerini sağlayan parametrelerdir.

Burada P ve R değerleri milimetre olarak girilebildiği gibi, derece olarak da girilebilmektedir.

Yukarıdaki örnekte, koordinat değerleri girildikten sonra robot, koordinat değerleri ile verilen noktaya hareket edecek ve bu noktadaki herhangi bir cismi tutacak ya da bırakacaktır.

Eğer girilen koordinat değerleri robot tarafından gerçekleştirilemeyecek türden değerlerden oluşuyorsa;

“Bad point coordinates”

Girilen noktanın koordinatı uygun değil anlamında bir mesaj gelerek, uygun koordinat değerlerinin tekrar girilmesi istenecektir.

ÖRNEK

DEFP pos3
 DEFP pos4
 DEFP pos5

Yukarıdaki program parçasında, pos3, pos4 ve pos5 pozisyonları tanımlanmaktadır. Şimdi ise TEACH komutunu kullanarak bu pozisyonların yeni koordinat değerleri girilebilir.

TEACH pos3

X_ [****] > 3800
 Y_ [****] > 2700
 Z_ [****] > 1820
 P_ [****] > 0
 R_ [****] > 0

TEACH pos4

X_ [****] > 4100
 Y_ [****] > -2200
 Z_ [****] > 1820
 P_ [****] > 0
 R_ [****] > 0

TEACH pos5

X_ [****] > 3400
 Y_ [****] > -1300
 Z_ [****] > 3700
 P_ [****] > -870
 R_ [****] > -900

Bu aşamadan sonra, yukarıda koordinatları belirli olan pozisyonların robot üzerindeki uygulamalarına ilişkin bir örnek program yazılabilir.

ÖRNEK PROGRAM

PROG5

* Bu program robotun bir cismi bir yerden
 * başka bir yere taşımalarını gerçekleştiren
 bir ACL programıdır.

MOVE pos4
 MOVE pos5
 MOVE pos3
 MOVE pos5
 END

Yukarıda yazılmış olan örnek program, robotun pos4 yönünde hareket ederek pos5 ile bir cismi alması, pos3 yönünde taşıması ve tekrar pos5 ile tuttuğu cismi bırakması için düşünülmüştür.

TEACHR

TEACHR komutu, bir önceki pozisyondan hemen sonra, ikinci pozisyonun koordinatlarını kurmak için kullanılan komuttur.

```
TEACHR pos2 5
```

```
X_ [****] > 0
Y_ [****] > 0
Z_ [****] > 1100
P_ [****] > 0
R_ [****] > 0
```

Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi robota, pos2 pozisyonundan sonra, +Z yönünde 1100 milimetrelik bir hareket yaptırılması amaçlanmıştır ve 5 numaralı noktanın koordinatları buna göre belirlenmiştir.

SPEED

SPEED komutu, robotun hareket ve çalışma hızının kontrolünü sağlayan komuttur.

```
SPEED <n>
```

Yukarıdaki yazılımda "n" robotun maksimum hızının yüzdesini belirtmektedir.

```
SPEED 30
```

Bu örnekte, üretimde robota verilen maksimum hızın %30'u ile hareketi amaçlanmıştır. Robotun çalışma anında herhangi bir hızını belirlemek için ;

```
SHOW SPEED <enter>
```

komutu kullanılır.

7.5.20. Tutucuların (Parmakların) Kontrolü

Tutucuların kontrolü OPEN ve CLOSE komutları ile yapılmaktadır. OPEN komutu, tutucuların açılmasını CLOSE komutu ise, kapanmasını sağlayan komutlardır.

OPEN var ve **CLOSE** var

Yukarıdaki formatlara göre parmaklar açılacak veya kapanacaktır. Parmakların açılması veya kapanması belirli bir kuvvete göre olmalıdır. Bu kuvvet $0 < \text{var} < 5000$ olmalıdır.

7.5.21. Hafızada Yer Ayırma Komutları

DIMG

DIMG komutu, değişkenleri vektör olarak ifade etmek ve bu vektörler için hafızada yer ayırmak için kullanılan komuttur.

```
DIMG VARI[4]
SET VARI[1]=100
SET VARI[2]=200
SET VARI[3]=300
SET VARI[4]=VARI[2]+VARI[3]
PRINTLN VARI[4]
HERE VARI[4]
END
```

Yukarıda yazılan program parçasında DIMG komutu ile 4 değişken değeri için vektörel olarak yer ayrılmaktadır.

DIMP

DIMP komutu, pozisyonları vektör olarak ifade etmek ve bu pozisyon vektörleri için bellekte yer ayırır.

```
DIMP POSV[4]
```

Yukarıdaki kullanım ile 4 pozisyon vektörü için hafızada yer ayrılması amaçlanmıştır.

ATTACH

ATTACH komutu, özel bir vektör ile ifade edilen herhangi bir noktayı pozisyon olarak kaydeder. Kaydedilen bu vektörü kontrolöre tanıtarak, robot üzerinde uygulayabilme imkânını sağlar.

```
ATTACH POSV1 <enter>
```

Örnekte, POSV1 özel vektörü pozisyon vektörüne çevrilmiş ve kontrolöre bu vektör tanıtılmış oldu.

IF

IF komutu, program akışını özel bir şarta göre değiştiren komuttur. Daha önce, GOTO ve LABEL sonsuz döngülerini ABORT komutu ile durdurabiliyorduk. Sonsuz döngü komutlarını IF komutuyla özel bir şarta bağlayarak kontrol edebiliriz, durdurabiliriz.

```
-  
-  
IF A<B
```

```
-  
-  
ENDIF
```

```
-  
END
```

IF komutu programlarda yukarıdaki gibi bir formatla, karşılaştırma için matematiksel operatörlerden yararlanılarak kullanılır. ENDIF komutu ile IF sonlandırılır.

ELSE

ELSE komutu, IF bloklarında kullanılır. IF ile ifade edilen bağıntılar doğru değilse, ELSE komutu ile şart sayısı fazlalaştırılabilir. ELSE komutu, analizi yapılan bağıntının birçok şarta bağlı olduğu durumlarda, bir tane IF bloğunda birçok defa kullanılabilir.

```

SET var1=250
SET var2=350
IF var1>var2
PRINTLN "var1>var2"
ELSE
PRINTLN "var1<var2 veya var1=var2"
ENDIF
END

```

Yukarıdaki örnekte, ELSE komutu ile farklı bir şart için başka IF komutu kullanmaya gerek yoktur.

DELAY

DELAY komutu, programlamada kullanılan ve program içerisinde kullanıcının kendi belirlediği süre kadar gecikme sağlayan komuttur.

```
DELAY 500
```

Yukarıdaki kullanım ile 5 saniyelik gecikme yapılması amaçlanmıştır. DELAY komutundan sonra yazılan değer, programda kullanıldığı konumda, saniyenin 1/100' ü kadar gecikme sağlar.

ÖRNEK PROGRAM

```

_____PROG6_____
LABEL 1
FOR K=1 TO 16
DELAY 200
SET ÇIK[K]=1
DELAY 200
SET ÇIK[K]=0
PRINT " " "K
ENDFOR
GOTO 1
END

```

Yukarıdaki programda, çıkış portlarının açık olması için yazılan bir programdır. Bu programda 2 saniyelik gecikme sağlayan iki adet DELAY komutu kullanılmıştır.

7.5.22. ACL Komutlarına İlişkin Örnek Programlar

PROG7

*Bu program, daha önce tanımlanan bir pozisyondan
 *diğer bir pozisyona, cisimlerin taşınmasını yapar.
 SPEED 40
 *pos41, pos31' e bağlı olarak,
 *pos41 pos31' in üzerindedir.
 MOVED 41
 OPEN
 SPEED 20
 MOVED 31
 CLOSE
 MOVED 41
 MOVED 31
 OPEN
 MOVED 41
 CLOSE
 END

PROG8

*Bu program, robot üzerinde uygulama yapılmadan
 *önce, kullanılabilecek program parçasıdır.
 LABEL 2
 READ "Bir değer giriniz." NUM1
 READ "İkinci değeri giriniz." NUM2
 SET SUM=NUM1+NUM2
 LABEL 1
 PRINTLN NUM1+"NUM2"="
 READ SUMU
 IF SUMU=SUM
 PRINTLN "Çok iyi! Tekrar deneyiniz."
 GOTO 2
 ENDIF
 IF SUMU<>SUM
 PRINTLN "Cevabınız yanlış. Tekrar deneyiniz."
 GOTO 1
 ENDIF
 END

PROG9

*Bu program, kullanıcı tarafından belirlenen bir sayının
 *karesini hesaplar ve programın sonlandırılmasının
 *onayını kullanıcıya yaptırır.

```

LABEL 2
PRINTLN
READ "Bir değer giriniz." NUM1
SET SQR=NUM1*NUM1
PRINTLN NUM1 "*"NUM1"="
READ SQRU
IF SQRU=SQR
PRINTLN "Çok iyi!"
ENDIF
IF SQRU<>SQR
PRINTLN "Yanlış cevap."
GOTO 3
ENDIF
PRINTLN "Çıkmak için 0' a, Tekrar denemek için 1' e basınız."
READ ANS
IF ANS=1
GOTO 2
ENDIF
LABEL 3
PRINTLN
END
  
```

PROG10

*Robotun giriş portlarında kullanılabilen,
 *giriş kontrolünü yapan program

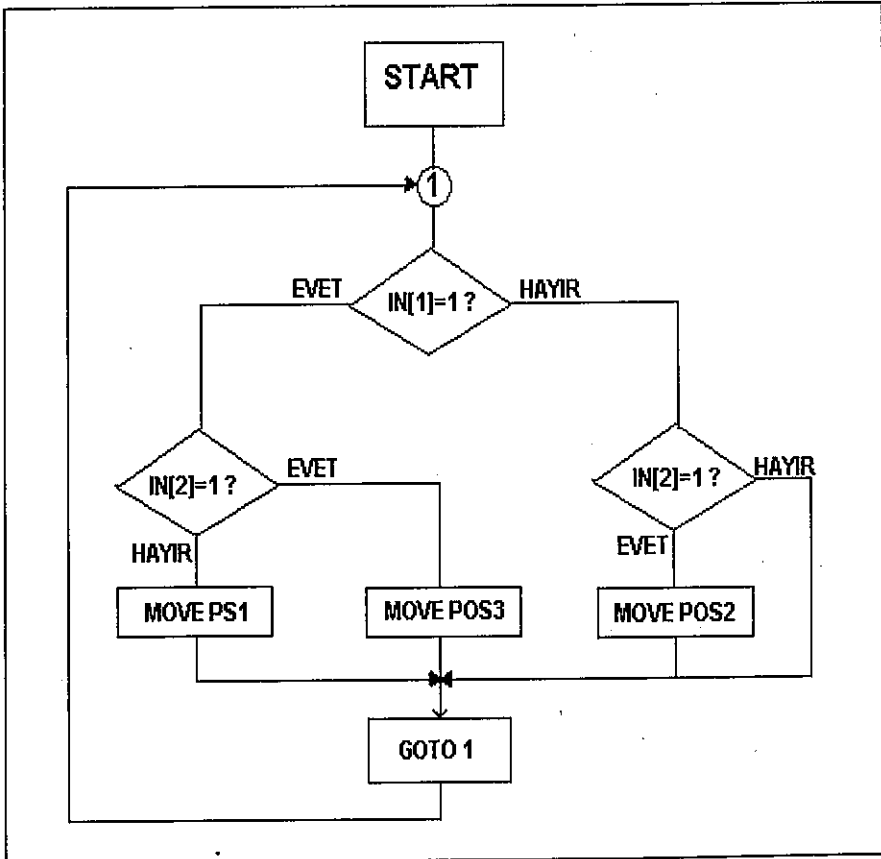
```

LABEL 1
FOR J=1 TO 16
IF IN[J]=1
PRINTLN "INPUT"J" AÇIK"
ENDIF
ENDFOR
PRINTLN
GOTO 1
END
  
```

Tüm programlama dillerinde olduğu gibi, ACL programlama dilinde de akış diyagramı kullanılarak programların yazılması ve tasarlanması daha kolaydır. Aşağıda akış diyagramı verilmiş olan bir program görülmektedir. Bu program, daha önceden tanımlanmış olan PS1, PS2 ve

PS3 pozisyon noktalarının, giriş portlarının ilk iki değerine göre robotun hareket etmesini içermektedir.

Bu programda, birinci port girişi 1 ve ikinci port girişi 0 ise robot POS1 yönünde hareket edecektir. Birinci giriş 0 ve ikinci giriş 1 ise robot hareketini POS2 yönünde yapar. Her iki giriş de 1 ise bu defa robot POS3 yönünde hareket eder. Eğer her iki giriş 0 ise robotun herhangi bir pozisyon yönünde hareketi söz konusu değildir. Programın tasarımını basitleştirmek için kullanılan, program akış şeması aşağıdaki gibidir (Şekil 89).



10 B
13 II
173
v 92

Şekil 89: 10 nolu programa ait akış şeması.

7.5.23. Sorular

Soru 1: Robotların programlanmasında kullanılan ACL 'deki hareket komutları nelerdir?

Soru 2: PRINT komutu ile PRINTLN komutu arasındaki farklar nelerdir?

Soru 3: ACL programlama dilinde, robotu direkt olarak klavyeden kontrol edebilmek için, kullanılan komut ve formatları nelerdir? Açıklayınız.

Soru 4: Robotun, scorbob tarafından kontrol edilebilmesini sağlayan ACL komutu hangi komuttur? Açıklayınız.

Soru 5: Pozisyon noktalarının kurulmasını gerçekleştiren komutu açıklayarak, örnekler veriniz. Kurulan bu pozisyonların program içerisinde kullanımını gösteriniz.

8. ÜNİTE: PROJE UYGULAMALARI

Bu bölümde robotik alanında bazı uygulamaların nasıl yapılacağı anlatılacaktır. Bu proje uygulamaları için Fischertechnik Firmasının robot seti kullanılmıştır. Fischertechnik Firmasının ürettiği robot montaj seti içerisinde, parçalar lego türüdür. Bu parçalar üzerinde bulunan tırnakların biri birine geçirilmesi sayesinde, arzu edilen otomasyon sistemleri kurulabilmekte ve LOGO programlama dili kullanılarak, bir bilgisayar yardımı ile sevk ve idare edilebilmektedir.

Set içerisinde temel parçalar yer almaktadır. Bu parçalar motorlar, dişliler, LDR, mıknatıs, ışık kaynakları, montaj yapı blokları, döner çarklar, arabirim, soket kutuları, anahtarlar, sayıcılar, bağlantı kabloları vb. birçok hazır malzemeden oluşmaktadır. Proje uygulamalarında montajı yapılan robotlarda kullanılan malzemeler, her projede kendi konusu içerisinde tanıtılacaktır.

8.1. LOGO Programlama Dili

Robotların sevk ve idaresinde birçok farklı programlama dili kullanılmaktadır. Proje uygulamaları için robotun LOGO dili ile kontrolünün yapılmasına karar verilmiştir. Çünkü LOGO komutlarını öğrenmek çok kolaydır. Ayrıca bu dilin kullanılmasının diğer bir nedeni ise robot setleri ile birlikte gelen ve bilgisayarla robot arasında iletişimi sağlayan arabirimin sevk ve idaresi için, bu yazılımın hazırlanmış olmasıdır. Burada robotun sevk ve idaresi için kullanılan temel komutlar üzerinde durulacaktır.

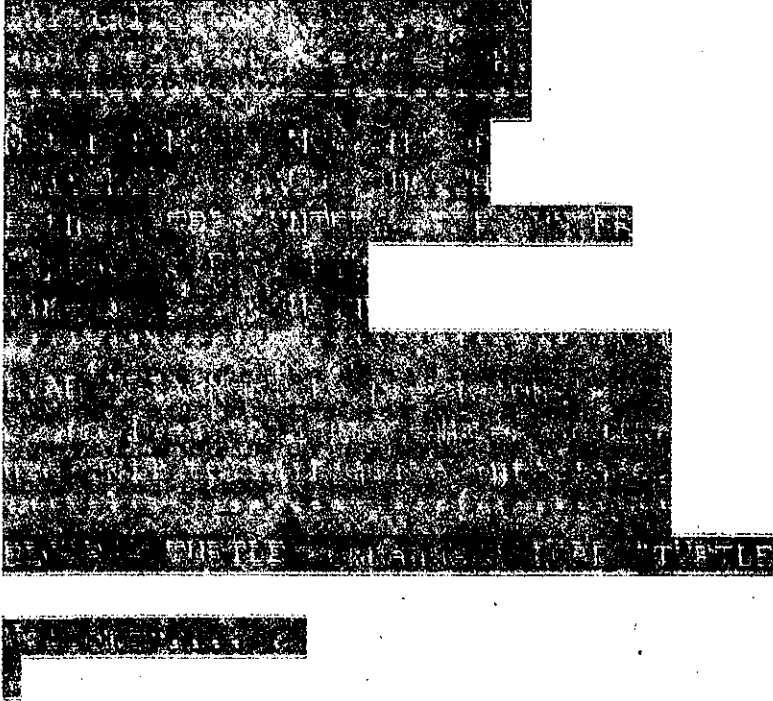
Robotun kontrolü için logo.com, startup.lf, fischer.bin ve diagnose.lf dosyalarının elde mevcut olması gerekmektedir. Yazılımı çalıştırmak için, LOGO yazıp enter tuşuna basmak yeterlidir. İlk anda **Tablo 9**'da verilen yazılar ekranda görülecektir. Tabloda bu yazılımın Fransa'nın Mans şehrinde bulunan LIUM Üniversitesi tarafından geliştirildiği görülmektedir.

Milli Eğitim Bakanlığı'nın da içerisinde yer aldığı Medcampus Programları, Cog-tech projeleri kapsamında bu robot setleri üzerinde 1994 ve 1995 yıllarında çalışmalar yürütülmüş ve Türkiye'de bu robotların eğitimi verilmiştir.

IBM Personal Computer Logo Version 1.00
 © with special LIUM procedures
 © LIUM 1994
 Serial Number 0767399055

Tablo 10: Robutu çalıştıracak yazılım yüklendiğinde ekranda gözüken ilk yazılar

Bilahare yüklemenin başarı ile yapıldığı, motorlar, anahtar ve algılayıcıların temel komutları neler olduğu ekranda gözükecektir (Tablo 11).



Tablo 11: LOGO yazılımının ekrandaki görüntüsü

Artık LOGO ile bu noktadan itibaren çalışmak mümkün olmaktadır. Ancak önce temel bazı komutlar ve tuşların neler olduğunu inceleyelim.

•DOS

LOGO programından çıkmak için bu komut kullanılır. Komut önünde mutlaka nokta işareti yer almalıdır.

ED

LOGO programının yazıldığı ekrana (editöre) bu komut ile girilir. Bu komut parametre olarak bir prosedürün ismini, prosedür isimlerinin listesini veya paket isimlerinin listesini kabul eder.

<Esc>

Editörde yazılan bir programı saklayıp çıkmak için kullanılan tuştur.

CTRL-Pause

Editörde yazılan programı **saklamadan** çıkmak veya çalışan bir programı durdurmak için kullanılan tuşlardır.

F3

Bir önceki yazılanı, tekrar çağırmak için kullanılan tuş.

PgUp

Editörün bir önceki sayfasını elde etmek için kullanılır.

PgDn

Editörün bir sonraki sayfasını elde etmek için kullanılır.

EDITFILE "DOSYA_ADI

DOSYA_ADI isimli yazıyı editöre getirir.

LOAD "DOSYA_ADI

DOSYA_ADI isimli dosyayı yükler.

SAVE "DOSYA_ADI

Editördeki dosyayı DOSYA_ADI ismi ile saklar.

SAVE "Dosya "Paket

Paket içindeki sadece prosedür ve değişkenleri kaydeder.

ERASEFILE "DOSYA_ADI

DOSYA_ADI isimli dosyayı siler.

DIR

Dizin içeriğini gösterir.

TO

Bir prosedürün başlangıcının ilk komutudur.

END

Bir prosedürün sonu.

IF durum [ifadelerin listesi]

Eğer durum gerçek ise, köşeli parantez içerisinde verilen ifadeler icra edilir.

IF durum [ifadelerin ilk listesi][ifadelerin ikinci listesi]

Eğer durum gerçek ise, [ifadelerin ilk listesi] bölümündeki işlemler icra edilir, değilse [ifadelerin ikinci listesi]'ndeki işlemler yapılır.

EQUALP madde1 madde2

Eğer madde1 ve madde2 birbirine eşit ise, netice gerçek olarak işlem görür. Madde1 ve madde2 sayı veya değişken olabilir.

madde1>madde2

Madde1, madde2'den büyük ise, netice gerçek olarak işlem görür.

madde1<madde2

madde1, madde2'den küçük ise, netice gerçek olarak işlem görür.

PRINT [deyimler]

Köşeli parantez içerisindeki tüm deyimleri ekranda gösterir.

REPEAT n [ifadelerin listesi]

Köşeli parantez içerisinde verilen işlemleri n defa tekrar eder.

STOP

Mevcut prosedürü durdurur.

:N

"N harfi ile verilen değeri kullanır.

Bir prosedüre örnek:

TO ICRAET

TEST -2

TEST 0

TEST 2

END

TO TEST :SAYI

;TEST isimli bu prosedür, :N değişkenine atanan sayıya bağlı olarak,

;girilen sayının pozitif, negatif veya sıfır olduğunu ekrana yazar.

IF ;SAYI<0 [PR[Bu sayı negatiftir]STOP]

IF EQUALP ;SAYI 0 [PR [Bu sayı sıfırdır]][PR [Bu sayı pozitiftir]]

END

Yukarıdaki örnekte PR ifadesi PRINT'e karşılık gelmektedir. Noktalı virgül işareti ise, o satırda açıklama yapılmasına imkân tanır. BASIC programlama dilindeki REM komutunun karşılığıdır.

IF :SAYI<0 [PR[Bu sayı negatiftir]STOP] satırında, sayının değeri sıfırdan küçükse, "Bu sayı negatiftir" yazacak ve program duracaktır.

IF EQUALP :SAYI 0 [PR [Bu sayı sıfırdır]][PR [Bu sayı pozitifdir]] satırında ise :SAYI değişkeni sıfır ise, birinci köşeli parantez içindeki "Bu sayı sıfırdır" ifadesini yazacaktır. Değilse ikinci köşeli parantez içindeki "Bu sayı pozitifdir" ifadesini yazacaktır.

8.1.1. Mikrorobotlar için Temel LOGO Komutları

Fischertechnik firmasının mikrorobotlarını kontrol etmek için kullanılan bazı temel komutlar aşağıda verilmiştir:

INIT

Tüm hareketleri durdurur ve iletişimi yeniden kurar.

MCCW "M1

M1 motorunu, saat ibresinin dönüş yönünün tersi istikametinde döndürür. Bu dönüş yönü P (Positive) simgesi ile temsil edilir. Robot setinde toplam 8 adet motor (M1, M2, M3 ve M4) bulunmaktadır.

MCW "M1

M1 motorunu saat ibresi yönünde döndürür. Bu dönüş yönü N (Negative) simgesi ile temsil edilir.

MSTOP "M1

M1 motorunu durdurur.

STATUS "E1

E1 anahtarının konumunu denetler. Yani E1'e atanan 0 veya 1 değerine göre işlemleri yürütür. Robot seti içerisinde toplam 8 adet anahtar kullanılabilir.

WATCH "E1

E1 anahtarının konumunu gözetler. Yani 0 konumunda ise, ne zaman 1 konumuna değiştiğini takip eder. Konum değiştiği anda, kendisinden sonra gelen satırı icra eder.

EX?

Girilen EX değerine göre işlem yapar. Burada alabileceği değer, 0 ile 1023 arasında değişir.

EY?

Girilen EY değerine göre işlem yapar. Burada alabileceği değer, 0 ile 1023 arasında değişir.

STEP COUNTER "M1 "P "E1 100

Bu komut bir sayıcı (koder) ve E soketlerinin (E1 ...E8) biri ile birlikte kullanılır. Koder, giriş soketi üzerindeki E1 anahtarına bağlanmıştır. M1 motoru saat ibresinin tersi yönünde (pozitif yön) dönecek, koder 100 defa sayınca M1 motoru duracak ve değişim E1 anahtarı üzerinde iletilecektir.

Örnek:**FOR HIGH**

```
*****
;E1 çıkışı 1 ise HIGH'dan çık, değilse M1 motorunu pozitif yönde çevir.
;E1 anahtarında bir değişimin olmasını bekle, değişim olduğunda M1
motorunu durdur.
*****
```

```
IF EQUALP STATUS "E1 1 [STOP]
```

```
MCCW "M1
```

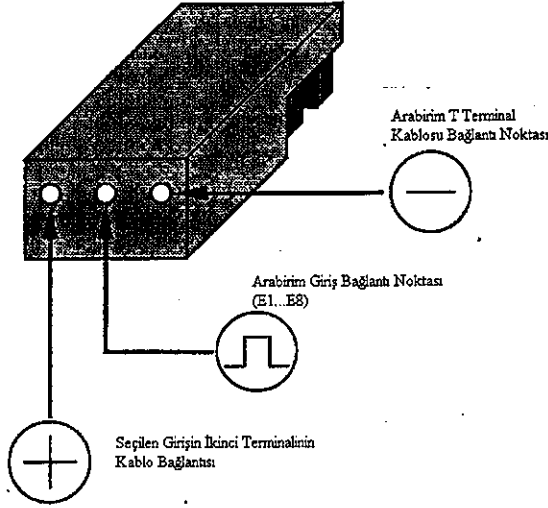
```
WATCH "E1
```

```
MSTOP "M1
```

```
END
```


8.1.3. Sayıcının (Koder) Kullanılması

LOGO Prosedürü içerisinde koder tarafından sayılan adımların sayısını kontrol etmek için LOGO Prosedürü içerisinde STEPCOUNTER komutu kullanılmalıdır (Şekil 90).



Şekil 90: Sayıcı (Koder)

Örneğin bir sayıcı E1 soketine bağlanmış olsun. Aşağıdaki komut satırı, E1 çıkışını 30 adım sonrasında aktif hâle getirir.

STPCOUNTER "M1 "P "E1 30

Yukarıdaki komutun parçalarının ne işe yaradığını açıklayalım:

- "M1 Aktif hâle getirilen çıkış (M1, M2, M3 veya M4)
- "P Pozitif veya negatif yönde hareket (P veya N)
- "E1 Koder için kullanılan giriş (E1, E2,...E8)
- 30 Sayılacak adım sayısı

8.1.4. Hata Arama Yazılımının Kullanılması

Robotun çalışmasında bir problem varsa, DIAGNOSE denilen yazılımdan faydalanarak, sorun giderilebilir. Bunu gerçekleştirmek için

LOAD "DIAGNOSE yazıp <Enter> tuşuna basmak gerekecektir. Eğer DIAGNOSE yazılımından çıkmak istiyorsanız, CTRL-Pause veya CTRL-Q tuşlarına basmak gerekecektir. Tekrar DIAGNOSE çalıştırılmak isteniyorsa, bu komut yazılıp <Enter> yapılmalıdır. Bu program çalıştırıldığında, aşağıdaki görüntü ekrana gelecektir (**Tablo 9**).

Tablo incelendiğinde, anahtarların, kaptorlerin (captors) ve görevde olan motorların durumunu görmek mümkündür. E1, E3, E4, E5 ve E6 anahtarlarında akım olduğunu, kaptorlerin x değerinin 318 ve y değerinin ise 478 olduğu görülmektedir. Ayrıca 1 nolu motorun durduğunu bize bildirmektedir.

En altta yer alan kutu içerisinde ise, motorların seçilmesi ve çalıştırılması için + işaretine basılması, durdurulması için de - işaretine basılması gerektiği ve ayrıca Ctrl+Pause veya Ctrl+Q tuşlarına basılarak, LOGO'ya döneleceği belirtilmektedir.

LOGO Diagnostic Control

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	ex	ey
1	0	1	1	1	1	0	0	318	478

Motor No 1 stoped

1 2 3 or 4 to change the motor
 Keys : + , - to run this motor
 Entr to stop the motor

Ctrl + Pause, or
 Ctrl + Q : return to LOGO

Tablo 12: LOGO Diagnostic Yazılımının Çalıştırılması

8.2. Sıvı İçeceklerin Şişelere Doldurulması Projesi

Otomasyon kelimesi sözlüklerde; "*Endüstride, yönetimde ve bilimsel işlerde insan aracılığı olmadan işlerin otomatik olarak yapılması*" şeklinde tanımlanır. Bu tanım, otomasyon kelimesinin günlük yaşantımızdaki gerçek etkinliği yanında yeterli bir tanım değildir. Bu nedenle otomasyon için aşağıdaki şekilde yeni bir tanımın yapılması, daha uygun olacaktır.

"Bir kontrol ünitesi veya mikroişlemci aracılığı ile yapacağı işler önceden kendisine öğretilen, kendisine öğretilen görevleri daha hızlı, hatasız ve daha ucuza yapılmasını sağlayan; elektromekanik, hidrolik, pnömatik makinaların ortaya çıkardığı kavrama otomasyon" denir.

Otomatik denetim; petrol rafinerilerinde, üretimde kullanılan takım tezgâhlarında, günlük yaşantımızda her gün karşılaştığımız trafik lâmbalarının kontrolünde, araba yıkama sistemlerinde, para atılınca içmek istediğiniz kahveye ait bardağı musluğun altına koyarak ve kahveye katılacak şeker ve süt miktarını dahi ayarlayarak bardağı taşırmadan dolmasında, para makinalarında insan kontrolü olmadan parasal işlemlere imkân veren ATM'lerde vb. birçok mekanlarda otomasyon olayları yaşanmaktadır. Bu örnekler saymakla bitmez. Ancak gerçek olan bir durum, her geçen gün otomasyonun günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir kavramı olma yolunda hızla ilerleme kaydettiğidir. Otomasyonun hızla ilerleme kaydettiği diğer alanlardan en önemlileri arasında aşağıdakiler sayılabilir:

- Uzay çalışmaları,
- Savunma sanayi,
- Enerji üretim yöntemleri,
- Hammadde üretimi ve işlenmesi,
- Endüstri öğelerinin biçimlendirilmesi,
- Dağıtım ve haberleşme,
- Eğitim ve tıp ile birlikte sosyal bilimler,
- Uydu aracılığı ile sağlanan hizmetler,

Bu alanlarda kullanılan araç ve yöntemler, benzer ilkelere dayanır. İnsan tarafından yapılan denetim ve gözetimin yerine, etkili ve güvenilir bir otomatik işlem söz konusudur. Ambalajlama işlemi, mikroptan arındırılmış bir ortamda bir cam ampulün içinin doldurulmasından, uzak bir yere götürecek otomobilin tahta sandık içine yerleştirilmesine kadar, çok çeşitli özellikler taşıyan biçimlerde otomasyonu görmek mümkündür.

Çeşitli maddelerin elle doldurulması, tartılması, etiketlenmesi vb. işlemler yavaş ve masraflı olduğundan, bu gibi işleri yapan makineler geliştirilmiştir. Günümüzde paketleme işleminin aşağı yukarı bütün aşamalarını, otomatik olarak gerçekleştiren makineler vardır. Ay çekirdeğinden sıvı yağ elde edilmesi için kurulmuş bir yağ fabrikasında, modern bir ırmık fabrikasında veya sıvı içeceklerin üretiminden şişelere doldurulması safhalarına kadar her yerde otomatik olarak kontrol edilen makineler dizisini görebiliriz.

Bu yazıda sıvı içeceğinin şişelere doldurulmasına ait bir sistemin montaj safhaları ile doldurma işleminin kontrolünün bilgisayarla yapılması projesi üzerinde durulacaktır.

8.2.1. Şişelere Sıvı Doldurma Sisteminin Çalışma Prensibi

Şişeler, dar bir taşıyıcı bantla plâstik sarmallara aktarıldıktan sonra, sarmallar aracılığı ile döner bir tablanın üstüne monte edilmiş platformlara yerleştirir. Platformlar dönerken, kamlarla şişeler yükseltip, ağızları sıvı veren musluklara ulaştırır. Süreç, özel olarak geliştirilmiş bir sistemle denetlenir. Şişelerden biri kırılırsa üretim bandı kendiliğinden durur veya şişelerden biri platforma ulaşmazsa, karşısındaki musluktan sıvı akamaz. Musluktan akan sıvı miktarı, supaplar ve pistonlarla ayarlanır. Damlamayı önleyen aygıtlar, şişenin dışının ve kapağın kirlenmemesini sağlar. Yukarıda anlatılan bu işlem basamakları, gazoz, cola, pepsi türü içeceklerin dolun tesislerinde görülen otomasyondur. Bu otomasyonun benzetim yöntemiyle laboratuvar şartlarında bilgisayarla yapılması hâlinde, öğrenci; otomasyonu oluşturan parçaların montesinden başlayarak kontrolünü yapmaya kadarki tüm safhaları hakkında kalıcı bilgi sahibi olabilmektedir.

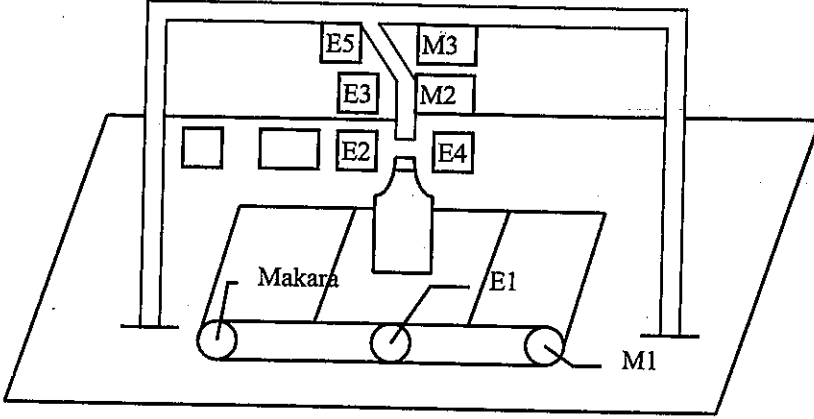
8.2.2. Projede Kullanılan Malzemeler

Proje montajında kullanılan parçaların tümü Fischertechnik robot setinden sağlanmıştır. Bu malzemeler arasında önemli parçalar şunlardır:

MOTOR (3 ADET)
 ANAHTAR (5ADET)
 ŞERİT BANT
 MAKARA
 DİŞLİ RAY

8.2.3. Montajda Takip Edilen İşlem Basamakları

Şekil 91'de montajı gerçekleştirilen şişelere sıvı doldurma tesisinin benzetimi görülmektedir. Bu tür bir montaj için aşağıdaki işlem akışı sırası takip edilmiştir:



Şekil 91: Şişelerin sıvı ile doldurulması benzetim projesinin şematik çizim

- Montaj platformu üzerine şerit bandın hareketini sağlayan M1 motoru ve hareketini sınırlayan E1 anahtarı yerleştirilir.
- Sıvı borusunun aşağı ve yukarı hareketini sağlayan M2 motoru, dişli ray üzerine takılır.
- Sıvı borusunun aşağı ve yukarı hareketini sınırlayan E2 ve E3 anahtarları dişli ray üzerine monte edilir.
- Sıvı borusunun ağzını açıp ve kapatan E4 anahtarı boru üzerine yerleştirilir.
- Sıvının akma süresini belirleyen M3 motoru ve E5 anahtarı, ray üzerine monte edilir.

8.2.4. Sistemin Çalışması

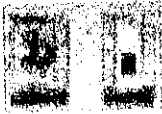
M1 motoru çalıştırıldığında şerit bant hareket edecek, şişe E1 anahtarının üzerine geldiğinde M1 motoru duracak ve M2 motoru çalışarak sıvı borusunu aşağıya hareket ettirecektir. E2 anahtarı, sıvı borusunun şişenin içerisine girdiğini belirleyecektir. E2 anahtarından gelen sinyale

göre M2 motoru duracak ve sıvı borusunun ağzı açılarak şişe dolmaya başlayacaktır. Bu anda M3 motoru da çalışarak E5 anahtarına doğru hareket edecektir. E5 kapandığında yani şişe dolduğu anda, M3 motoru ters yönde hareket edecek ve M2 motoru da çalışarak sıvı borusu tekrar yukarı doğru hareket edecektir. M3 motoru ve E5 anahtarı, sıvının dolma süresini belirtmektedir. Sıvı borusunun yukarıya hareketinin tamamlandığını belirten E3 anahtarından gelen sinyale göre M2 motoru durup M1 motoru çalışmaya başlayacaktır. M1 motorunun çalışmasıyla yukarıda açıklanan işlemler aynen tekrarlanacaktır.

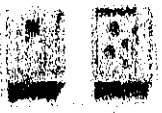
8.2.5. Projede Kullanılan Malzemeler

Projede kullanılan malzemelerin tümü, küçük lego parçalarından oluşmaktadır. Bu parçalar üzerinde mevcut olan tırnakların uygun geçişleri sağlanarak, sistem montajı gerçekleştirilmektedir. Aşağıda sistemde kullanılan belli başlı parçaların resimleri ve isimleri verilmiştir:

- Dişli Kutusu
- Çarksız Redüktör Kutusu
- Panel
- Kablo Fişi
- Panel Tutturucu
- Yapı Blokları
- Bağlantı Kabloları
- Motor
- Mikro Anahtar
- Tutturaç
- Dişli Raylar
- Alüminyum Profiller



Resim 61: Dişli ray için dişli kutusu



Resim 62: Redüktör kutusu çarksız



Resim 63: Panel (20 adet)



Resim 64: Kablo fişi



Resim 65: Çift mandallı yapı bloğu (5 adet)



Resim 66: Panel tutturucu



Resim 67: Panel tutturucu



Resim 68: 7.5 mm lik yapı bloğu



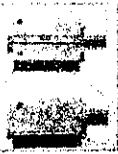
Resim 69: Bağlantı kabloları



Resim 70: 15 mm'lik yapı bloğu (10 adet)



Resim 71: 30 mm'lik yapı bloğu (15 adet)



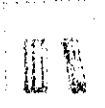
Resim 72: Mini Motor (3 adet)



Resim 73: Mikro anahtar (6 adet)



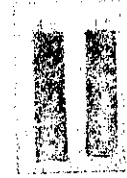
Resim 74: Tutturaç 25 mm



Resim 75: Tutturaç 10 mm



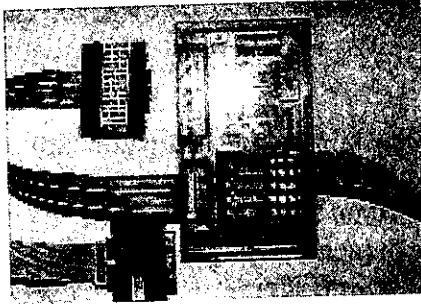
Resim 76: Kablo sıkıştırıcı



Resim 77: Dişli ray (7 adet)



Resim 78: Alüminyum profiller



Resim 79: Bilgisayar kontrolü için ara birim

8.2.6. Sistemi Kontrol Eden Program

TO BAS

S

BAS isimli bölüm, programın başladığı yerdir. Bu bölüm içerisinde sadece S isimli alt program yer almaktadır. Yani bu bölüm, program akışını doğrudan S alt programına dallandırmaktadır.


```

TO S
IF EQUALP STATUS "E6 0 [SİSE]
MCCW "M3
IF EQUALP STATUS "E6 1 [S]
MSTOP "M3
MSTOP "M2
MSTOP "M1
SİSE
END

```

Programı çalıştırdığımızda E6 anahtarının konumu kontrol edilir. Eğer E6=0 ise SİSE adlı alt programa gidilir. Eğer E6=1 ise M3 motoru çalıştırılır. E6 anahtarı 0 olana kadar M3 motoru çalışmasına devam eder. E6=0 olduğunda M3, M2, M1 motorları durdurularak, SİSE adlı alt programa gidilir.

```

TO SİSE
MCW "M1
IF EQUALP STATUS "E1 1 [SİSE]
IF EQUALP STATUS "E1 0 [MSTOP "M1]
DOLDUR
END

```

Programın bu kısmı, üzerinde şişeleri taşıyan bantlı sistemle ilgilidir. Bantlı sistemi hareket ettiren motor M1'dir. M1 motoru çalıştırdıktan sonra, E1 anahtarının konumu kontrol edilir. Şişe, E1 anahtarı üzerine geldiğinde, bantlı sistem duracaktır. Diğer bir deyimle şişenin dolmasını sağlayacak borunun, şişenin ağzına doğru hareket etmesi için, yani E1=0 olduğunda, M1 durdurularak DOLDUR adlı alt program parçasına geçilir.

```

TO DOLDUR
MCW "M2
IF EQUALP STATUS "E4 1 [DOLDUR]
MSTOP "M2
SURE
END

```

11
12
13
14
15

DOLDUR isimli bu programda borunun şişenin ağzına doğru hareketini sağlayan M2 motoru çalıştırılır. M2 motorunun ne kadar aşağı ineceğini kontrol etmek için E4 anahtarının konumu izlenmektedir. E4 anahtarı sıfır lojik değerine sahip olduğunda, M2 motoru durdurulmakta ve şişeye sıvı doldurulmaya başlanılmaktadır. Ne kadar süre ile sıvı doldurulacağını denetleme işlemini SURE adlı program parçası yapmaktadır.

```

TO SURE
MCCW "M3
IF EQUALP STATUS "E5 1 [SUREI]
MSTOP "M3
BITTI
END

```

Bu benzetim projesinde dolum süresini saptamak için Şekil 91'de görülen genel şemada gösterilmeyen bir kısım bulunmaktadır. Bu kısımda E5 ve E6 anahtarları ile M3 motoru yer almaktadır. M3 motoru E5 anahtarından E6 anahtarına kadar raylı bir sistem üzerinde hareket etmektedir. Bu mesafeyi aldığı süre, motor devri ayarlanarak yapılmaktadır. Şişeye sıvı dolma süresi, doğrudan M3 motorunun E5 ile E6 anahtarları arasındaki yolu alma süresine göre ayarlanmıştır. Burada M3 motoru çalıştırılır ve sonra E5 anahtarının konumu kontrol edilir. E5 anahtarı 0 olana kadar M3 motoru çalışmasına devam eder. E5=0 olduğunda, M3 durdurularak BITTI adlı alt programına geçilir.

```

TO BITTI
MCCW "M2
IF EQUALP STATUS "E3 1 [BITTI]
MSTOP "M2
END

```

Doldurma süresi tamamlandığında M2 motoru çalıştırılarak doldurma borusu yukarı çekilir ve E3 anahtarının konumu kontrol edilir. E3 anahtarı 0 olana kadar M2 motoru çalışmasına devam eder. E3=0 olduğunda M2 durdurulur. Bu program döngü halinde tekrarlanması durumunda, işlemler arka arkaya süreklilik kazanacaktır.

8.2.7. Sonuç

Şişelere sıvı doldurma sistemleri günümüzde çok gelişmiş düzeydedir. Bu tesislerde otomasyonun birçok değişik fonksiyonunu bir arada görmek mümkündür. Bu proje çalışmasında öğrenciler basit bir şişe dolum tesisini önce tasarlamakta, sonra da bir bilgisayarla kontrolünü sağlamaktadır. Buradaki benzetim projesindeki montaj ve düşünce, gerçek tesislerde mevcut olan sisteme göre çok basittir. Ancak öğrenci, bu projeyi orijinal olarak tamamen kendisi tasarlamakta ve kontrol için gerekli olacak programı da bizzat kendisi yazmaktadır. Böylece otomasyon konusunda kendisine yeni ufuklar açmakta ve hayal ettiği tasarımlarını gerçekleştirme yönünde önemli gelişmeler kaydetmektedir.

8.3. Otomatik Kapı Kontrol Projesi

Yoğun bir insan trafiğine maruz kalan hava alanı, uluslar arası ve şehirler arası otopark veya garlarda, giriş çıkışı sağlayan kapıların kullanımının kolay olması istenir. Öyle ki elleri eşya, bavul ve benzeri şeylerle dolu bir hâlde kapının önüne gelen bir kişi, yardım görmeden ve ellerindeki eşyaları indirmeden içeri girebilmelidir. Bunun sağlanması için kapının; gelen birisinin olduğunu fark edip kendiliğinden açılması ve geçiş bittiği zaman yine kendiliğinden otomatik olarak kapanması, kullanım açısından oldukça elverişli ve estetik bir uygulama sağlar. Günümüz teknolojisinde bu tür bir uygulama oldukça basit bir yöntemle yapılabilir.

Fischertechnik robot setine ait küçük boyuttaki parçaların otomatik bir kapıyı kontrol etmesi amacıyla montajının adım adım öğretilmesi ve sistem kontrolünün bir bilgisayar yardımı ile yapılması, bu projenin amacıdır.

8.3.1. Fonksiyon

İnsan trafiğinin yoğun olduğu giriş-çıkışı sağlayan bir kapının otomatik olarak kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bunun için kapının her iki tarafından yaklaşacak kişi veya canlının algılayıcılar yardımıyla saptanıp, kapının otomatik olarak açılması sağlanmalıdır. Geçiş işlemi tamamlandıktan sonra kapının tekrar kapanması istenilen bir özelliktir. Aynı zamanda geçişin sürekli olduğu anlarda kapının da sürekli olarak açık kalması gerekir.

8.3.2. Malzemelerin Seçimi

Tasarlanan projenin robot montajının yapılmasında gerekli olacak önemli parçalar şunlardır:

- Motorlar,
- Fotorezistör (LDR),
- Lâmbalar,
- Anahtarlar.

8.3.3. Kontrol

Önemli bir işlem, kapının kapalı kalmasıdır. Kapının kapalı kalması, önceden belirlenmiş referans bir konuma göre plânlanmıştır. Referans noktaya göre kapının kapalı olduğu durum saptanmıştır. Aynı şekilde kapının açık durumunun saptanması için de önceden belirli bir nokta tespit edilmiştir. Kapının otomatik olarak açılıp kapanması için yapılacak işlemler:

1. Basamak : Bir kişi veya hareketli bir cismin kapının açılmasını gerektirecek mesafede bulunup bulunmadığının belirlenmesi.
2. Basamak : Kapının açılmasını gerektirecek mesafede birinin olması durumunda kapının açılmasının sağlanması.
3. Basamak : Geçiş tamamlandığında bunun kapıya bildirilmesi ve kapının kapatılması.

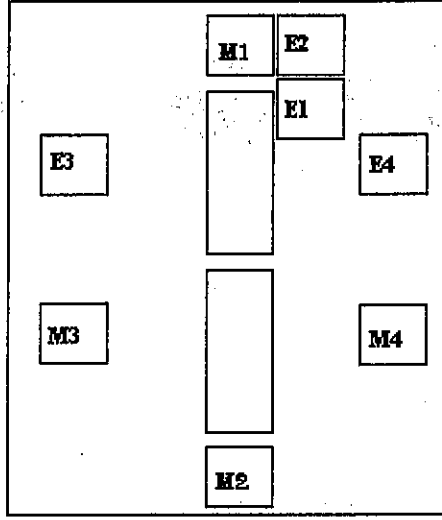
8.3.4. Yerleşim Plânı

Montajı gerçekleştirilen sistemin konumu şematik olarak Şekil 92'de verilmiştir. Tasarlanan sistemin çalışabilmesi için, iki adet fotosele ihtiyaç vardır. Bunun için fotorezistörlerin önüne ışık kaynağı konulmuştur. Lâmbalardan birinin M3, diğerinin M4 ile bağlantısı vardır. Fotorezistörlerden biri E3, diğeri ise E4 ile bağlantı hâlinindedir. Her fotorezistöre ait ışık, fotorezistörü görüyorsa E3 ve E4'ün lojik değeri 1 dir. Işıklar ait oldukları fotorezistörü görmüyorsa, lojik değerleri 0 olacaktır. Sistemde ayrıca kapının birbirinden ayrı iki parçasının aynı anda farklı yönlerde hareket etmesini sağlayan M1 ve M2 motorları kullanılmıştır. Robotu kontrol etmek için dört adet anahtar kullanılmıştır. Fonksiyonları şunlardır :

- E1 : Kapının açık olduğu pozisyonun tespitini sağlayan anahtar.
- E2 : Robotun başlama pozisyonunu belirler. Bu pozisyonda kapı kapalı konumdadır.

E3 : Fotoselin 0 veya 1 konumlarını göstermektedir. Eğer 0 ise ışığın önü kesik, 1 ise ışık fotorezistöre düşüyor demektir.

E4 : Fotoselin 0 veya 1 konumlarını göstermektedir. Eğer 0 ise ışığın önü kesik, 1 ise fotorezistöre ışık düşüyor demektir.



Şekil 92: Sistemin konumuna ait şematik çizim

8.3.5. Fiziksel Tanımlamalar

Sembol

M1

M2

M3

M4

Hareketler

Sola dönme

Sağa dönme

Başlama noktası

Fotosel

Fotosel

Işık

Işık

Açıklama

Kapının bir parçasının ileri geri hareketini sağlayan motor

Kapının bir parçasının ileri geri hareketini sağlayan motor

Işık

Işık

Motor

M1

M2

M3

M4

Anahtarlar

E1

E2

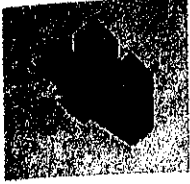
E2

E3

E4

8.3.6. Malzeme Listesi

Montajda kullanılan malzemeler ve kaçar adet kullanıldıkları aşağıda verilmiştir:



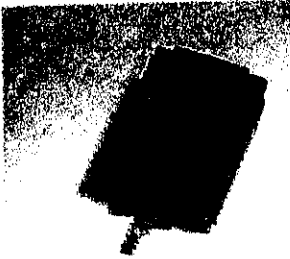
Resim 80:
5mm'lik yapı
bloğu X4 (R1)



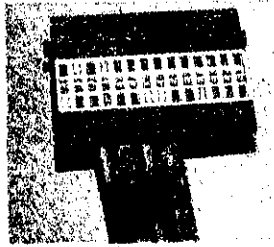
Resim 81: Lâmba, LDR ile
alt soketler ve üst kapakları
X4 (R2)



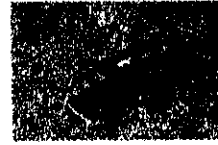
Resim 82: Mikro a-
nahtar X2 (R3)



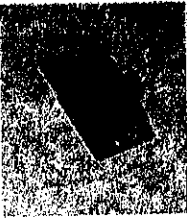
Resim 83: Motor X2
(R4)



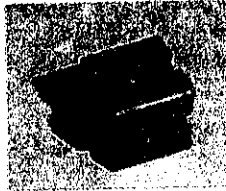
Resim 84: Soket kutusu
X1 (R5)



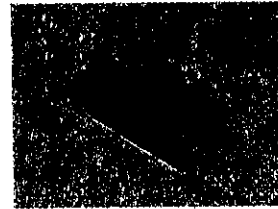
Resim 85: Kama
X10 (R7)



Resim 86: Açısal
yapı bloğu X2
(R8)



Resim 87: 15mm'lik
çift dilli yapı bloğu
X4 (R9)



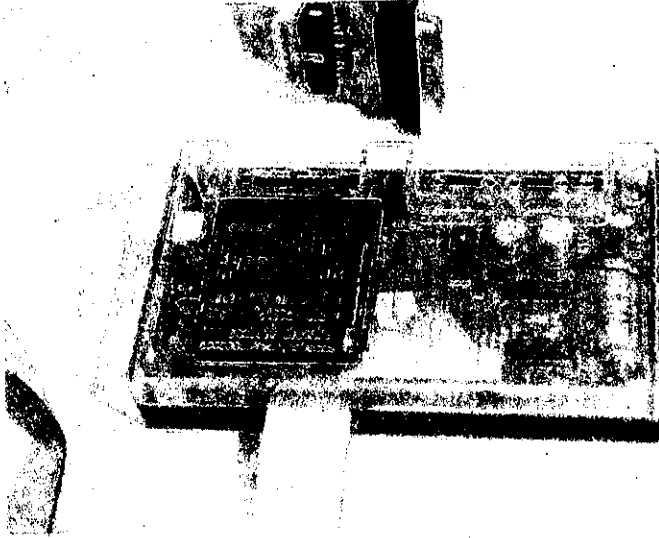
Resim 88: 30mm'lik yapı
bloğu X6 (R10)



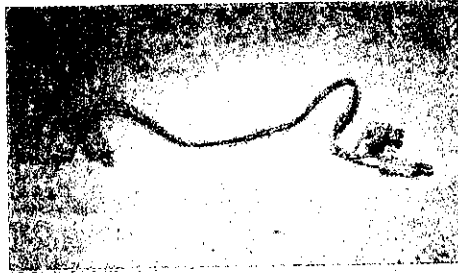
Resim 89: LDR bloğu X2 (R11)



Resim 90: 75mm' lik Alüminyum çubuk X2 (R12)



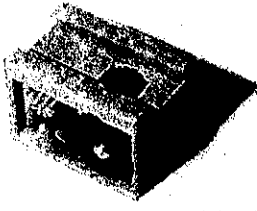
Resim 91: Ara birim X1 (R6)



Resim 92: Kablo fişlerinin bağlantı kabloları ile montajı (R13)



Resim 93: 90mm' lik alüminyum çubuk X1 (R14)



Resim 94: Motor dişli kutusu X2 (R15)



Resim 95: Eş açılı tek dilli yapı bloğu X2 (R16)



Resim 96: 15 mm'lik tek dilli yapı bloğu X7 (R17)



Resim 97: 7.5 mm'lik yapı bloğu X2 (R18)



Resim 98: Dişli ray X4 (R19)



Resim 99: Köşebent X2 (R20)



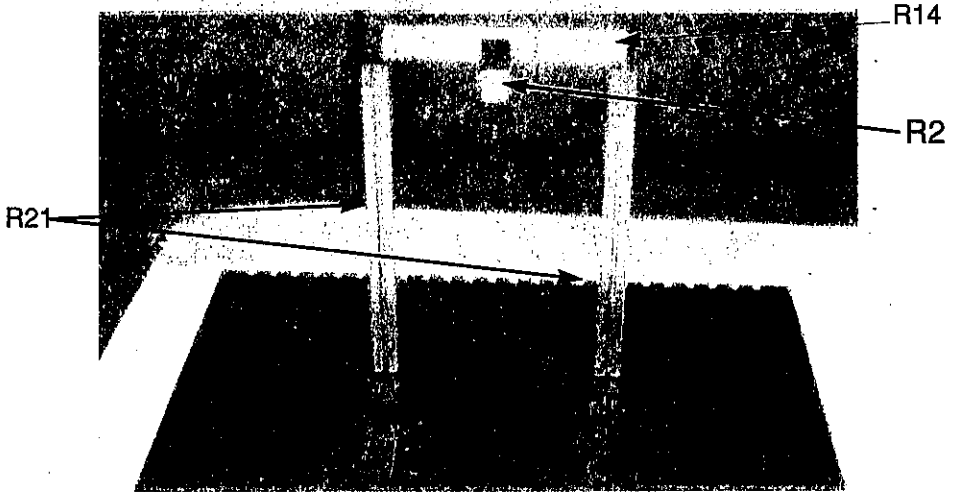
Resim 100: 210 mm'lik alüminyum çubuk X2 (R21)



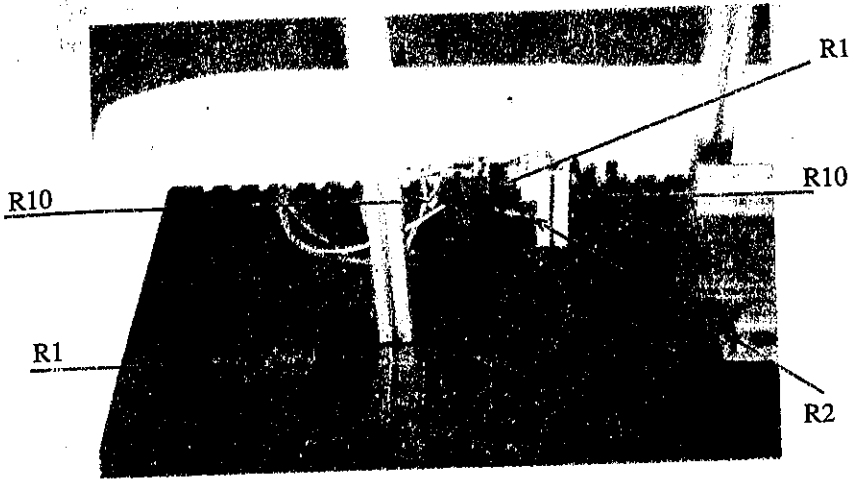
Resim 101: Panel kapağı X6 (R22)

8.3.7. Montaj

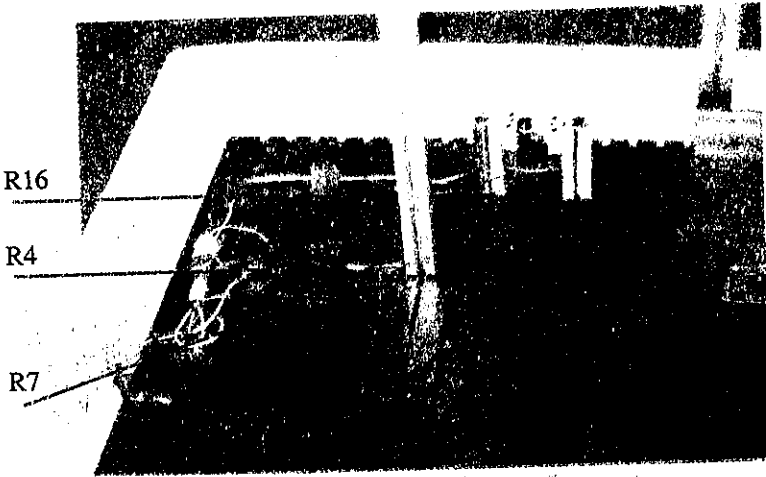
Otomatik kapı kontrolünü sağlayacak sistemi kurmak için yukarıda belirtilen malzemeler kullanılarak, adım adım montaj yapılması gerekir. Aşağıda farklı resimler üzerinde, montajın safhaları gösterilmiştir. Kullanılan malzemeler, resimler üzerinde ok işareti ile gösterilmiştir.



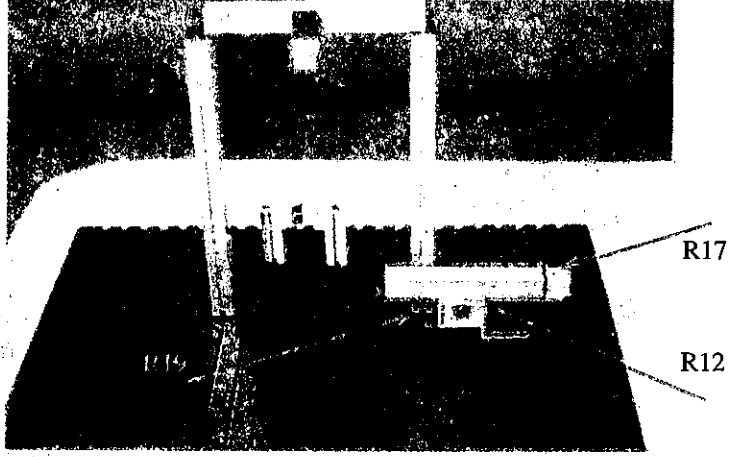
Resim 102: Montaj aşaması (R21, R14, R2 Nolu Parçalar)



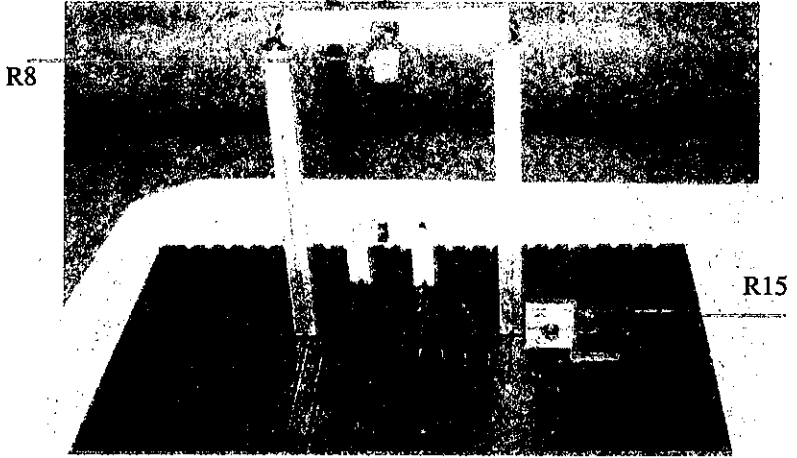
Resim 103: Montaj aşaması (R1, R2, R10 Nolu Parçalar)



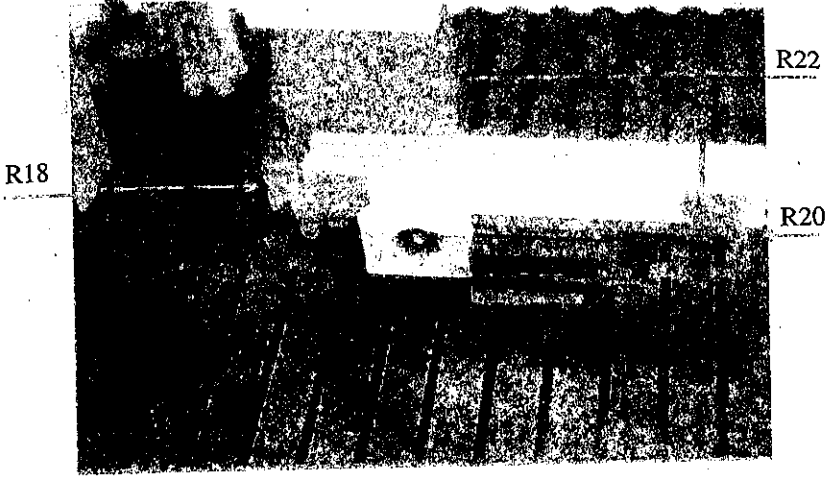
Resim 104: Montaj aşaması (R16, R4, R7 Nolu Parçalar)



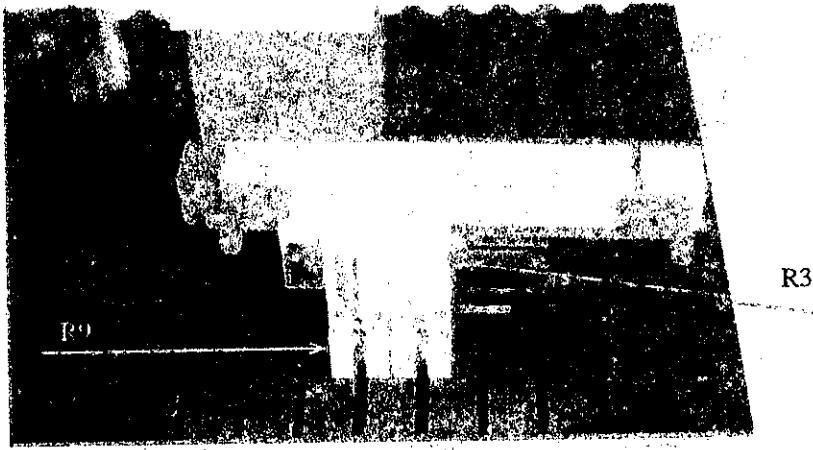
Resim 105: Montaj aşaması (R8, R15, Nolu Parçalar)



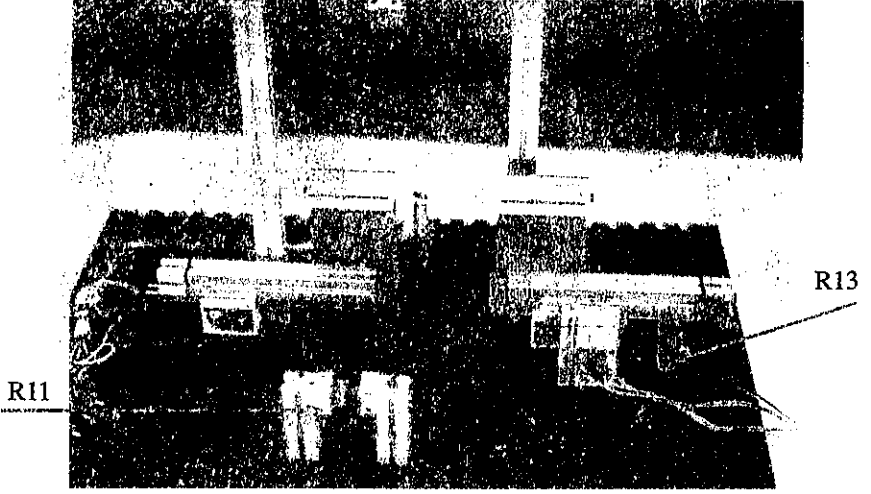
Resim 106: Montaj aşaması (R19, R17, R12 Nolu Parçalar)



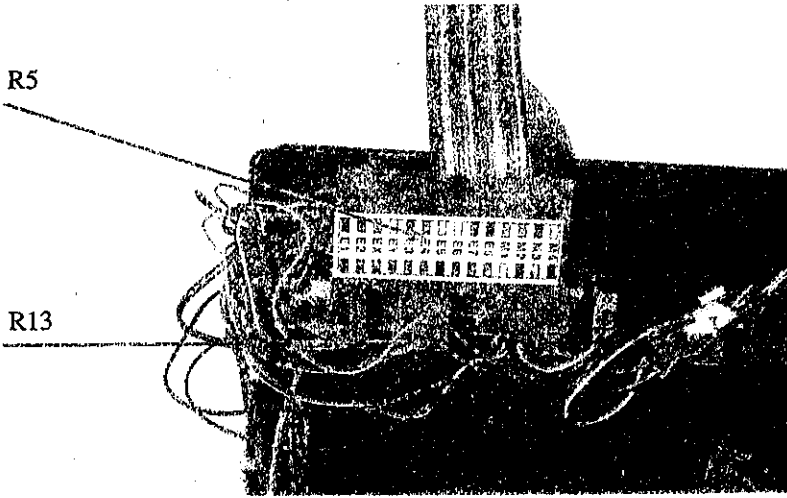
Resim 107: Montaj aşaması (R18, R20, R22 Nolu Parçalar)



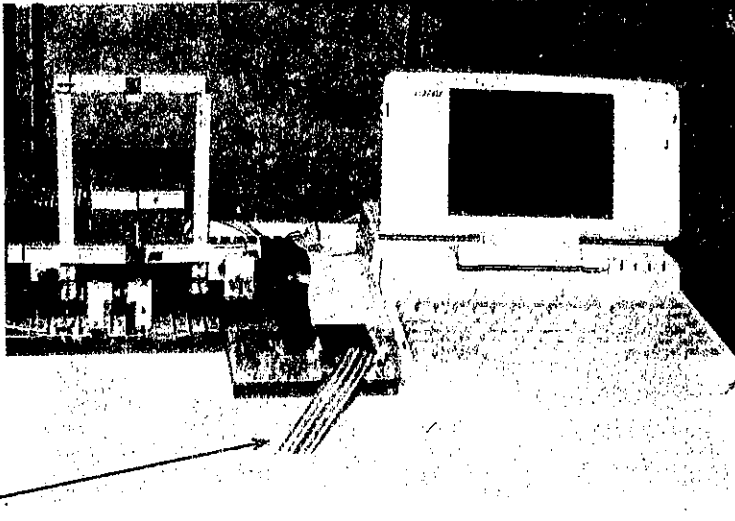
Resim 108: Montaj aşaması (R3, R9 Nolu Parçalar)



Resim 109: Montaj aşaması (R11, R13 Nolu Parçalar)



Resim 110: Montaj aşaması (R5, R13 Nolu Parçalar)



R6

Resim 111: Montaj aşaması (R6 Nolu Parça)

8.3.8. Program Yazılımı ve Açıklaması

Otomatik kapı kontrol projesinin bilgisayarla kumanda edilmesini sağlayan LOGO programlama diliyle yazılmış program ve çalışması aşağıda anlatılmıştır:

```

TO KAP
MCW "M3
MCW "M4
IF EQUALP STATUS "E2 1 [KAPA]
IF EQUALP STATUS "E1 0 [MSTOP "M1 MSTOP "M2]
IF EQUALP STATUS "E5 0 [ACIK]
IF EQUALP STATUS "E4 0 [ACIK]
KAP
END

```

Yukarıdaki program parçası, kontrol programının ana programını oluşturmaktadır. İlk satır, program parçasının ismini **KAP** olarak tanımlamak içindir. Alt satırlarda yer alan **MCW** komutuyla **M3** ve **M4** çıkışlarına bağlanmış olan lâmbalara bir darbe boyunca lojik 1 uygulanmasını sağlamaktadır. Böylece bu lâmbalar bir darbe süresinde ışık verir. Sonraki satırda yer alan **IF** komutuyla programın sürekliliği sırasında

kapının durumunun tespitini yapmak içindir. Şayet kapı herhangi bir başlangıç anında açık bulunuyorsa, kapının asıl başlangıç noktası olan kapalı konumuna dönmesini sağlayan **KAPA** adlı alt programa dallanmasını gerçekleştirir. Sonraki satırda yine süreklilik durumunda kapının herhangi bir başlangıç anını kontrol eder. Şayet kapı kapalı ise, kapıyı kapatan motorların çalışmamasını sağlar. Sonraki iki satır ise kapının her iki tarafına yerleştirilen fotorezistörlerin durumunu algılamak, dolayısıyla kapının açılmasını gerektirecek mesafede hareketli birinin olup olmadığını kontrol etmek içindir.

Şayet kapının açılmasına sebep (**IF EQUALP STATUS "E5 0 [ACIK], IF EQUALP STATUS "E4 0 [ACIK]**) olabilecek bir hareket mevcut ise, program **ACIK** isimli alt programa dallanarak kapının açılmasını sağlayacak program dizesini işletir. Daha sonraki satır ise programın sürekliliğini sağlamak için kendi içinde yer aldığı **KAP** isimli ana programı tekrar çağırır. Böylece lâmbalar bir darbe boyuca yanmasına rağmen sürekli ışık veriyormuş gibi görünür.

```

TO ACIK
IF EQUALP STATUS "E1 0 [KAPA]
MCW "M1
MCW "M2
WATCH "E1
MSTOP "M1
MSTOP "M2
IF EQUALP STATUS "E4 0 [DD]
IF EQUALP STATUS "E5 0 [DDD]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [KAPA]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [KAPA]
END

```

Yukarıdaki program parçacığı kapının açılmasını sağlayan alt programdır. İlk satırda program parçacığına **ACIK** ismi verilmiştir. Sonraki satırda kapının konumu kontrol edilmiştir. Şayet kapı açık ise kapının kapatılması için **KAPA** isimli alt programa dallanılmıştır. Sonraki iki satırda kapının kapalı olması hâlinde kapıyı açan **M1** ve **M2** motorları yine bir darbe süresince çalıştırılmıştır. Ancak alt satırdaki komut sayesinde **E1** anahtarı konum değiştirinceye kadar motorların çalışmasını sağlar. Sadece anahtar konum değiştirdiğinde alt satıra geçer. Alt satırda (**MSTOP "M1**) ise anahtar konumunu değiştirdiği için motorların durmasını sağlar. Yani bu durumda kapı açılmıştır. Daha sonra gelen satır-

larda ise kapının açık kalmasını gerektirecek bir hareketin olup olmadığı kontrol edilir. Şayet bir hareketlilik varsa kapının ayrı ayrı iki tarafı için kapının sürekli açık kalmasını sağlayan **DD** ve **DDD** alt programlarına dallanır. Yine hareketlilik olmaması durumunda kapının kapanmasını sağlayacak alt program çağırılır.

```

TO KAPA
IF EQUALP STATUS "E4 0 [ACIK]
IF EQUALP STATUS "E5 0 [ACIK]
IF EQUALP STATUS "E2 0 [MSTOP "M1 MSTOP "M2 KAP]
MCCW "M1
MCCW "M2
IF EQUALP STATUS "E2 1 [KAPA]
MSTOP "M1
MSTOP "M2
END

```

Yukarıdaki program parçacığı kapının kapanmasını sağlar. İlk satırda programa ismi **KAPA** olarak verilmiştir. Altındaki iki satırda yine kapı civarındaki hareketlilik algılanarak giriş çıkışın olması hâlinde kapının tekrar açılmasını sağlamak için kapıyı açan alt program çağırılmıştır. Bu sayede kapı kapanmak üzereyken bir giriş yapılsa bile, kapı bulunduğu pozisyondan geriye doğru hareket edip tekrar açılır. Altındaki satırda kapının konumunu kontrol etmek için **E2** anahtarı gözlenir. Şayet kapı zaten kapalıysa tekrar kapatılmaya çalışılmasını engeller. Daha sonra kapı zaten kapalı olduğu için ana programa geri döner. Kapının açık olması halinde **M1** ve **M2** motorları kapıyı kapatacak yönde tahrik edilir. Yine bir darbe şeklinde sinyal uygulandığı için sürekliliği sağlamak için devamlı kapının durumu kontrol edildiği hâlde **KAPA** isimli program kendisini çağırır. Kapı kapandığında hemen alt satırdaki **MSTOP** komutuyla motorlar durdurulur. Alt program bittiği için ana program işlemeye devam eder.

```

TO DD
IF EQUALP STATUS "E4 0 [MSTOP "M1 MSTOP "M2]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [KAPA]
DD
END

```

Yukarıdaki **DD** isimli alt program kapının bir tarafındaki hareketliliği algıladıktan sonra trafik yoğunluğu durumunda sürekli kontrol al-

tında kapının yoğun trafik sona erinceye kadar açık kalmasını sağlar. Yine süreklilik sağlamak için program kendi kendisini çağırır.

```
TO DDD
IF EQUALP STATUS "E5 0 [MSTOP "M1 MSTOP "M2]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [KAPA]
DDD
END
```

Yukarıdaki alt programda üsteki gibi trafiğin yoğun olduğu durumda kapının diğerine göre ters taraftaki algılayıcıyı sürekli kontrol ederek kapının açık kalmasını sağlar. Tabi bu programda kendi kendisini çağırarak sürekliliği sağlar.

8.4. Şifreli Otomatik Garaj Kapısı Kontrol Projesi

Özel şirketlerde ve özel güvenlik girişinin gerektiği yerlerde şifreli güvenlik kapısı kullanılır. Bu projede şifreli otomatik garaj kapısının kontrolü ile ilgili bir benzetim yapılacaktır. Kapının yanı sıra robot bir araba ve bir şifre çözücü kullanılacaktır. Montajda FISCHERTECHNIK robot montaj seti kullanılmıştır. Robot, Logo programlama dili ile kontrol edilmiştir.

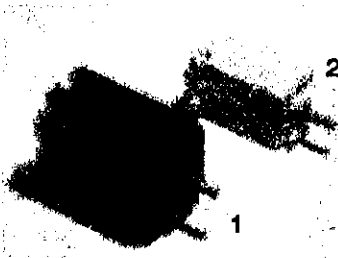
8.4.1. Projenin Amacı

Sistemde bulunması gereken tüm malzemeler araştırıldıktan sonra, çalışma sisteminin nasıl olacağı plânlanmıştır. Bu tasarıma göre garaj kapısına yaklaşan herhangi bir arabanın şifre kartı tanımlandıktan sonra garaj kapısının kendiliğinden açılması, arabanın garaja girmesi, içerideki algılayıcının arabanın girdiğini fark etmesi ve garaj kapısının tekrar kendiliğinden kapanması düşünülmüştür.

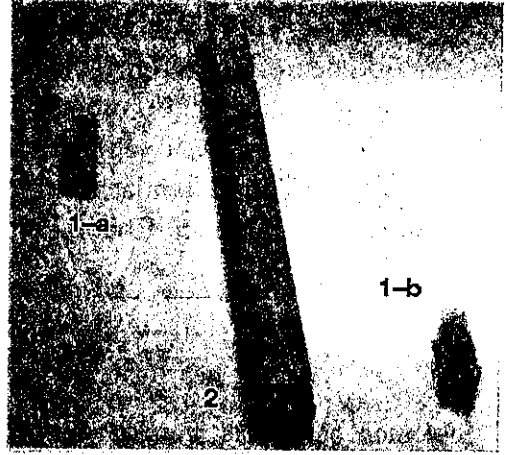
8.4.2. Malzeme Seçimi

Temel elemanlar olarak motorlar (M1, M2, M3), anahtarlar (E3, E5), fotodirenç (E4) ve fototransistörler (E1, E2) kullanılmıştır. Bu malzemelerin resimleri aşağıda verilmiştir.

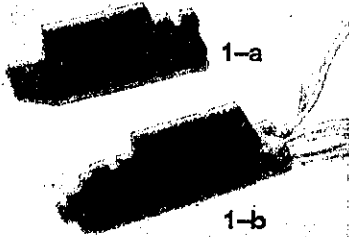
- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| - Motorlar | - Montaj Levhaları |
| - Alüminyum Çubuk ve Anahtarlar | - Mini Motor ve Dişli Takımı |
| - Fototransistörler | - Lâmba |
| - Fotodirenç | - Şifre Kartı |
| - Miller, Çarklar, Sıkıştırıcılar | - Arabirim |
| - Tekerlekler | - Adaptör |
| - Dişli Takımı | - Güç Kaynağı |
| - Yapı Blokları | - Bilgisayar |
| - Motor Dişli Takımı ve Kolları | |



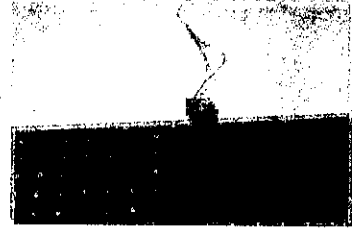
Resim 112: M1 ve M2 uçlarında sonsuz dişli mili bulunan motorlar (araba için 1 ve kapı için 2 no'lu parça kullanılmıştır)



Resim 113: Alüminyum çubuk ve anahtarlar kapının oluşumu için kullanılan alüminyum çubuk (2) ve kapının açılıp (1-a), kapanması (1-b) için kullanılan anahtarlar

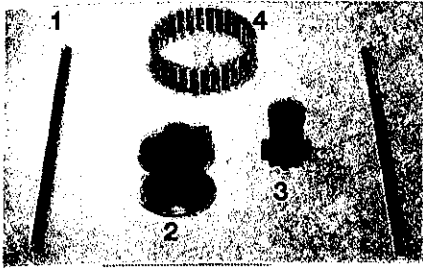


Resim 114: Fototransistörler şifre çözücü ve logo programında anahtar olarak kullanılan E1 (1-a), E2 (1-b) fototransistörler.

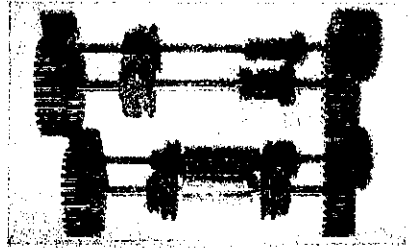


Resim 115: Fotodirenç arabanın garaja tam olarak girdiğinde kapının kapanmasını sağlayan yani algılayıcı olarak kullanılan fotodirenç.

8.4.3. Robot Araba İçin Kullanılan Malzemeler



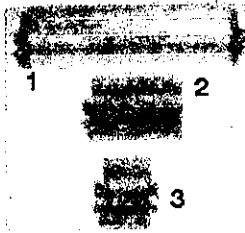
Resim 116: Miller, çarklar, sıkıştırıcılar ve tekerlekler robot arabanın hareketini sağlayan tekerlekler(4), bunların gövdeye bağlantısı için miller (1), gövdeden kaymaması için sıkıştırıcılar (2) ve hareket işlevi için çarklar (3).



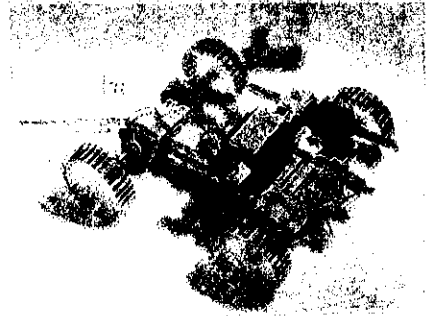
Resim 117: Yukarıdaki malzemelerin montajı tekerleklerin oluşumu için yapılan montaj.



Resim 118: Sonsuz dişli takımı robot arabaya hareket veren sonsuz dişli takımı (solda) ve bu takımın motor ile olan montajı (sağda).

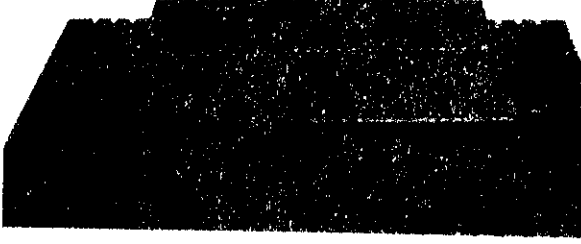


Resim 119: Alüminyum çubuklar ve yapı blokları arabanın gövde montajı için kullanılan alüminyum çubuklar (1), büyük yapı blokları (2) ve küçük yapı blokları (3).



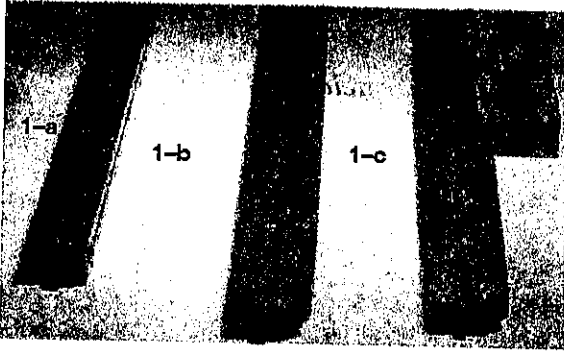
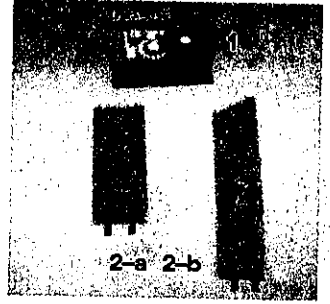
Resim 120: Robot arabanın genel montajı.

8.4.4. Kapı İçin Kullanılan Malzemeler



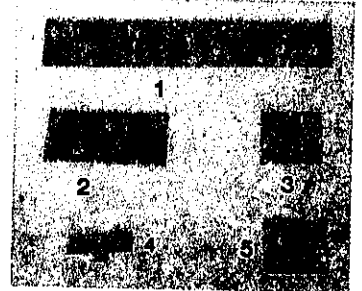
Resim 121:Montaj tablası kapının oluşumu için kullanılan zemin.

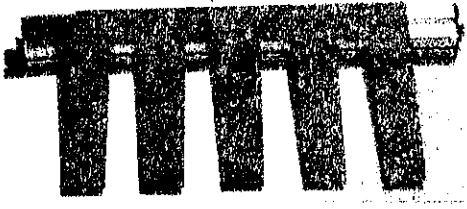
Resim 122: Motor dişli takımı ve dişli kolları kapının aşağı ve yukarı hareketini sağlayan dişli kollar (2-a, 2-b) ve bu dişlilerin üzerinde hareketi sağlayan motor dişli takımı (1).



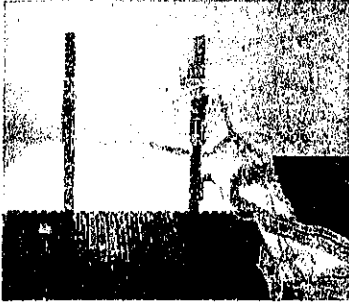
Resim 123:Yukarıdaki malzemelerin alüminyum çubuk (1-a) üzerine adım adım montajı (1-b-c)

Resim 124: Montaj levhaları kapının önden estetik görünüşü için kullanılan, büyük (1), orta (2), küçük (3) montaj levhaları, ara bağlantı pimi (4) ve kabloların düzenli görünümü için kullanılan sabitleyici (5).





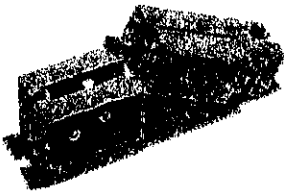
Resim 125: Yukarıdaki malzemelerin genel montajı.



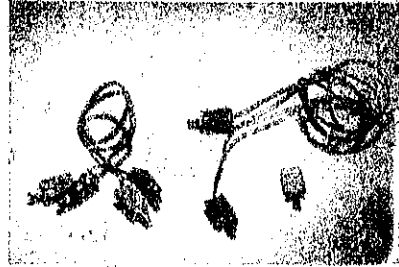
Resim 126: Kapının hareket kolları'nın montajı (solda). Kapının genel montajı (sağda).



8.4.5. Kapı Hareketi İçin Kullanılan Malzemeler

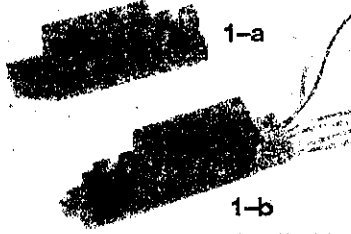


Resim 127: Mini motor ve dişli takımı kapının aşağı - yukarı hareketi için gereken malzemeler.

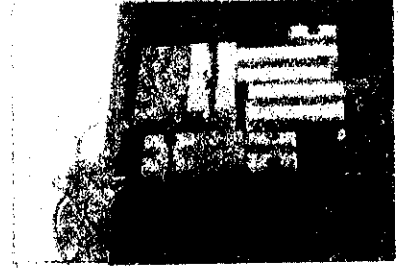


Resim 128: Bağlantı kabloları.

8.4.6. Şifre Çözücü İçin Kullanılan Malzemeler

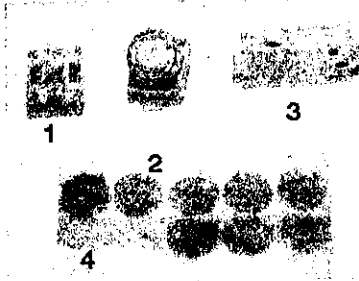


Resim 129: Fototransistörler şifre okuyucu olarak kullanılan malzemeler.



Resim 130: Şifre çözücünün genel görünümü .

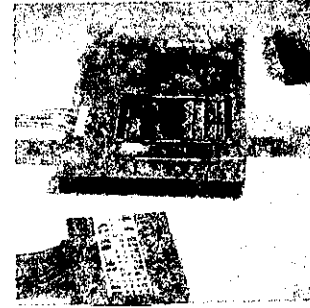
8.4.7. Kontrol İçin Kullanılan Malzemeler

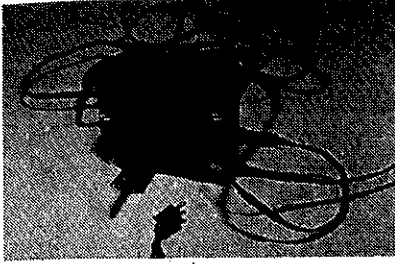


Resim 131: Lâmba, fotodirenç, anahtar, şifre kartı araba farı olarak kullanılan lâmba (1), araba girişi ve far algılayıcısı olarak kullanılan fotodirenç (2), kapının yukarı-aşağı konumlarını ayarlayan anahtar (3) ve kapının açılımı için gerekli olan şifre kartı (4).

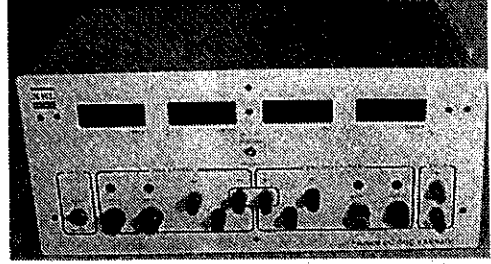


Resim 132: Ara-birim (Interface) bağlantı kabloları vasıtasıyla (solda) kapı ile bilgisayar arası bağlantıyı sağlayan ara birim (sağda)

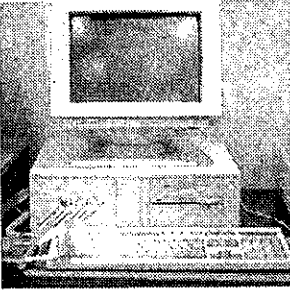




Resim 133: Adaptör arabirim beslemek için kullanılan adaptör

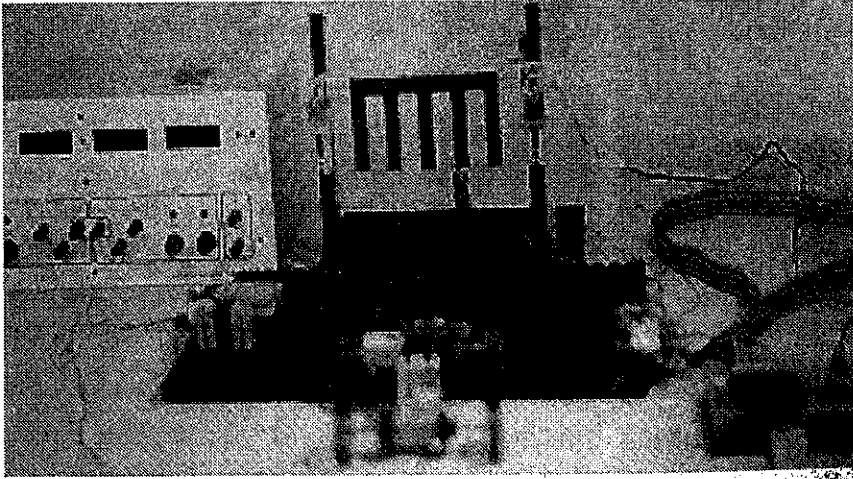


Resim 134: Güç kaynağı robot arabayı beslemek için kullanılan güç kaynağı .



Resim 135: Bilgisayar projenin logo dilinde yazılması ve projenin tüm kontrolünü sağlayan bilgisayar

8.4.8. Projenin Genel Görünümü



Resim 136: Tamamlanmış projenin genel görünümü

8.4.9. Hareket Elemanları

<u>HAREKET</u>	<u>ANAHTAR</u>	<u>MOTOR</u>
Kapının açılması	E 1 - E 2	M 1
Kapının üstte durması	E 3	
Kapının kapanması	E 4	M 1
Kapının altta durması	E 5	
Arabanın hareketi		M 2

8.4.10. Malzemeler Hakkında Kısa Bilgi

Programın açıklanmasına başlamadan önce malzemelerin genel yapısı hakkında kısa bir bilgi vermede fayda olduğuna inanıyoruz.

Fotosensörler

Fotosensörler, karşılıklı yerleştirilmiş bir fotoled ve bunun yaydığı ışığı algılayan fototransistörden oluşur. Bu elemanların genel özelliği; transistör iletimde olduğu zaman "1" konumunda olması, arasına yalıtkan (ışık geçirmeyen) bir cisim girdiğinde "0" konumuna geçerek kesime girmesidir.

Fotodirençler

Fotodirençler, üzerine düşen ışık şiddetine göre direnç değerleri değişen elemanlardır. Bu sete göre de fotodirençin üzerine ışık düştüğü zaman "0" konumundan "1" konumuna geçerler, böylelikle iletme girerler.

Anahtarlar

Sette kullanılan anahtarların "1" veya "0" olmak üzere iki konumu ve üç bağlantı ucu vardır. Buna göre robot kapı bağlantısında 1 nolu uç sürekli bağlı olmak üzere 2 veya 3 nolu uçlara bağlamamız gerekir. Bağlı olduğu uçlara (2 veya 3) göre basıldığında, anahtar konum değiştirir.

Motorlar

Sette kullanılan motorlar MCW (saat yönü) ve MCCW (saat yönünün tersi) olmak üzere iki durumdadır. Şifreli güvenlik kapısı projesine göre de bu konumlar aşağı ve yukarı olmak üzere değişmektedir:

8.4.11. Programın Yazılımı

```
TO BASLA
MSTOP "M1
IF EQUALP STATUS "E1 0 [GIT]
BASLA
END
```

```
TO GIT
IF EQUALP STATUS "E2 1 [MSW]
BASLA
END
```

```
TO MSW
MCCW "M1
WATCH "E3
MSTOP "M1
WATCH "E4
MCW "M1
WATCH "E5
MSTOP "M1
BASLA
END
```

8.4.12. Programın Açıklanması

```
TO BASLA
MSTOP "M1
IF EQUALP STATUS "E1 0 [GIT]
BASLA
END
```

Logo programlama diline göre tüm programlar "TO" komutu ile başlar. Bu programa göre de başlık olarak "BASLA" ismi verilmiştir. İkinci satırda MSTOP "M1 yazılmasının sebebi ise kontrol amaçlıdır. Bu komut motorun en son konumda sabit kalmasını sağlar.

Şifre kartı girildikten sonra şifre çözücü IF EQUALP STATUS "E1 0 [GIT] satırını gördükten sonra fototransistörlerden birini E1 anahtarı olarak tanır ve E1 = 0 ise "GIT" programına dallanır. Eğer E1 = 1 ise yani girilen ilk şifre yanlış ise "BASLA" programına tekrar döner.

```
TO GIT
IF EQUALP STATUS "E2 1 [MSW]
BASLA
END
```

İlk şifrenin doğru olması hâlinde (E1 = 0)"GIT" programına dallanılır ve program çalışmaya başlar ve ikinci satırdaki şifreyi kontrol eder. Eğer E2 = 1 ise bu sefer de MSW programına dallanır. E2 = 0 olması durumunda program ana program olan "BASLA" ya gider dolayısıyla motor ilk konumunda bekler.

```
TO MSW
MCCW "M1
WATCH "E3
MSTOP "M1
WATCH "E4
MCW "M1
WATCH "E5
MSTOP "M1
BASLA
END
```

Her iki şifrenin doğru olması hâlinde "MSW" programına dallanır. Programın işlemlerini sağlayan yer burasıdır. MCCW "M1 satırında yukarıda da belirttiğimiz gibi normalde bu komut saat yönünün tersine hareket etmektedir. Bu projede ise motor bulunduğu konumun tersine döner ve kapı açılır.

Kapı açılırken bu sırada bir alt satırdaki WATCH "E3 komutu ile E3 anahtarının konum değişikliğini bekleyerek kapı açılmaya devam eder. Kapı en tepe noktasına geldiğinde E3 konum değiştirir (0 ya da 1) ve bir alt satıra dallanır.

MSTOP "M1 satırında E3 ün hâl değiştirmesinden dolayı motor tepe noktada durur ve program yine bir alt satıra geçer.

Artık, kapı açılmıştır. Araba içeri girmeye devam ederken E4 anahtarı görevini yapan fotodirenç WATCH "E4 komutu ile kontrol edilip arabanın girişini kontrol eder. E4 konum değiştirdikten sonra garaj kapısının kapanması için programın bir alt satıra dallanması gerekir.

Burada MCW "M1 satırı ile kapı yavaş yavaş kapanmaya başlar ve alt satırdaki WATCH "E5 komutuna göre E5 anahtarının durum değişikliğine kadar bu olay devam eder.

MSTOP "M1 satırında E5 konum değiştirdiğinden motor durmak zorundadır. Yani kapı ilk başladığı konuma dönmüştür. Sonsuz bir döngü için bir alt satırına "BASLA" yazılması yeterlidir.

Programı çalıştırmak için komut satırına "BASLA" yazmamız gereklidir.

8.4.13. Sonuç

Bu çalışmada şifre ile çalışan otomatik bir garaj kapısının kontrolüne ait bir benzetim yapılmıştır. Proje, tamamen orijinal bir tasarımı kapsamakta ve bilgisayarla kontrolünü içermektedir. Eğitim amaçlı tasarlanan bu proje sayesinde, öğrencinin benzer projeleri tasarlaması, kontrolünü sağlaması ve bilgisayar destekli eğitimle konuyu öğrenmesi amaçlanmıştır.

8.5. Otomatik Araba Yıkama Projesi

Günümüz insanların en büyük problemi zamanı iyi bir biçimde kullanamamalarıdır. Modern teknolojiler kullanılarak, alışlagelmiş işlerin yürütülmesi için harcanan süre çok kısa tutulabilir, daha kaliteli işler yapılabilir ve maliyetler düşürülebilir.

Araba sayısı arttıkça, yeni araba yıkama yerlerinin sayısı da günden güne artış göstermektedir. Batı illerimizde benzin istasyonları yanında modern araba yıkama yerleri açılmakla birlikte, birçok ilde hala alışlagelmiş elle yıkama usulleri tatbik edilmektedir.

Otomatik araba yıkama sistemleri, otomasyon teknolojisi konusu kapsamındadır. Bu proje çalışmasında Fischertechnik robot montaj seti kullanılarak, otomatik araba yıkama ile ilgili bir benzetim yapılmakta ve bilgisayarla kontrolünün nasıl sağlandığı konusu işlenmektedir.

8.5.1. Giriş

Arabaların el değmeden, önce ıslatılıp köpüklenerek çok kısa bir zaman içerisinde otomatik fırçalar ile yıkanması, durulanması ve kurutulması işlemi için orijinal bir tasarım geliştirilmiş ve uygun bir program yazılarak yıkama işleminin kontrolü bilgisayarla sağlanmıştır.

İnsanların arabalarını yıkamak için harcadıkları süre normalde ortalama 30 - 60 dakika arasında değişmektedir. Buradaki tasarımda ise her şeyin bilgisayar kontrolünde otomatik olarak yapılması ve yıkama süresinin 10 dakikaya indirilmesi hedeflenmiştir.

Sistem, üç ana ünitelerden oluşmaktadır. Birinci ünite, araç, yıkama istasyonuna ilk girdiğinde algılayıcı sensör ile saptanacak, ön su püskürtme devresi tarafından tamamen ıslatılacak ve peşinden köpüklenme ünitesi ile araç köpüklenecektir.

İkinci ünite, araç, üst seviye algılayıcı sistem tarafından seviyesi algılanarak fırçalar ile aracın üstü ve aynı anda yan tarafları da yan fırçalama ünitesi tarafından fırçalanacaktır.

Üçüncü ünite; Araç algılayıcı sensör ile algılanacak, durulama ve kurulama işlemi yapılacaktır. Bu üç işlemin yapılması ile yıkama sistemine girmiş olan araç tamamen dış temizliği yapılmış olarak sistem dışına çıkacaktır.

8.5.2. Malzeme Seçimi

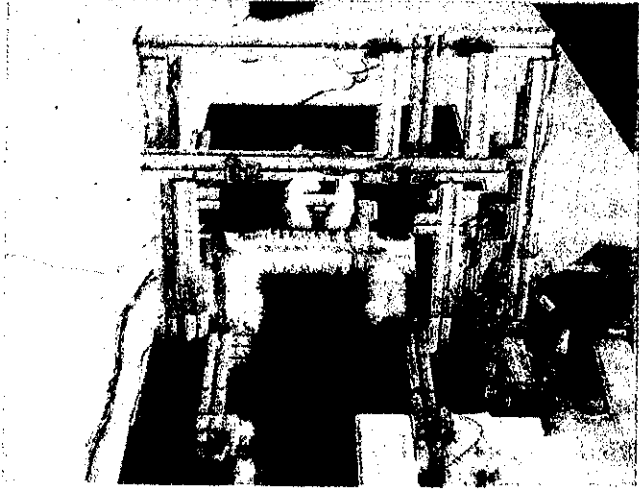
Sistemimiz temel olarak optik kontrollü olarak tasarlanmıştır (E2, E3). Bunun yanı sıra fırçaları döndürecek ve seviyeyi ayarlayacak motorlar (M1, M2) ve sistemi tamamen durduracak (E1) anahtarı kullanılmıştır.

Projede kullanılan malzemelerin listesi aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu malzemeler Fischertechnik robot seti kutusunda bulunmaktadır (Tablo 13).

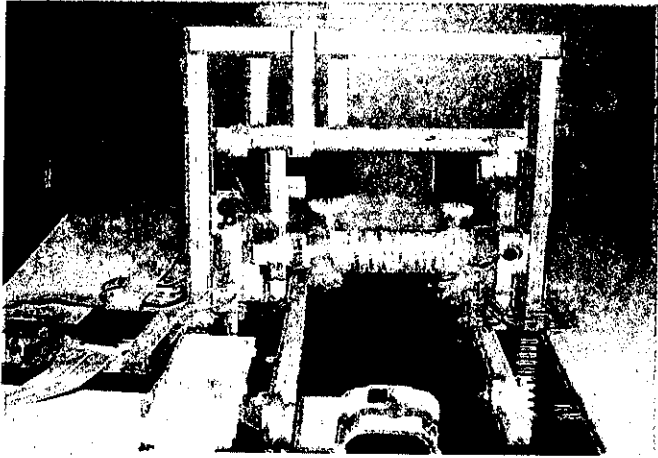
Malzemenin adı	Malzemenin adı
Seviye kontrolünü yapan optik algılayıcılar (Foto transistör 4 adet)	Işık kaynağı (5 adet)
Dişli ray için dişli kutusu (2 adet)	Redüktör kutusu çarksız (2 adet)
Panel (20 adet)	Kablo fişi
Çift mandallı yapı bloğu (5 adet)	Fırça sabitleyici yuva (1 adet)
Panel tutturucu	Panel tutturucu
7.5 mm lik yapı bloğu	Yıkama fırçaları
Elektronik devreleri kurmak için Bread Bord (2adet)	Bağlantı kabloları
15 mm lik yapı bloğu (10 adet)	30 mm lik yapı bloğu (15 adet)
Mini motor (3 adet)	Motor (2 adet)
Mikro anahtar (1 adet)	Tuttureç 25 mm
Tuttureç 10 mm	Kablo sıkıştırıcı
Dişli ray (7 adet)	Alüminyum profil

Tablo 13: Otomatik araba yıkama projesi için kullanılan malzemeler

8.5.3. Projeye Ait Genel Görüntüler

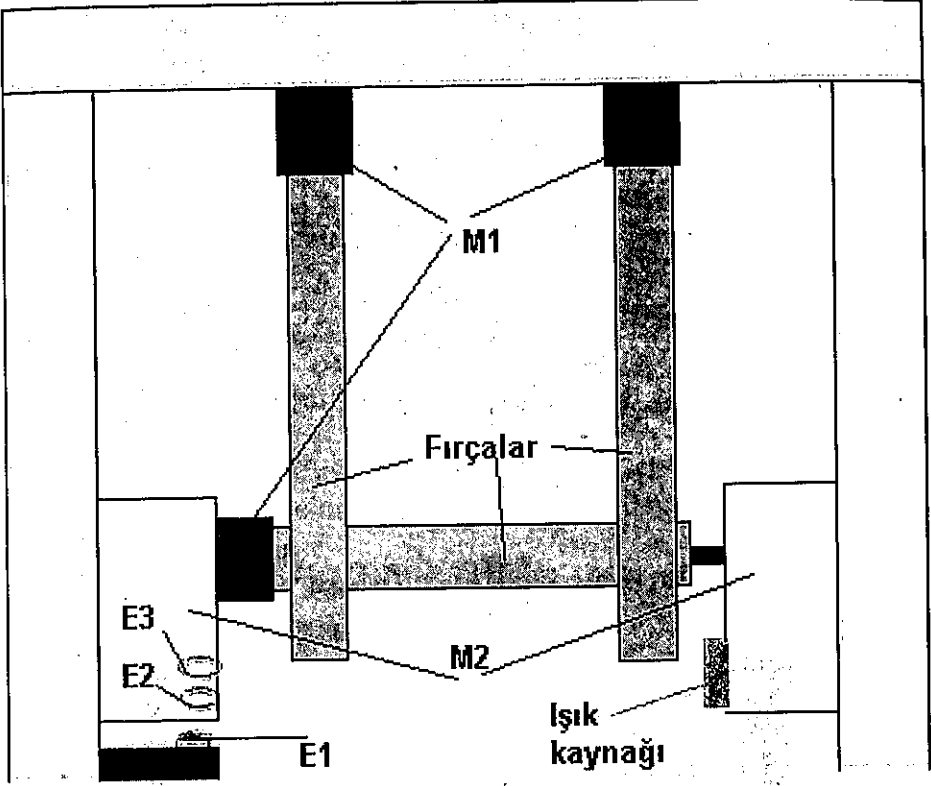


Resim 137: Montaja ait genel görünüm



Resim 138: Sistemin çalışır vaziyetteki görünümü

8.5.4. Yıkama Sistemi Yerleşim Planı

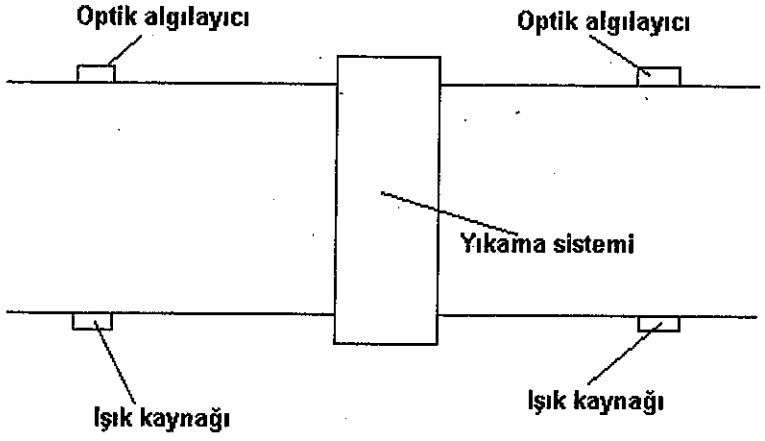


Şekil 93: Otomatik araba yıkama sistemi yerleşim plânı

- M1 : Fırça dönüş motorları
M2 : Üst yıkama aşağı yukarı hareketi
E1 : Sistem kapama anahtarı (Açık=0, Basılı iken=1)
E2, E3 : Araba seviyesini kontrol eden foto transistörler
(foto transistörler ışık aldığıında 1, ışık olmadığıında 0)

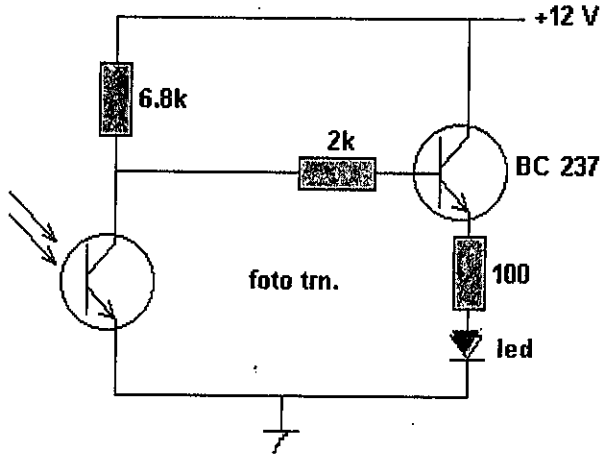
8.5.5. Genel Blok Yapı

Otomatik araba yıkama sisteminin blok yapısı aşağıda verilmiştir. Araba yıkama ile ilgili işlerde optik algılayıcılar asıl rolü üstlenmiştir.



Şekil 94: Otomatik araba yıkama devresinin blok genel yapısı

8.5.6. Optik Algılayıcı (Foto Transistör) Devresi



Şekil 95: Otomatik araba yıkama sisteminin optik algılayıcı devresi

8.5.7. Anahtarların Durumlarına Göre Sistemin Cevabı

	E1	E2	E3	DURUMLAR
1	0	1	-	M2 aşağı
2	-	0	-	M1 çalış
3	-	0	0	M2 yukarı
4	-	0	1	M2 dur
5	0	1	1	M2 aşağı
6	-	0	1	M2 dur
7	0	0	-	Git 2
8	1	1	-	Motorları durdur

Tablo 14: Otomatik araba yıkama projesine ait anahtarların konumu

8.5.8. Araba Yıkama Sisteminin Bilgisayarla Kontrolü (LOGO)

TO YIKA

IF EQUALP STATUS "E2 0 [M1CALIS]

MCCW "M2

IF EQUALP STATUS "E1 0 [YIKA]

MSTOP "M2

M1CALIS

END

TO M1CALIS

IF EQUALP STATUS "E2 0 [MCW "M1]

M2YUKARI

END

TO M2YUKARI

IF EQUALP STATUS "E2 1 [M2DUR]

IF EQUALP STATUS "E3 0 [MCW "M2]

M2DUR

END

TO M2DUR

IF EQUALP STATUS "E2 1 [M2ASAGI]

IF EQUALP STATUS "E3 1 [MSTOP "M2]

M2ASAGI

END

TO M2ASAGI

```

IF EQUALP STATUS "E1 1 [M2BEKLE]
IF EQUALP STATUS "E2 0 [M2BEKLE]
IF EQUALP STATUS "E3 1 [MCCW "M2]
M2BEKLE
END

```

TO M2BEKLE

```

IF EQUALP STATUS "E2 1 [TEKRARBAK]
IF EQUALP STATUS "E3 1 [MSTOP "M2]
TEKRARBAK
END

```

TO TEKRARBAK

```

IF EQUALP STATUS "E1 0 [M1CALIS]
IF EQUALP STATUS "E2 0 [M1CALIS]
SON
END

```

TO SON

```

MSTOP "M1
MSTOP "M2
M1CALIS
END

```

8.5.9. Programın Genel Açıklaması

Araba, sistem içerisine geldiği zaman E1 anahtarı basılı durumdadır. E2 anahtarı arabayı algıladığında, yıkama fırçaları otomatik olarak *MCW* "M1 komutu ile M1 motorları tarafından döndürülmeye başlar (M1 motorları artık sistem kapanıncaya kadar dönecektir = Sistemin kapanması demek arabanın yıkama sistemini terk etmesidir). E3 de algılayana kadar (algılama, foto transistör ile ışık kaynağı arasına arabanın girmesi ve foto transistöre düşen ışığın kesilmesi şeklindedir.) fırça seviyesi sabit kalacaktır. E2 ve E3 aynı anda arabayı algıladığında *MCW* "M2 komutu ile M2 motorları devreye girerek, üst yıkama fırçasını yukarıya doğru kaldırmaya başlar (E3 ışık alana kadar). E3 ışık aldığı anda seviye korunur ve yukarı hareketi bu şekilde devam eder.

Tavan yıkaması tamamlandığında ve arka cam seviyesi yıkanmaya başladığında E3 ile birlikte aynı anda E2 de ışık almaya başlar. Bu anda

MCCW "M2 komutu ile M2 motoru, E2 ışık görmeyene kadar aşağıya inerek fırçayı aşağıya indirir. E2 ışık algılamadığı ve E3 ışık algıladığı anda seviye sabit tutulur. Bu şekilde de aşağı hareketi sağlanır. Araba, sistem içerisinden tamamen çıktığında; E1 anahtarı basılı duruma, ayrıca E2 ve E3 ışık alır duruma geldiğinde fırçaların dönmesi durur. Sistem yeni bir arabayı optik olarak algılayıncaya kadar bekleme durumunda kalır. Yeni bir araba algılandığı anda sistem tekrar çalışmasını sürdürür.

8.5.10. Sonuç

Fischertechnik robot montaj seti kullanılarak eğitim amaçlı hazırlanan bu proje sayesinde, otomatik araba yıkama sistemi benzetimi yapılmış ve bir bilgisayarla kontrolü sağlanmıştır. Bu proje sayesinde, uygun bir araba yıkama sisteminin nasıl tasarlanabileceği ve kontrolünün LOGO ile nasıl yapılabileceği gösterilmiştir. Eğitim amaçlı robotların, farklı düşüncelerdeki otomasyonlara imkân tanınması, özgün projelerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

8.6. Otomatik Meyve Soyma ve Dilimleme Projesi

Özellikle elektronik ve bilgisayar alanındaki gelişmeler, insanların yaşamını daha kolay bir hâle getirmektedir. Çağımız bilgi ve teknoloji çağıdır ve artık birçok alanda insan gücü yerine makineler, robotlar, aletler ve cihazlar kullanılmaktadır. Sanayinin bazı alanında zor şartlarda çalışan insanların yerini artık, robotlar almıştır. Robotlar sayesinde daha kısa zamanda, daha fazla iş yapılmaktadır.

Robotlar sadece sanayide kullanılan makineler olmaktan çıkmış ve birçok değişik alanlarda da kullanılmaları söz konusudur. Hatta mutfaqlarda hanımların hizmetine sunulan basit aletler dahi "*mutfak robotu*" adı ile pazarlanmıyor mu?

"*Mutfak robotu*" ifadesi hanımlar arasında sık kullanılıncaya, acaba gerçekten hanımların mutfak işlerinde yardımcı olacak ve mikro işlemcilerle sevk ve idare edilen aletler tasarlanamaz mı diye insan düşünür olmuştur.

8.6.1. Projenin Konusu ve Amacı

Meyvelerin (elma, portakal, ayva vb.) el değmeden kabuklarının soyulması, dilimlenmesi ve servise hazır hâle getirilmesi, bu yazımın konusunu oluşturmaktadır. Projenin amacı ise; evlerde, fabrika veya şirketlerin yemekhanelerinde, barlarda, restoranlarda, lokantalarda, zamandan tasarruf ve el değmeden daha sıhhatli bir şekilde meyvelerin servise hazır hâle getirilmesi için benzetim yoluyla basit bir robotun montajı ve bilgisayarla kontrolünün sağlanmasıdır. Piyasaya sürülen bir çok makine, alet veya cihaz, netice itibarıyla insanlığa hizmet için kullanılır. Bu hizmet yerine getirilirken de harcanan zaman çok kısa tutulabilmektedir. Ancak, makinelerin ve otomasyon teknolojisinin bu kadar gelişmesi, insanın istihdam alanlarını da daraltmaktadır.

8.6.2. Fonksiyon ve Malzeme Seçimi

Sistem üç ana kısımdan oluşmaktadır. Sistemimizde örnek meyve olarak, elma ele alınmıştır.

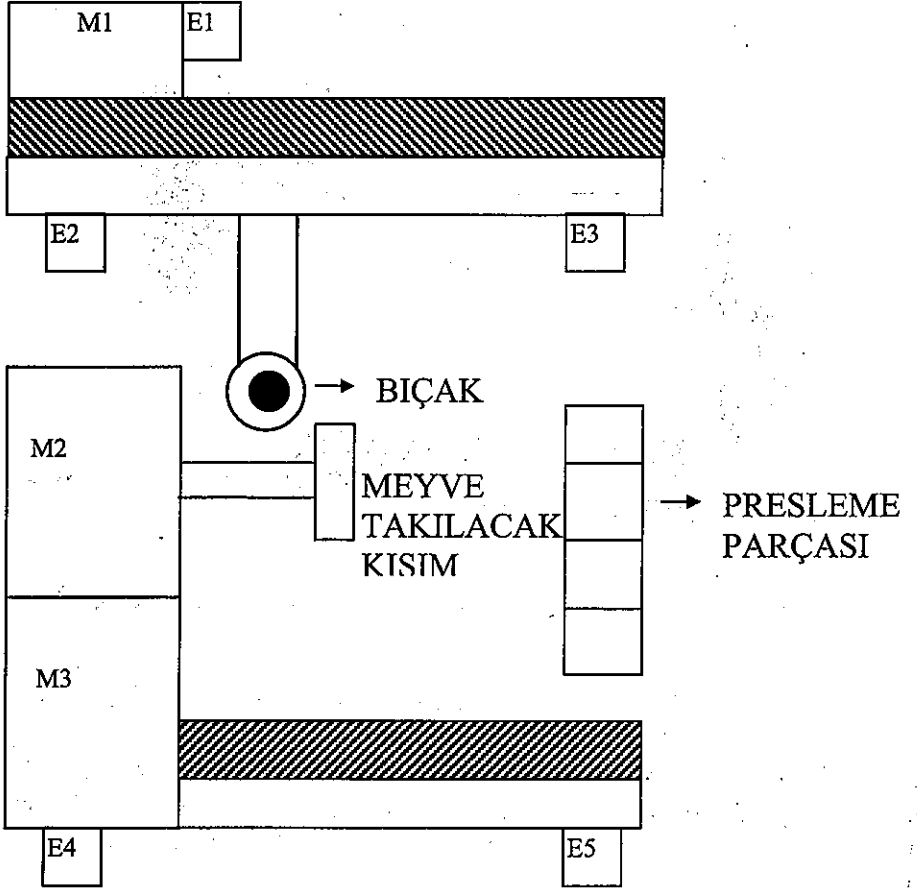
- I. KISIM : Elma mile takılıp kapak kapatıldığı an soyma işlemi gerçekleştirilir.
- II. KISIM : Soyma işlemi bittikten sonra dilimleme sistemi devreye girmektedir.
- III. KISIM : Elma servise hazır hâle geldikten sonra sistem tekrar ilk konumuna gelir.

Sistemimizde genel olarak motor hareketleri anahtarlarla sınırlandırılmaktadır. Projede 3 adet motor ve 5 adet anahtar kullanılmıştır. Motorların hareketleri için ray sistemi ve dişli grupları da sisteme eklenmiştir.

8.6.3. Sistemde Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

- Meyvenin cinsine ve ebadına göre bıçak yay gerginliği ve dilimleme parçası ayarlanmalıdır.
- M1 ve M2'nin devirleri ayarlanabilmelidir. M2'nin devri M1'e göre 10 kat daha hızlı olmalıdır.
- Elektrik kesilmesi durumunda sistem otomatik olarak başlangıç durumuna dönebilmelidir.
- Kesici bıçak kapakla birlikte bir mil ile hareket ettirilmelidir.

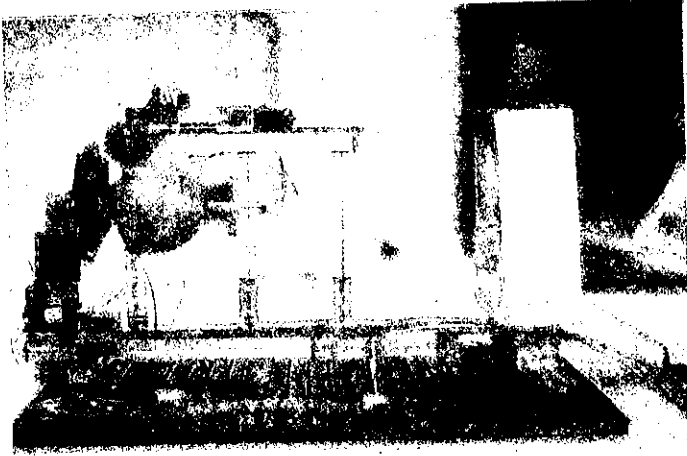
Şekil 96 da montajı gerçekleştirilen otomatik meyve soyma ve dilimleme makinesinin yerleşim plânının şematik görünümü verilmiştir. Şekildeki M harfleri motorları, E harfleri ise sistemdeki sınırlılıkları kontrol eden anahtarları simgelemektedir.



Şekil 96: Otomatik meyve soyma ve dilimleme makinesinin şematik görünüşü

8.6.4. Sistemin Çalışma Prensipleri

Montajı gerçekleştirilen makinenin genel bir görünümü aşağıda verilmiştir. Sistem çalışmadan önce E2 ve E4 anahtarları "1", diğer anahtarlar ise (E1, E3, E5) "0" konumundadır.



Resim 139: Otomatik meyve soyma ve dilimleme makinesinin resmi

Elma mile takılıp kapak kapatıldığı an E1 anahtarı "1" olacak ve M1 ve M2 motorları çalışacaktır. M1 soyucu bıçakla birlikte ray üzerinde hareket ederken, M2 motoru elmayı kendi çevresinde 360° döndürmektedir. Motorların bu hareketleri sonucunda soyma işlemi gerçekleşir. M1 motoru ileri doğru hareket ederken, E3 anahtarının konumunu 0'dan 1 konumuna dönmesini sağlar. Bu anda M1 motoru geri döner ve M2 motoru durur.

Geri dönen M1 motoru E2 anahtarının konumunu 0'dan 1'e değiştirdiği an, M3 motoru yardımıyla dilimleme kısmı çalışır. M3 motoru mile takılı elmayı dilimleme kısmına raylı sistem ile götürür. Dilimleme gerçekleştiği an M3 motoru E5 anahtarının konumu 0'dan 1'e getirir. Bu durumda M3 motoru geri doğru hareket eder. Bu işlem E4 anahtarının konumu 0'dan 1'e dönüşüne kadar devam eder. Bu işlem sonunda sistem ilk konumuna geri dönmüştür.

Sistem, E2 ve E4 anahtarlarının konumunu izlemektedir. Elektrik kesilmelerinde sistem ilk konumuna dönmektedir.

8.6.5. Programı Kontrol Eden Yazılım

Montajı gerçekleştirilen sistemin çalıştırılabilmesi için, bir PC kullanılmış ve bilgisayarın paralel portuna bağlanan bir arabirim aracılığı ile sistem kontrol edilmiştir. Sistemi kontrol eden yazılım aşağıda açıklanmalarıyla verilmiştir.

```
TO BAŞLA
IF EQUALP STATUS "E2 1 [BAŞLA]
MCW "M1
WATCH "E2
MSTOP "M1
BAŞLA1
END
```

Programın ilk başladığı kısma BAŞLA adı verilmiştir. Program çalıştırıldığında ilk olarak E2 anahtarının durumuna bakılır. Anahtara basılınca (E2=1), BAŞLA1 isimli alt program çalıştırılmaktadır. E2 anahtarı basılı değilse, program bir alt satıra geçmekte ve M1 motoru çalıştırılarak geri dönülmektedir. WATCH komutu ile E2 anahtarı izlenmektedir. M1 motoru E2'ye basıp anahtarı kapattığında, M1 durmakta ve BAŞLA1 alt programı çalışmaktadır.

```
TO BAŞLA1
IF EQUALP STATUS "E4 1 [BEKLE]
MCW "M3
BEKLE
END
```

Bu bölüm çalıştırıldığında ilk olarak E4 anahtarı kontrol edilir ve E4 anahtarına basılıyorsa BEKLE isimli alt programa geçilir. Anahtar basılı değilse, M3 motoru çalıştırılır ve aynı zamanda WATCH komutuyla E4 anahtarı gözlenir. E4'e basıldığında M3 motoru durarak BEKLE alt programına geçilir. BAŞLA ve BAŞLA1 isimli alt programların görevi sistem çalıştığında, başlangıç konumunda değilse sistemi başa döndürmektir.

```
TO BEKLE
MSTOP "M1
```

```

MSTOP "M2
MSTOP "M3
IF EQUALP STATUS "E1 0 [BEKLE]
MCCW "M1
MCCW "M2
SOYMA1
END

```

Burada ilk olarak daha önceden herhangi bir sebeple çalışan motorlar varsa, önce o motorların tümü durdurulur. Daha sonra E1 anahtarının durumuna bakılır. E1 sistemin çalışması için kullanılan kapak anahtarıdır ve basılı değilse sistem çalışmaz ve *BEKLE* alt programında kalır. E1 anahtarına basıldığında aşağıdaki komutlar işlemeye başlar ve M1 ile M2 motorları ileri yönde dönmeye başlar. M1 bıçağı ileri doğru taşınırken M2'de meyvenin yerinde dönmesini sağlar, böylece soyma işlemi yapılmış olur. Sonra *SOYMA1* alt programına geçilir.

```

TO SOYMA1
IF EQUALP STATUS "E3 0 [SOYMA1]
MCW "M1
MSTOP "M2
SOYMA2
END

```

SOYMA1 alt programı çalıştığında, E3 anahtarının durumuna bakılır. *BEKLE* alt programıyla ileri doğru hareket eder. M1 motoru E3'ün üzerine kadar gelecektir. E3'e basılmadığı sürece *BEKLE* çalışacaktır. Basıldığında E3'ün konumu 1 olur ve *SOYMA1* alt programı işlemeye başlar. MCW'nin dönme yönü değişir ve geriye hareket başlar. M2 ise durur ve *SOYMA2*'ye geçilir.

```

TO SOYMA2
IF EQUALP STATUS "E2 0 [SOYMA2]
MSTOP "M1
DİLİMLEME
END

```

Burada yapılan tek şey E2 anahtarının durumuna bakmaktır. E2 anahtarı, 0 olduğu sürece *SOYMAI* çalışır. E2 anahtarı 1 olduğunda (basıldığında), M1 motoru durur ve *DİLİMLEME* alt programına geçilir.

```
TO DİLİMLEME
IF EQUALP STATUS "E4 0 [DİLİMLEME]
MCCW "M3
DÖNÜŞ
END
```

Bu bölümde E4 anahtarının konumuna bakılır. Anahtara basılınca *DİLİMLEME* çalışır ve M3 motoru ileri yönde hareket ederek ray üzerinde sistemi ileriye taşır ve *DÖNÜŞ* alt programına geçilir.

```
TO DÖNÜŞ
IF EQUALP STATUS "E5 0 [DÖNME]
MCW "M3
DURMA
END
```

Sistem ileri doğru hareket ederken, E5 anahtarının konumuna bakar. E5'e basılı olmadığı sürece, M3 ileri doğru hareket eder. E5'e bastığı anda *DÖNÜŞ* alt programı çalışır ve M3 motoru dönmeye ve sistemi geri döndürmeye başlar. Daha sonra *DURMA* alt programına geçilir.

```
TO DURMA
IF EQUALP STATUS "E4 0 [DURMA]
MSTOP "M3
BİTİŞ
END
```

Bu bölümde E4 anahtarı gözlenir. E4 anahtarı 0 olduğu sürece M3'ün geriye hareketi devam eder. E4'e basıldığı anda M3 motoru durdurulur ve *BİTİŞ* alt programı çalışır.

```
TO BİTİŞ
IF EQUALP STATUS "E4 1 [BİTİŞ]
END
```

Bu bölümde E4 anahtarı basılı kaldığı sürece sistemin aynı konumda beklemesi sağlanmıştır.

8.6.6. Sonuç

Otomatik meyve soyma ve dilimleme makinesinin montajı ve benzetim yöntemiyle çalıştırılması sağlanmıştır. Bu proje yapılırken, amaç bir tasarım geliştirmek ve programlama tekniklerini öğretmektir. Bu tür bir makinenin gerçekte yapılıp ve kullanıcıların hizmetine sokulması, bu alanda çalışan sanayicilerimizin uğraş alanına girer. Burada verilen tüm bilgileri, elbette ki olduğu gibi imâlata geçirmek kolay değildir. Ancak bu düşünceden hareket ederek, uygun bir otomatik meyve soyma ve dilimleme makinesi imal edilebilir.

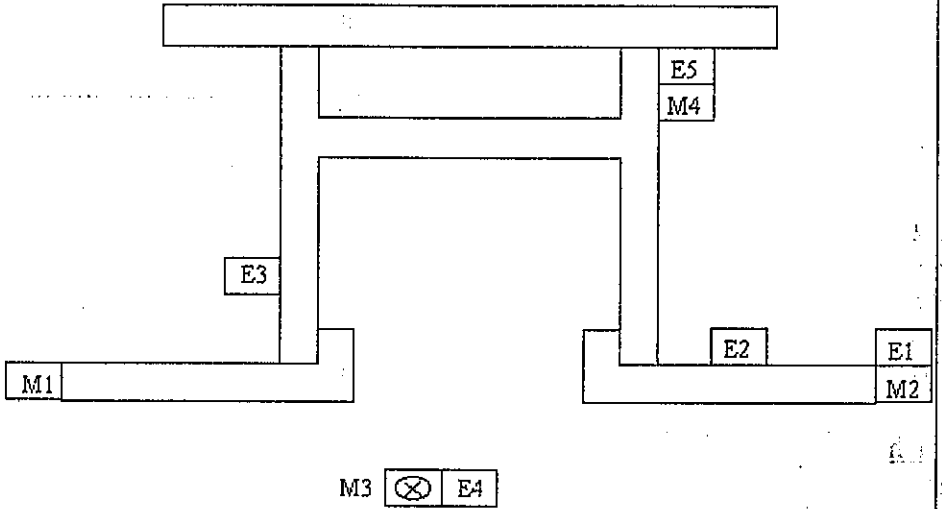
8.7. Kapı Kontrollü Asansör Projesi

Hareketli bir cisimi gördüğünde kapılarını açan otomatik kapıları birçok yerde görmek mümkündür. Bu ister bir süper marketin kapısı, ister bir bankanın veya otelin kapısı veya bir asansörün kapısı olsun, tümünde otomasyon özellikleri birbirine benzer. Aralarındaki fark sadece yaptığı işlevlerin değişikliklerinden kaynaklanır.

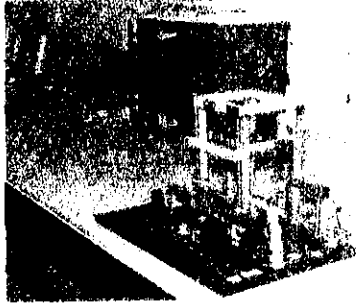
Bu benzetim projesinde asansör kapısına yaklaşıldığında, kapılarını otomatik açan, daha sonra asansöre giriş olmadığında kapılarını kapan ve yukarıya yükselen bir kontrolün bilgisayarla yapılması anlatılacaktır.

8.7.1. Sistemin Çalışma Esasları

Başlangıçta E4 anahtarı ve M3 motoru ile ışık kontrolü yapılmaktadır. Asansör ikinci katta olduğunda, ışığın önü kesilirse asansör ikinci kattan aşağı inmektedir. İlk kontrol, ışığın denetlenmesi ile asansörün aşağı indirilmesidir (Şekil 97).



Şekil 97: Kapı kontrollü asansör projesinin şematik çizimi



Resim 140: Kapı kontrollü asansör projesinin genel görünüşü

8.7.2. Kapıların Kontrolü

M1 ve M2 motorları ile asansör girişindeki kapıların açılıp kapanması sağlanır. Birinci kontrolde ışığın önü açıksa, kapılar açılıp kapanır. Kapıların kontrolünde E4 anahtarının ve M3 motorunun 1 durumunda olması gerekmektedir.

8.7.3. Asansörün Yukarı Çıkmasının Kontrolü

Kapıların kontrolü yapıldıktan sonra, E3'ün 0 olması durumunda asansör yukarı çıkmaya başlar.

Motorların görevleri

- M1 : Sol kapının yatay düzlemde ileri ve geri hareketi
- M2 : Sağ kapının yatay düzlemde ileri ve geri hareketi
- M3 : Işığı kontrol eden motor
- M4 : Asansörün aşağı ve yukarı hareketini sağlayan motor

Anahtarın görevleri

- E1 : Sağ kapının açılabilceği en uç noktayı kontrol eden anahtar
- E2 : Sol kapının açılabilceği en uç noktayı kontrol eden anahtar
- E3 : Asansörün aşağıya inebileceği en uç nokta
- E4 : Işık kontrollü yapan anahtar
- E5 : Asansörün yukarıya çıkabileceği en uç nokta

Robot hareketleri

Hareket	Motor	Anahtar
Aşağı hareket	M4	E3
Yukarı hareket	M4	E5
Sağa-sola hareket	M2 ve M1	E1 ve E2
Işık Kontrolü	M3	E4

Tablo 15: Kapı kontrollü asansör devresinde robot hareketleri**8.7.4. Program**

Sistemi kontrol eden program yazılımı, toplu olarak aşağıda verilmiştir:

TO BASLA

```
MCW "M3
IF EQUALP STATUS "E4 0 [ACMA]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [KAPAMA]
IF EQUALP STATUS "E2 0 [YUKARI]
BASLA
END
```

TO ACMA

```
IF EQUALP STATUS "E5 0 [ASAGI]
IF EQUALP STATUS "E2 0 [MCCW "M1 MCCW "M2]
IF EQUALP STATUS "E2 1 [ACMA]
IF EQUALP STATUS "E1 0 [MSTOP "M1 MSTOP "M2]
END
```

TO KAPAMA

```
IF EQUALP STATUS "E1 0 [MCW "M1 MCW "M2]
IF EQUALP STATUS "E2 1 [KAPAMA]
IF EQUALP STATUS "E2 0 [MSTOP "M1 MSTOP "M2]
END
```

TO ASAGI

```
IF EQUALP STATUS "E5 0 [MCCW "M4]
IF EQUALP STATUS "E3 1 [ASAGI]
IF EQUALP STATUS "E3 0 [MSTOP "M4]
END
```

TO YUKARI

```
IF EQUALP STATUS "E3 0 [MCW "M4]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [YUKARI]
IF EQUALP STATUS "E5 0 [MSTOP "M4]
END
```

8.7.5. Program Bölümlerinin Açıklanması

Montajı gerçekleştirilen kapı kontrollü asansör benzetim sistemi ni kontrol etmek için LOGO programlama dili kullanılmıştır. Kontrol amacıyla kullanılan yazılım yukarıda verilmiştir. Program satırlarının anlamları ise aşağıda açıklanmıştır.

BASLA BÖLÜMÜ

MCW "M3 ile LDR'yi gören lâmba yanmaktadır. LDR lâmbayı gördüğü durumda E4 1'dir.

IF EQUALP STATUS "E4 0 [ACMA]

LDR ile lâmba arasına insan girdiğinde LDR lâmbanın ışığını göremeyeceği için E4 anahtarı sıfır olacak ve program ACMA adlı bölüme gidecektir. Şayet bu şart sağlanmadıysa, E4 1 olarak kalacak ve program KAPAMA bölümüne gidecektir.

IF EQUALP STATUS "E4 1 [KAPAMA]

E4 anahtarının konumu 1 ise, program KAPAMA bölümüne gidecektir. Yani LDR ile lâmba arasındaki kişi kapı açıldıktan sonra asansöre bindikten sonra, LDR tekrar ışığı gördüğünde, E4 anahtarı 1 olacaktır. E4 1 olduğunda, program akışı KAPAMA bölümüne gidecektir.

IF EQUALP STATUS "E2 0 [YUKARI]

şartı sağlanıyorsa, program YUKARI bölümüne gidecektir. Kapılar kapalı (E2 0) olduğunda, program YUKARI bölümüne gidecektir.

ACMA BÖLÜMÜ

IF EQUALP STATUS "E5 0 [ASAGI]

satırıyla, eğer E5 0 ise program ASAGI bölümüne gidecektir. E5'in 0 olması, asansörün 2. katta olduğu anlamını taşımaktadır. Asansör ikinci katta bulunduğu, E5 anahtarı basılı (yani E5 0) durumdadır. İlk olarak E5'in 1 olduğunu kabul edelim.

IF EQUALP STATUS "E2 0 [MCCW "M1 MCCW "M2]

satırıyla, eğer E2 0 ise M1 ve M2 motorları ters yönde çalıştırılır. E2'nin 0 olması, kapıların kapalı ve E2 anahtarının basılı olduğu anlamını taşır.

IF EQUALP STATUS "E2 1 [ACMA]

satırıyla, eğer E2 1 ise program ACMA bölümüne dallanır. Yani E2 1 olduğu sürece kapı açma işlemine devam edilir.

IF EQUALP STATUS "E1 0 [MSTOP "M1 MSTOP "M2]

Bu ifade ile eğer E1 0 ise motorun ikisini de durdurma (M1 ve M2) işlemi yaptırılır. Kapılar tam açıldığında E1 basılı duruma geçecek ve 0 konumunu alacaktır. Kapılar açılacak ve bundan sonra program BASLA bölümüne dönecek ve kaldığı yerden devam edecektir.

KAPAMA BÖLÜMÜ**IF EQUALP STATUS "E1 0 [MCW "M1 MCW "M2]**

E1 0 ise, yani kapılar açıksa, M1 ve M2 motorları çalıştırılmaktadır.

IF EQUALP STATUS "E2 1 [KAPAMA]

şartı sağlandığı sürece kapı kapatma işlemi devam edecektir. Kapılar kapandığında E2 0 olacak ve

IF (EQUALP STATUS "E2 0 [MSTOP "M1 MSTOP "M2]

şartı sağlandığından; M1 ve M2 motorları duracaktır. Artık kapılar kapanmıştır ve şimdi asansörün yukarı çıkması gerekecektir. KAPAMA bölümünde işlem bitince BASLA bölümüne dönerek, işlemler kaldığı yerden devam edecektir.

ASAGI BÖLÜMÜ**IF EQUALP STATUS "E5 0 [MCCW "M4]**

satırında, eğer E5 anahtarı basılı ise (E5 0), yani asansör yukarıda ise; M4 motorunu ters yönde çalıştırmayı sağlar. Bu işlem E3 1 olduğu sürece devam edecektir.

IF EQUALP STATUS "E3 0 [MSTOP "M4]

E3 0 olunca M4 motorunu duracaktır. Asansör aşağıya indiğinde E3 anahtarı basılı duruma geçeceğinden, konumu 0 olacaktır. Program tekrar BASLA bölümünden devam edecektir.

YUKARI BÖLÜMÜ

IF EQUALP STATUS "E3 0 [MCW "M4]

Bu şartta asansör aşağıda ise, yani E3 anahtarı basılı (E3 0) ise; M4 motorunu çalışır. Asansör aşağıda olduğundan (E3 0); M4 motoru asansörü yukarıya doğru taşıyacaktır.

IF EQUALP STATUS "E5 1 [YUKARI]

ifadesinde ise; E5 1 olduğu sürece yukarı çıkmaya devam etmesi sağlanır. E5 anahtarı, asansör yukarı çıktığında basılı duruma geçecek ve 0 konumunu alacaktır. Dolayısıyla asansör yukarı hareket edecektir.

IF EQUALP STATUS "E5 0 [MSTOP "M4]

şartı sağlandığı an, M4 motoru duracak ve program BASLA bölümünde kaldığı yerden devam edecektir.

8.7.6. Projede Kullanılan Malzemeler

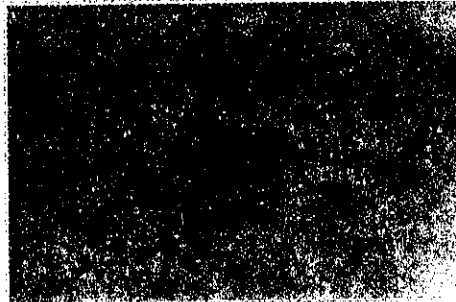
Projede kullanılan malzemelerin tümü, Fischertechnik robot montaj setinden sağlanmıştır.



Resim 141: Kullanılan parçalar (toplu görünüş)



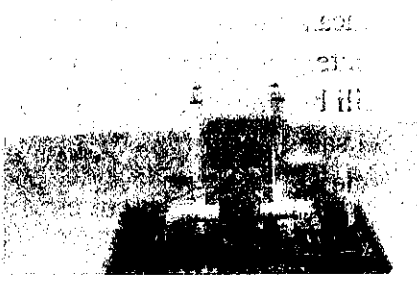
Resim 142: Fischertechnik robot seti



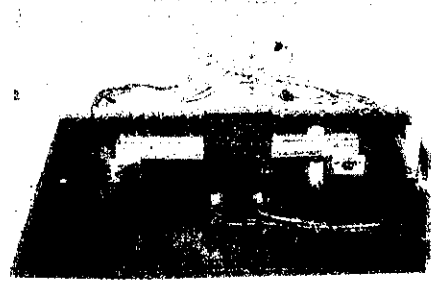
Resim 143: Arabirim ve bağlantı kabloları



Resim 144: Robotun yandan görünüşü



Resim 145: Robotun önden görünüşü



Resim 146: Robotun otomatik kapı kısmı

8.7.7. Sonuç

Yukarıda program ile ilgili temel açıklamalar verilmiştir. Oysa her bir program parçası içerisinde, programın diğer bölümüne geçişler olmaktadır. Yani ana programdan alt programlara dallanmalar söz konusu dur. O nedenle robot hareketlerinin bir bütün olarak çalışabilmesi için program yazılırken dikkat edilmelidir.

Robot çalıştırılmaya başlandığında, program başlangıcı iyi tespi edilmelidir. Zira başlangıç şartları belirlenmemişse, robot önceden kaldığı bir noktadan hareket etmeye başlayacağı için, beklenmeyen hareketlerle gözlenebilir.

Sonuç olarak robotlar programlanırken, yapacakları işler çok iyi plânlanmalı ve mutlaka başlangıç şartları belirlenmelidir. Aksi takdirde örneğin cereyan kesilmesi ve tekrar geri gelmesi durumunda, başlangıç şartları verilmemişse, robot saçma hareketler yapmaya başlayabilir.

EQUAL
EQUAL
EQUAL

8.8. Uçaksavar Projesi

Sıcak savaşların yaşandığı bölgelerde uçak bombardımanları karşısında sivil halkın korunması için değişik yöntemler kullanılır. Bu bölgelerin hava saldırılarından korunması için belli bir hava sahası tüm dünya ülkelerine bildirilerek uçuşa yasaklanır. Bu sahanın içinde uçuş yapan uçakların alan ihlâlinden dolayı düşürülmesinde kullanılan makinelerden biri de uçaksavarlardır.

Uçağı saptadığında ateş eden ve düşürülmesini sağlayan bir uçaksavar sisteminin benzetimi, küçük boyutlardaki lego parçalarının bir araya getirilmesi ile yapılmıştır. 180°lik tarama açısıyla gökyüzünün sadece iki boyutu için tarama yaptırılması plânlanmış ve bu taranan alana giren uçakların saptanması hâlinde, uçaksavar ateşleme sistemi devreye girerek uçağın düşürülmesi tasarlanmıştır. Radar sinyali olarak ışık gönderilmekte ve uçak gövdesi olarak düşünülen parlak cisimden ışık yansımaları algılandığı an silah ateşlenmektedir. Ateşlemeden sonra tarama yapmaya devam edilmektedir. Ateşleme benzetimi için de yine ışık gönderilmektedir.

8.8.1. Malzeme Seçimi

Bu proje için radar sinyal üretici ve silahı temsil amacıyla iki adet lâmba seçilmiştir. Uçaktan yansıtacak radar sinyallerini yakalayacak dedektörü temsil için de bir LDR seçilmiştir. Projenin 180°lik bir açısal sahanın tarama sınırlaması için iki adet anahtar kullanılmıştır. Taramada gereken döner taban hareketini verebilmek için robot seti içerisinde bulunan daha güçlü bir motor seçilmiştir. Montajda kullanılan diğer yapısal malzemeler *Montaj Malzemeleri* bölümünde belirtilmiştir.

8.8.2. Eleman Adlandırılması ve Fonksiyonları

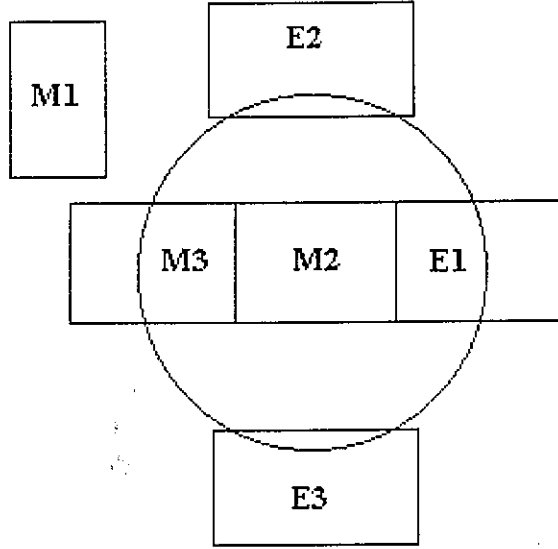
Bu montajda kullanılan motor ve anahtarların adları ve ne amaçla kullanıldıkları aşağıda verilmiştir:

<u>ADI</u>	<u>MALZEME</u>	<u>FONKSİYONU</u>
------------	----------------	-------------------

M1	Motor	Radârın 180° tarama hareketini sağlamak
M2	Lâmba	Radâr sinyallerini üretmek ve semaya yollamak
M3	Lâmba	Uçâğın tespitinden sonra düşürecek olan silah
E1	LDR	Uçaktan yansıyan sinyalli yakalayan dedektör
E2	Anahtar	Radârın 180° tarama sol sınırını algılama
E3	Anahtar	Radârın 180° tarama sağ sınırını algılama

8.8.3. Yerleşim Plânı

Uçaksavar makinesi için montajı gerçekleştirilen sisteme ait yerleşim plânı aşağıda verilmiştir:



Şekil 98: Uçaksavar makinesi için yerleşim plânı

8.8.4. Sistemin Çalışması

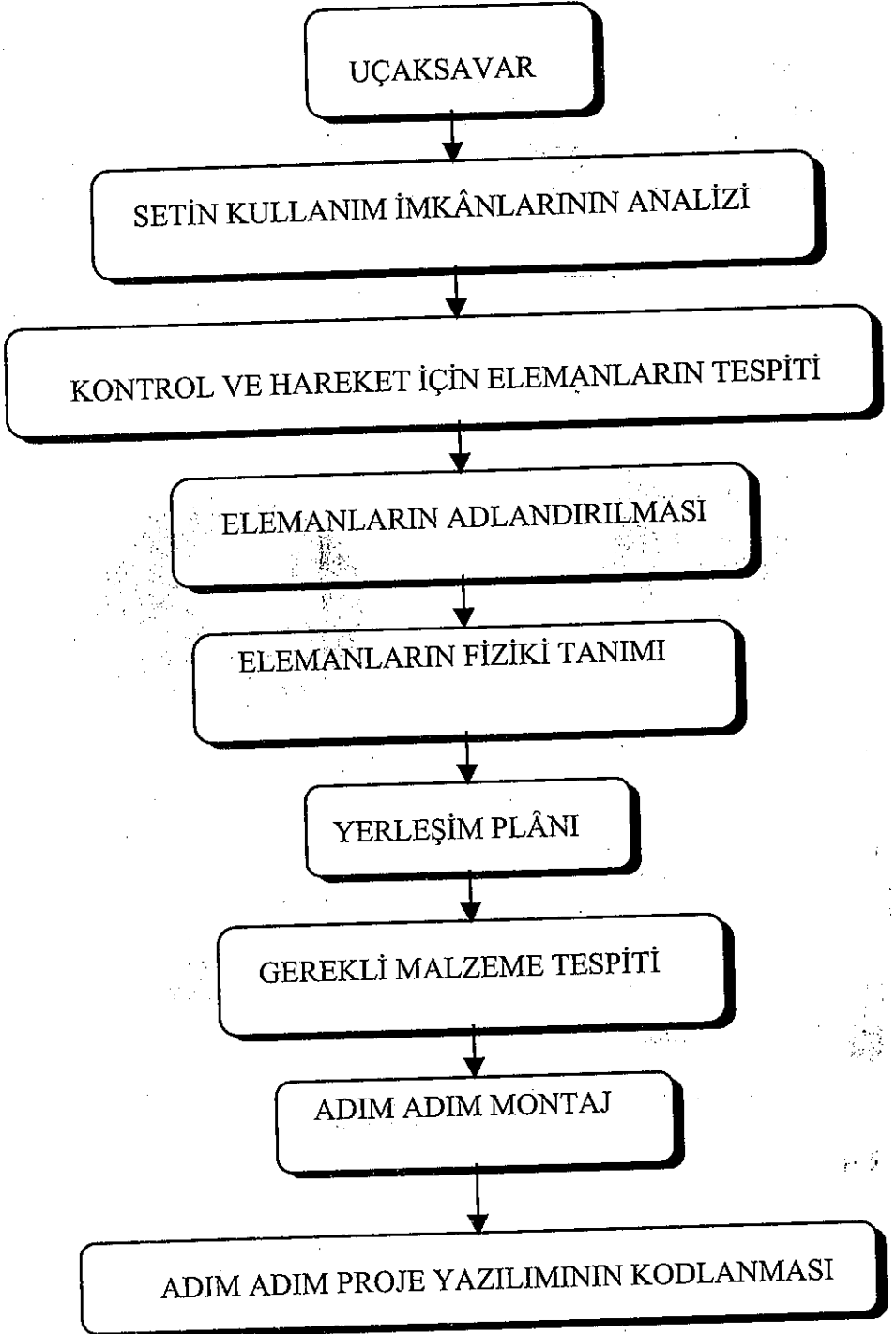
M1 motoruna E2 ve E3 anahtarlarının pasif oldukları süre içerisinde yine E2 ve E3 anahtarlarının sınırladığı bölgede sağa ve sola sürekli olarak tarama hareketi yaptırılmaktadır. M2 lâmbası parlak bir cismin üzerine ışık düşürmek için kullanılmıştır. M3 lâmbası ise parlak bir cismin tespiti anında ateşlemeyi temsil etmektedir. M1 motorunun sola dönüşünü durdurup sağa dönüşünü sağlamak için E2 anahtarından yararlanılmıştır. M1 motorunun sağa dönüşünü istenilen konuma ulaştığı zaman kesip sola dönüşünü sağlamak için de E3 anahtarından yararlanılmıştır. E1 anahtarı ise M2 lâmbası ile gönderilen ışığın bir parlak cisimden yansımalarını yakalamakta kullanılmıştır.

8.8.5. Fiziksel Tanımlama

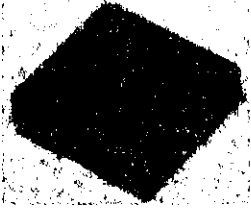
<u>HAREKET</u>	<u>MOTOR</u>	<u>ANAHTAR</u>
Sola tarama	M1	E2
Sağa tarama	M1	E3
Radar sinyali gönderme	M2	
Radar sinyali yakalama		E1
Silah ateşleme	M3	

8.8.6. Sistemin Akış Şeması

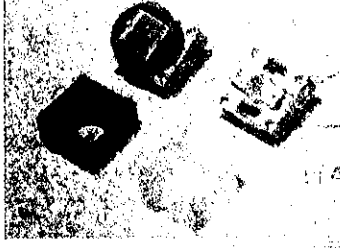
Aşağıda sistemin tasarımı ile ilgili akış şeması verilmiştir. Bu tür robot montajı yapılmadan önce, hangi sırada işlerin yürütüleceği konusunda akış şemasının çizilmesi durumunda, düzenli bir çalışma ortaya çıkacaktır.



8.8.7. Malzemelerin Listesi



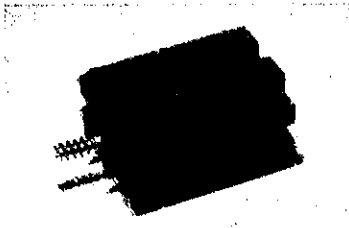
Resim 147: 5mm'lik yapı bloğu (P1)



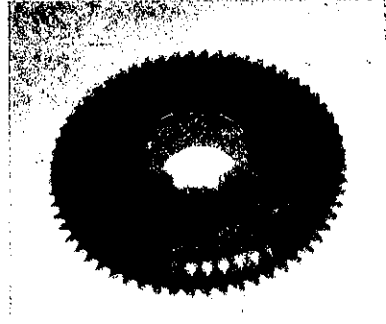
Resim 148: Lâmba, LDR ile alt soketler ve üst kapakları (P2)



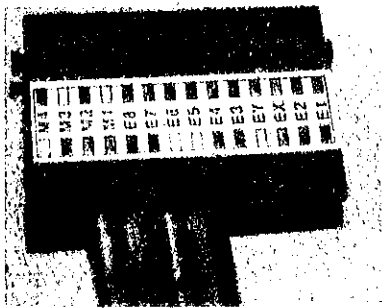
Resim 149: Mikro anahtar (P3)



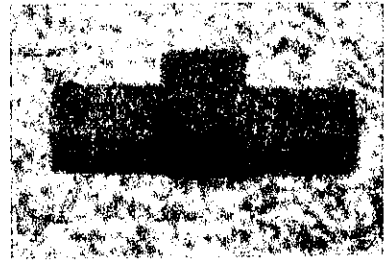
Resim 150: Motor (P4)



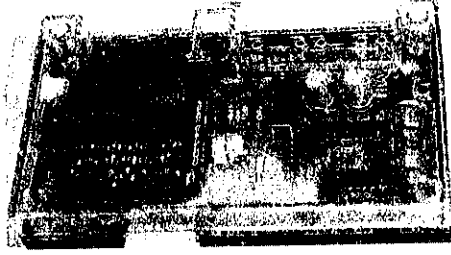
Resim 151: Döner tabla (P5)



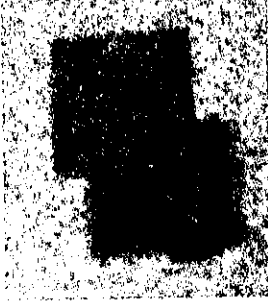
Resim 152: Soket kutusu (P6)



Resim 153: Kama (P8)



Resim 154: Ara birim (P7)



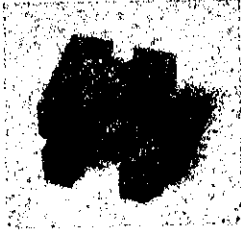
Resim 155: Açısıl yapı bloğu (P9)



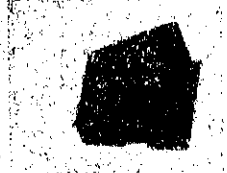
Resim 156: Panel kapağı (P10)



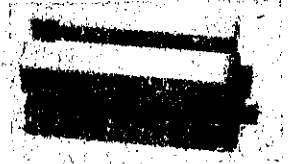
Resim 157: 15mm' lik yapı bloğu (P11)



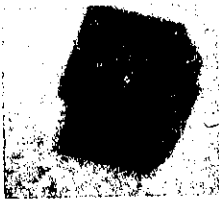
Resim 158: Kasnak desteği (P12)



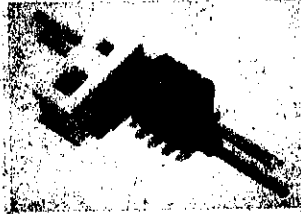
Resim 159: 15° lik açısıl yapı bloğu (P13)



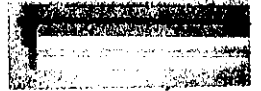
Resim 160: 30mm' lik yapı bloğu (P14)



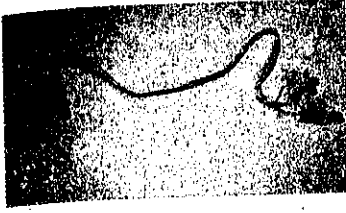
Resim 161: Montajı tamamlanmış LDR bloğu (P15)



Resim 162: Eksenli U tipi redüktör (P16)



Resim 163: 75mm' lik alüminyum çubuk (P17)



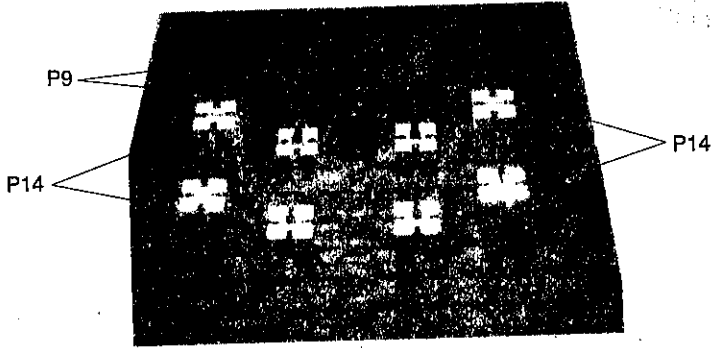
Resim 164: Fişlerinin bağlantı kabloları ile montajı (P18)



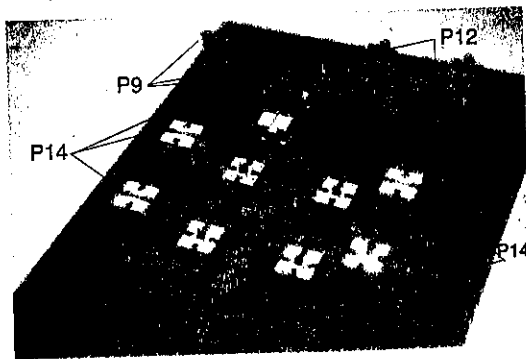
Resim 165: 90mm' lik alüminyum çubuk (P19)

8.8.8. Montaj

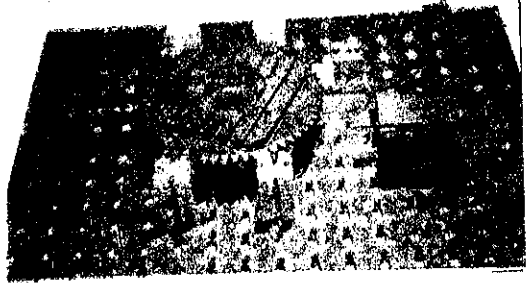
Uçaksavar sisteminin montaj safhaları aşağıda, sırası ile verilmiştir.



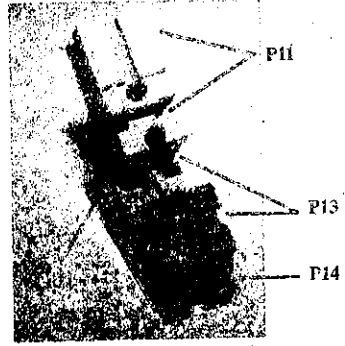
Resim 166: Tabla üzerine P11, P12, P13 nolu parçaların montajı



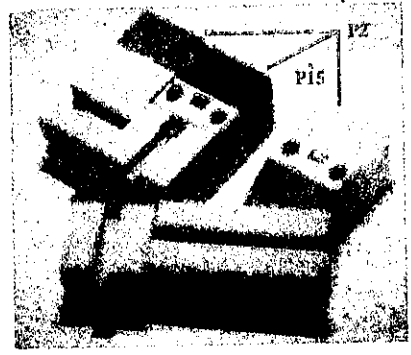
Resim 167: P9 ve P12 nolu parçaların montajı



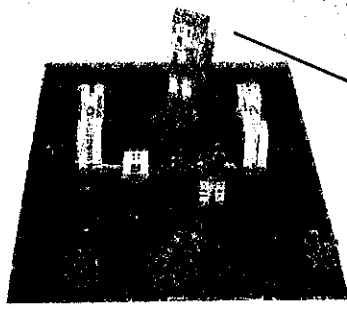
Resim 168: P4 ve P3 nolu parçaların montajı



Resim 169: P11, P13, P14 nolu yapı bloklarının montajı

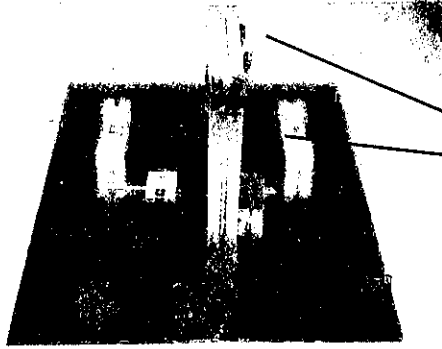


Resim 170: P2 ve P15 nolu parçalar



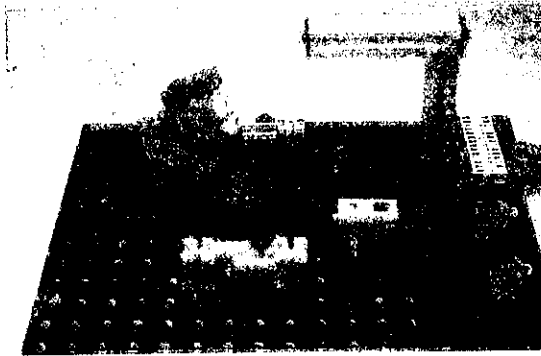
SON YAPILAN
MONTAJIMIZ
SİLAH,RADAR
VE DEDEKTÖR
BLOĞUMUZ

Resim 171: Silah, radar ve dedektör bloğu

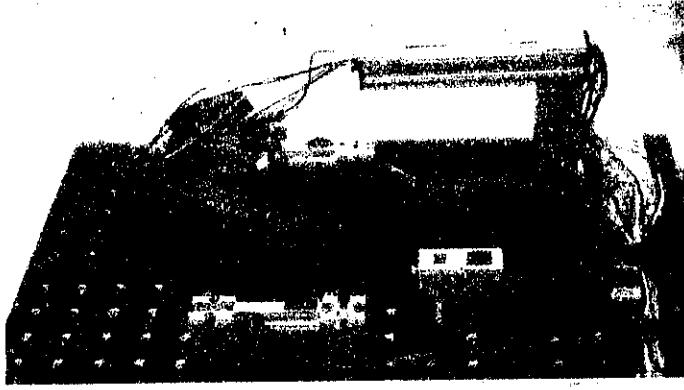


P19

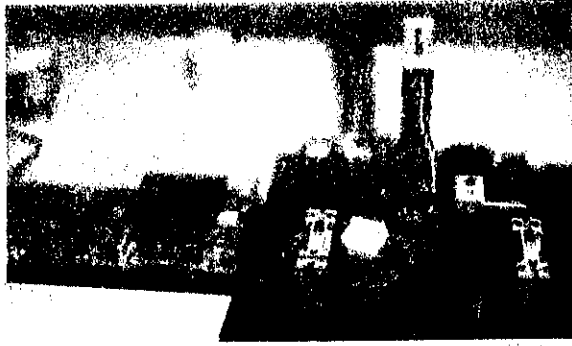
Resim 172: P19 nolu alüminyum çubuğun montajı



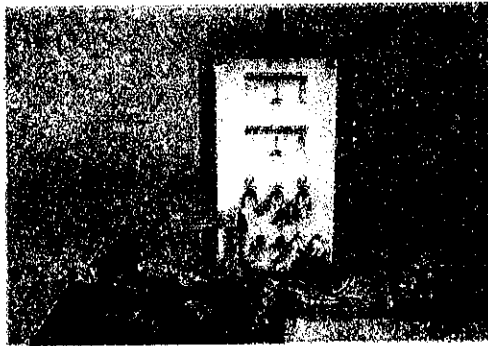
Resim 173: Soket kutusu ve motor montajı



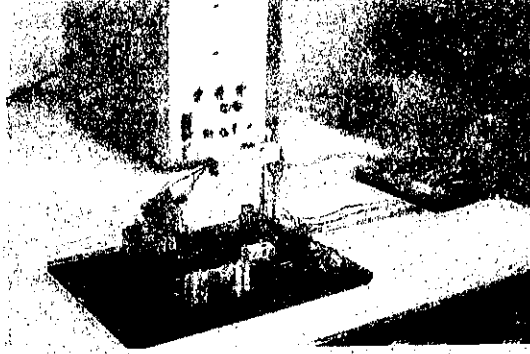
Resim 174: Kablo bağlantılarının yapılması



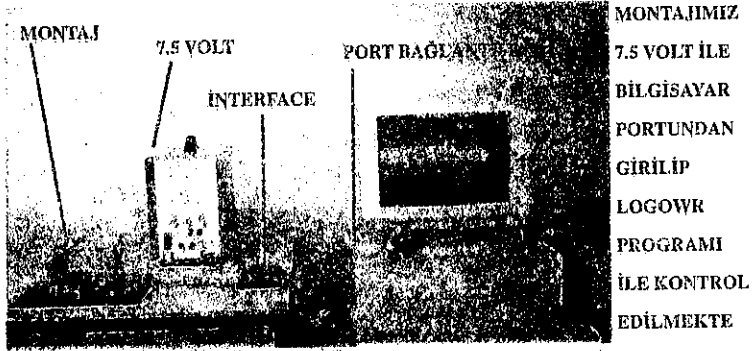
Resim 175: Arabirimin (Interface) sisteme bağlanması



Resim 176: Robotu besleyen güç kaynağı



Resim 177: Güç kaynağı ve robotun görünüşü



Resim 178: Projenin komple görünüşü

8.8.9. Program Yazılımı ve Açıklaması

Program yazılımını parçalar hâlinde işlerken, satır satır açıklaması yapılacaktır.

1	TO STARTUP
2	MCW "M2
3	SOL
4	SAG
5	STARTUP
6	END

Bu program parçasının birinci satırında TO komutundan sonra bir isim vermek gerekir. Bu parçanın ismi STARTUP olarak verilmiştir. İkinci satırda lâmbaların yanmasını sağlayan M2 motoru devreye alınmaktadır. Üçüncü satırda ileride açıklanacak olan sola dönüş alt programına dallandırılma yapılmaktadır. SOL alt programın okunmasından sonra, geri dönerek dördüncü satır okunur. Dördüncü satırda ise SAG olarak adlandırdığımız ikinci alt programa gidilmektedir. Bu alt programın okunmasından sonra beşinci satırda ana program bitirilmeden kısa döngü olarak tekrar okutturularak programın sürekli çalıştırılması sağlanmıştır.

```

1   TO SOL
2   MCW "M1
3   IF EQUALP STATUS "E1 1 [ MCW "M3]
4   MSTOP "M3
5   IF EQUALP STATUS "E2 0 [ SOL ]
6   END

```

Bu program parçası alt program olarak yazılıp işlevi gereği birinci satırda SOL olarak adlandırılmıştır. İkinci satırda sola dönüş için MCW komutu M1 motoru ile kullanılmıştır. MCW (Motor Clock Wise) motoru saat ibresi yönünde çevirmektedir. Ancak motörü besleyen kabloların uçları değiştirildiğinde, dönme işlemi ters yönde olmaktadır. Bu nedenle burada sola dönüş için MCW ifadesi kullanılmıştır. Üçüncü satırda E1 olarak adlandırılan LDR elemanın uçağı yakaladığı zaman çıktısı (statüsü) Bir ('e eşit ise) olduğu zaman M3 olarak adlandırılan silahın ateşlenmesi sağlanmaktadır. Dördüncü satırda M3 lâmbası söndürülür. Şart sağlanmasa dahi dördüncü satır işlenir ve bunun işlenmesi programın tasarımına aykırı düşmez. Beşinci satırda E2 anahtarının statüsü Sıfır'a eşit ise SOL alt programına dallan anlamını taşır. Eğer son şart sağlanmaz ise alt program işlenmesi bitirilip STARTUP ana programında SOL komut satırının bir alt satırını okuyarak devam eder.

```

1   TO SAG
2   MCCW "M1
3   IF EQUALP STATUS "E1 1 [ MCW "M3 ]
4   MSTOP "M3
5   IF EQUALP STATUS "E3 0 [ SAG ]
6   END

```

Bu program parçası alt program olarak yazılıp işlevi gereği birinci satırda SAG olarak adlandırılmıştır. İkinci satırda sağa dönüş için MCCW komutu (Motorun uçları ters bağlanmış) M1 motoru ile kullanılmıştır. Üçüncü satırda E1 olarak adlandırılan LDR elemanın uçağı yakaladığı zaman çıktısı (statüsü) Bir ('e eşit ise) olduğu zaman M3 olarak adlandırılan silahın ateşlenmesi sağlanmaktadır. Dördüncü satırda M3 lâmbası söndürülmektedir. Şart sağlanmazsa dördüncü satır işlenir ve işlenmesi programın tasarımına aykırı düşmez. Beşinci satırda E3 anahtarının statüsü Sıfır'a eşit ise SAG alt programına dallan anlamına göre yazılmıştır. Eğer son şart sağlanmaz ise, alt program işlenmesi bitirilip STARTUP ana programında SAG komut satırının bir alt satırını okuyarak devam eder.

8.8.10. Sonuç

Benzetim projeleri yaptırılarak, öğrencilerin bir projeyi tasarımından alıp montajını ve daha sonra da kontrolünü nasıl yapması gerektiği basitçe öğretilir. Eğitim robotlarının özelliği; lego parçalarından oluşması, esnek yapıya sahip olmaları ve tasarlanan projelere basitçe uyarlanabilmesidir. En önemli tarafları arasında; fiyatlarının düşük olması, iş güvenliği açısından risk taşımamaları ve defalarca sökülüp takılmaları sayılabilir.

8.9. Kayısı İslimleme Benzetim Projesi

Bu yazıda sizlere sunmayı düşündüğümüz proje, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Malatya ve yöresinde önemli bir sanayi ürünü hâline gelen kayısının islimlenmesi ile ilgilidir. Bu yörede yetiştirilen kayıların islimlenerek, kurutulmuş kayısı olarak değerlendirildiği, ihraç edildiği ve tarımsal ürün olarak ülkemize döviz girmesine vesile olduğu bilinmektedir. Bilindiği üzere bazı merkezlerde (Elazığ, Baskil, Malatya....) yetiştirilen kayıların ihracatı yapılabilecek duruma gelmesi için islimlenmesi, yani yaş kayıların kuru kayısı, halk diliyle patik hâline getirilmesi şarttır.

8.9.1. Projenin Amacı

Bu projenin amacı: kayısı yetiştirmeye uğraşan insanların daha az güç harcayarak daha az zamanda ve tehlikesiz olarak kaliteli bir şekilde yaş kayıların kuru kayısı hâline dönüştürmelerini sağlamaktır. Yaş kayıların kuru kayısı hâline gelebilmesi için kimyasal bir madde olan kükürt ile belli bir süre kapalı bir mekanda tepkimeye girmesi gerekmektedir. Bu projedeki otomasyon sistemi yardımıyla, kükürtle hiçbir temas sağlamadan, işlemler yapılmaktadır. Kayısının kükürtle belli bir müddet kapalı bir ortamda bir arada olması gerekmektedir. Kükürtlü ortamlar insan sağlığı için zararlıdır. Kayısı islimleme işleri ile uğraşan halkımızın önemli bir bölümü, kükürtlü ortamlarda tedbir almadan kalarak, farkında olmadan sağlıklarına zarar verebilmektedirler. Bu duruma bir çözüm getirmek amacıyla nasıl bir yöntem kullanılarak ve otomasyon sistemi geliştirilerek, kayısı islimleme işlerini daha çabuk yapabiliriz sorusuna, benzetim yöntemi ile cevap bulmaya çalışacağız.

8.9.2. Sistemin Çalışma İlkesi

Bantlı bir konveyör üzerine islimlenecek kayısı kasaları yerleştirilecektir. Kayıların, islimleneceği kapalı mekâna taşıma işlemi bu bantlı konveyörle sağlanırken, diğer bir bantlı sistem sayesinde de kapalı oda içerisine kükürt sevk edilecektir. Kayısı ile kükürt belirli bir süre bir arada kaldıktan sonra, yani kimyasal tepkimeye girdikten sonra, kayısı

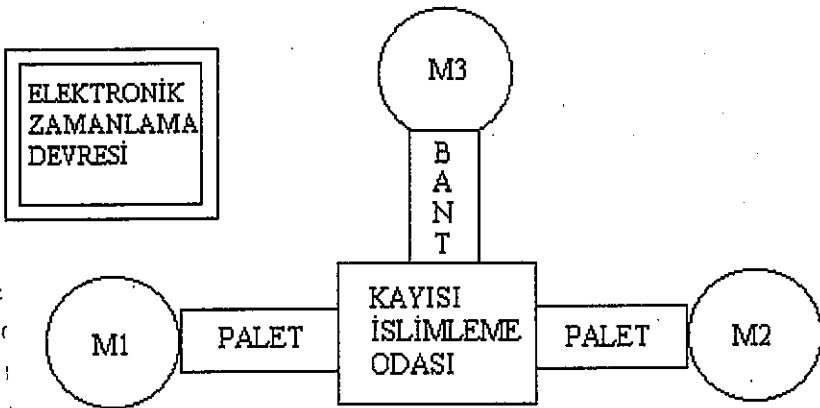
kasaları tekrar bantlı konveyör sayesinde kapalı odanın dışarısına taşınmaktadır. Kükürt ile kayısının içeride ne kadar süre bir arada kalacakları, gene otomasyonla sağlanmaktadır. Aşağıdaki resimde montajı tamamlanan kayısı islimleme sistemi görülmektedir.



Resim 179: Kayısı islimleme makinası

8.9.3. Kayısı İslimleme Robotunun Blok Diyagramı

Kayısı islimleme makinası için montajı gerçekleştirilen sisteme ait blok diyagram aşağıda verilmiştir.



Şekil 99: Kayısı islimleme makinası için yerleşim plânı

Blok Diyagramda kullanılan malzemeler ise

M1.....:1. MOTOR

2 ADET PALET VE

M2.....2. MOTOR

1 TANE BAND

M3.....3. MOTOR

8.9.4. Robotun Çalışması

Yaptığımız bu OTOMASYON sisteminin çalışmasını aşağıdaki gibi sıralaya biliriz:

1-) Sistemi ilk çalıştırdığımızda M1 motoru dönmeye başlayarak kayisuların taşınacağı paleti dönderir.

2-) Palet yardımıyla taşınan kayisular islimleme odasındaki kaba doldurulur.

3-) El swihcti yardımıyla M1 motoru durdurularak M2 motorunun hareket etmesi sağlanır.

4-) M2 motoru, kükürtü taşıyacak olan palete bir sistem yardımıyla bağlıdır.

5-) M2 yardımıyla kükürt, kaysuların toplandığı kaba konmuş olur

6-) Kükürtün taşınma işlemi bittikten sonra E2 swihcti yardımıyla M2 motoru durdurulur.

7-) Kayisuların islimlenmesi için belli bir süre kükürtle kayisuların tepkimeye girmesi gerekmektedir. Bunun için bir zamanlayıcının olması gerekir.

M2 motorunun durmasıyla yaptığımız ELEKTRONİK ZAMANLAYICI devreye girer. İslimleme olayının olması için gerekli süre geçtikten sonra zamanlayıcıya bağlı olan led diyod yanar.

8-) Led' in yanması ile karşısında bulunan LDR 'yi aktif duruma geçirir. LDR aktif olunca M3 motoru çalışmaya başlar ve islimlenmiş olan kayisuları dışarıya alır.

9-) İslimlenmiş olan kayisuları dışarı alan paletin bağlı olduğu M3 motoru E6 swihctini 1 konumuna getirene kadar çalıştırır ve E6 1 olunca M3 motoru kendisine bağlı olan kabı islimleme odasına götürecektir şekilde ters yönde çalışır.

10-) Programda yaptığımız döngü sebebiyle robotumuz yukardaki gibi çalışmaya devam eder.

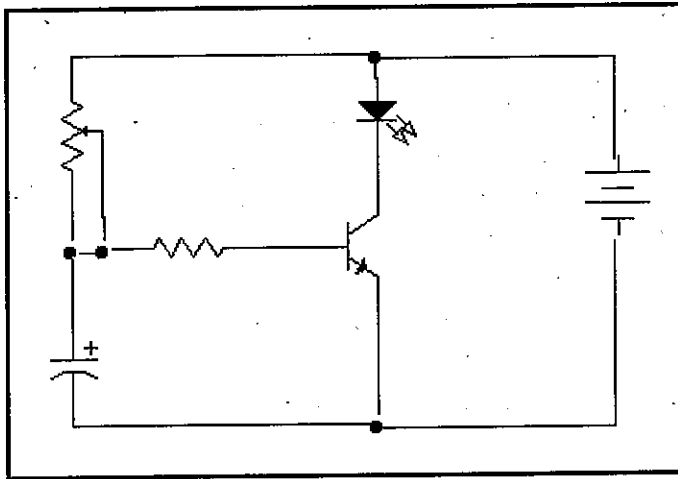
8.9.5. Malzeme Listesi

Kayıslı işleme makinası projesinde kullanılan malzemeler aşağıda verilmiştir.

- Metal çubuklar
- Yapı blokları
- Kolonlar
- Dişliler
- Optik daireler
- Anahtarlar
- Dişli raylar
- LDR
- Motorlar
- İşleme kutusu

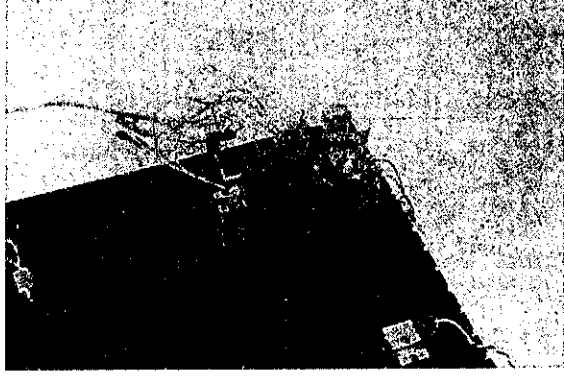
8.9.6. Zamanlama Devresi

Kayıslı kasaları bekleme odasına sevk edildikten sonra, orada ne kadar süre ile kalacağını kontrol etmek amacıyla bir zamanlama devresi yapılmıştır. Bu devrede zamanlama işlemini 100K ve 200MF 'lık elemanlar yapmaktadır. Devredeki transistör NPN tipi olup baz polarlamasını 100K üzerinden, emiter polarlamasını şasesden ve kollektör polarlamasını da led diod üzerinden almaktadır. Zamanlama süresini potansiyometreyi ve kondansatörü ayarlayarak yapabiliriz.



Şekil 100: Zamanlama Devresi

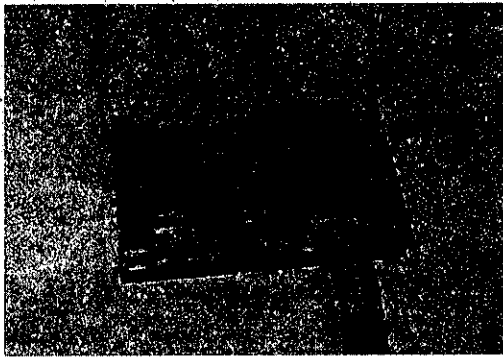
Zamanlama devresinde kullanılan malzemeler; 12 V güç kaynağı, BC 237 transistörü, 100K direnç, 100 K potansiyometre, 200MF kondansatör ve led diyoddan oluşmaktadır.



Resim 180: Zamanlama devresine ait resim

8.9.7. Sistemin Kontrolü

Sistemin kontrolü bir PC tarafından sağlanmaktadır. PC ile robot seti arasında bir arabirim ve programlama dili olarak da LOGO yazılımı kullanılmıştır. Arabirim, aşağıdaki resimde görülmektedir.

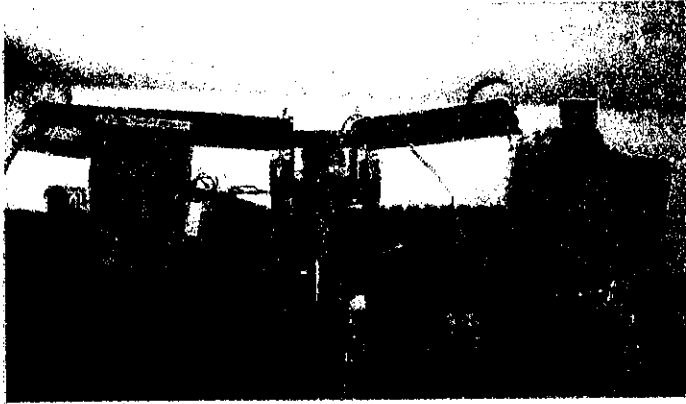


Resim 181: Bilgisayar ile robot seti arasında kullanılan arabirim

8.9.8. Sistemde Kullanılan Araçlar ve İşlevleri

Sistemde aşağıda verilen resimde görüldüğü gibi iki adet motor kullanılmıştır. Bu iki motorun haricinde islimlenmiş kayısları dışarı taşımak için üçüncü bir motor (M3) daha kullanılmıştır. Bu motor resimde gözükmemektedir.

Motorlardan M1 simgesini taşıyan, kayısı kasalarını taşımaktadır. M2 motoru ise kükürt malzemesini islimleme odasına sevk etmektedir. M1 ve M2 motorlarının durdurma işlemleri, sırasıyla E1 ve E2 anahtarları ile sağlanmaktadır. Kayısların islimlenmesi için, belli bir süre kükürtle yanması gerekmektedir. Bunun için bir zamanlayıcının olması gerekir. Gerekli süre geçtikten sonra, zamanlayıcı; kendisine bağlı olan led diyodu yakarak karşısında bulunan LDR'yi aktif duruma geçirir. LDR aktif olunca M3 motoru çalışmaya başlar ve islimlenmiş kayıslar dışarı çıkarılır.



Resim 182: M1 ve M2 Motorları

8.9.9. LOGO Programı

Hareketleri kontrol amacıyla yazılan programı aşağıda verilmiştir.

```
TO ISLIM
MSTOP "M1
MSTOP "M2
MSTOP "M3
A
END
```

```
TO A
IF EQUALP STATUS "E4 0 [MCCW "M1]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [B]
A
END
```

```
TO B
MSTOP "M1
C
END
```

```
TO C
IF EQUALP STATUS "E5 0 [MCW "M2]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [B]
END
TO D
MSOP "M2
E
END
```

```
TO E
IF EQUALP STATUS "E6 1 [F]
E
END
```

```
TO F
IF EQUALP STATUS "E1 0 [MCCW "M3]
IF EQUALP STATUS "E1 1 [MSTOP "M3]
```

```

IF EQUALP STATUS "E1 1 [G]
F
END

```

```

TO G
IF EQUALP STATUS "E2 0 [MCW "M3]
IF EQUALP STATUS "E2 1 [MSTOP "M3]
IF EQUALP STATUS "E2 1 [A]
G
END

```

Bu programda kullanılan bazı terimleri açıklayalım. Her program parçası TO ile başlar ve mutlaka END ile biter. MSTOP deyimini, motorların durdurulması için kullanılan bir komuttur. Hangi motorun durdurulacağı, tırnak (") işaretinden sonra belirtilmelidir.

Motorların kontrolü amacıyla anahtarlar kullanılır. Anahtarların kontrolü ise IF ifadesini taşıyan komutlar sayesinde gerçekleştirilir. Anahtarlar E simgesi taşır. Bu anahtarlar, basılı olduğunda 1, basılı olmadığına ise sıfır (yani devre kapalı) anlamını taşır. Bu anahtar üzerinde fişlerin girebileceği üç ayrı yuva bulunur. Fişlerin yuvaya takılış biçimine göre, motorları durdurma, 1 veya sıfır konumunda mı olacağı ayarlanabilir.

8.9.10. Sonuç

Bu proje sayesinde öğrenciler, basit bir otomasyon sisteminin çalışması hakkında temel bilgileri öğrenmektedirler. Hayal ürünü gibi gözüken tasarımlarını, masa üstü robot setini kullanarak benzetim yolu ile montajını gerçekleştirebilmektedirler. Bu projeler sayesinde, LOGO programlama dili hakkında temel bilgileri öğrenmekte ve otomasyonda kontrol hakkında bilgi sahibi olmaktadır.

8.10. Isı Kontrolü Projesi

Günümüzde sanayinin gelişmesiyle fabrikalarda kullanılan kimyasal madde atıkları, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun yanı sıra bir çok sebepten dolayı mevcut olan hastalıkların sayısı giderek artmaktadır. Bu da tedavi için kullanılan ilaçların üretiminde ciddi laboratuvar çalışmaları gerektirmektedir. Üretim yeterli olmayıp ayrıca bu ilaçların üretiminden gelen doğal hâlini koruma ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Bunun için prospektüslerinde belirtildiği gibi ısı değerlerinde muhafaza etmek gerekir.

Bu projede bir ecza deposunun robot sistemi kullanılarak istenilen ısı değerinde tutulması tasarlanmıştır. Diğer bir deyimle ısı kontrol işlemi, benzetim (simülasyon) şeklinde Fischertechnik firması tarafından setler hâlinde piyasaya sürülen ve küçük parçaların bir araya getirilmesi ile farklı tasarımların gerçekleştirilebildiği bir robot tarafından yapılacaktır.

8.10.1. Fonksiyon ve Kontrol

Depo ortamının ısını algılamak için NTC kullanılmıştır. Ortam ısısı istenilen değerin dışına çıktığında NTC durum değiştirerek depoda bulunan pervane motoruna ilk hareketi verip pervanenin çalışmasını sağlamaktadır. Ayrıca soğutmanın yetersiz olması durumunda motorlar tarafından kontrol edilen karşılıklı pencerelerin açılması söz konusudur. Bunun için pencere kanadına bağlı kasnaklar ve bir dişli kullanılmaktadır. Havalandırma sonrasında deponun ısısı normal değere ulaştığında NTC durum değiştirmekte, bu değişiklik bilgisayar tarafından algılanarak bilgisayar tarafından pervane motoru durdurulmakta ve pencere kanatları kapalı hale getirilmektedir. Bu işlemler döngü hâlinde devam etmektedir.

8.10.2. Kullanılan Malzemeler

Bahsi geçen robot montajını gerçekleştirmek için kullanılan hazır ana malzemelerin listesi içerisinde NTC (1MV/c hassasiyetli), motor (4 adet), anahtar (7 adet), pervane (1 adet), motor dişlisi (4 adet), yapı ve birleştirme blokları, ısı algılayıcı elektronik devre ve güç kaynağı yer almaktadır.

8.10.3. Robotta Kullanılan Motorların Görevleri

- M1 = Ortamın soğutulmasını sağlayan pervanenin bu işlemi homojen olarak yapabilmesi için ileri ve geri hareketini sağlar.
M2 = Pervanenin dönüşünü sağlar.
M3 = 1 nolu pencerenin açılıp kapanmasını sağlar.
M4 = 2 nolu pencerenin açılıp kapanmasını sağlar.

8.10.4. Anahtarların Görevleri

- E1 = 1 nolu pencerenin kapalı konumu
E2 = 2 nolu pencerenin kapalı konumu
E3 = Pervanenin hareketsiz konumu
E4 = Pervanenin son gittiği konum
E5 = 2 nolu pencerenin açık konumu
E6 = 1 nolu pencerenin açık konumu
E7 = NTC den ısı algılama konumu

	M1	M2	M3	M4
1 nolu pencere			Açık ileri	
1 nolu pencere			Geri kapalı	
2 nolu pervane				Açık ileri
2 nolu pervane				Kapalı geri
Pervane	Isı arttı ileri	Isı arttı ileri		
Pervane	Isı azaldı geri	Isı azaldı geri		

Tablo 16: Isı kontrolü projesinde anahtarların görevleri

8.10.5 Anahtarların Durumları

ANAHTAR KONUMLARI	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
1 nolu pencere açık	1	1	0	1	1	1	1
1 nolu pencere kapalı	1	1	1	0	0	0	0
2 nolu pencere açık	0	0	0	1	1	1	1
2 nolu pencere kapalı	1	1	1	0	0	0	0
Pervane çalışıyor	0	0	0	1	1	1	1
Pervane çalışmıyor	1	1	1	0	0	0	0

Tablo 17: Isı kontrolü projesinde anahtarların durumları

8.10.6. Yazılım

Robot, LOGO programlama dili kullanılarak bir mikrobilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Farklı işlevleri yürüten program parçalarının bir araya getirilmesi ile asıl ana program elde edilmiştir. Program parçaları aşağıda verilmiştir.

```
TO STARTUP
IF EUQALP STATUS "E1 1 [ A ]
MCCW "M3"
WATCH "E1"
MSTOP "M3
```

Bu program çalıştığında bilgisayar, M3 motorunun programın çalışmasına hazır konumda olup olmadığını kontrol eder.

```
TO A
IF EUQALP STATUS "E2 1 [ B ]
MCCW "M4
WATCH "E2
MSTOP "M4
```

Programın bu kısmında M4 motorunun konumunun program başlangıcına uygun olup olmadığını kontrol edilir.

```
TO B
IF EUQALP STATUS "E3 1 [ B A SLA ]
MCCW "M1
WATCH "E3
MSTOP "M1
```

Programın bu kısmında M1 motorunun konumunun programın başlangıcına uygun olup olmadığını kontrol edilir.

```
TO BASLA
WATCH "E7
MCW "M1
WATCH "E4
```

```

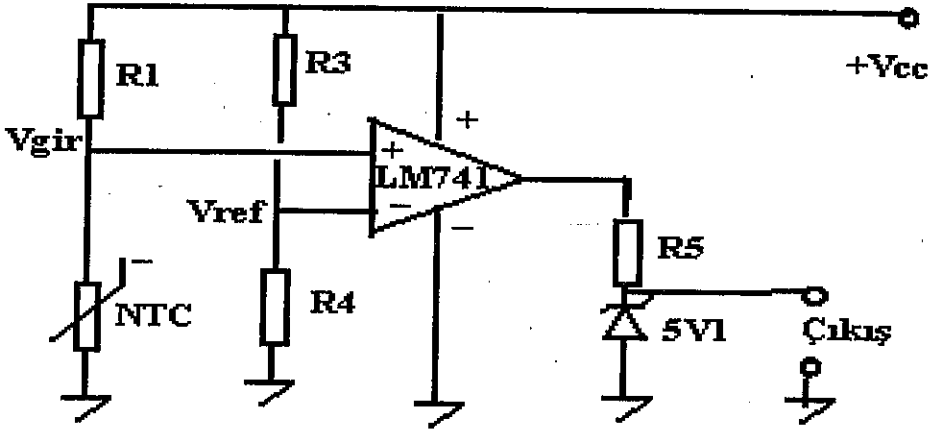
MSTOP "M1
MCW "M2
MCW "M3
WATCH "E6
MSTOP "M3
MCW "M4
WATCH "E5
MSTOP "M4
WATCH "E7
MSTOP "M2
MCCW "M1
WATCH "E4
MSTOP "M1
MCCW "M3
WATCH "E1
MSTOP "M3
MCCW "M4
WATCH "E2
MSTOP "M4
END

```

Programın BASLA kısmında E7 anahtarı, yani NTC'nin kontrolü yapılmaktadır. Ortam ısısı istenilen değerin üzerine çıktığında E7 anahtarı konum değiştirmektedir. Algılanan değişiklik neticesinde M1 motoru pervaneyi E4 anahtarına kadar ileri götürür. M3 motoru E6 anahtarına M4 motoru da E5 anahtarına kadar hareket ettirilir. Böylece pencereler açılır, M2 motoru çalışır ve pervane dönmeye başlar. Ortam ısısı düştüğünde E7 anahtarında durum değişikliğine sebep olur. Böylece M2 motoru durur. Yani pervane dönmez ve M1 motoru pervaneyi E3 anahtarına kadar geri çeker. Bu sırada E3 motoru E1 anahtarına kadar M4 motoru da E2 anahtarına kadar geri çekilir ve soğutma işlemi tamamlanmış olur.

A ve B alt programlarının kullanılması sistemin dış etkilerden etkilenmeden sürekli olarak aynı durumda başlamasını sağlamaktadır.

8.10.7. Ortam Isısını Algılayan Elektronik Devre

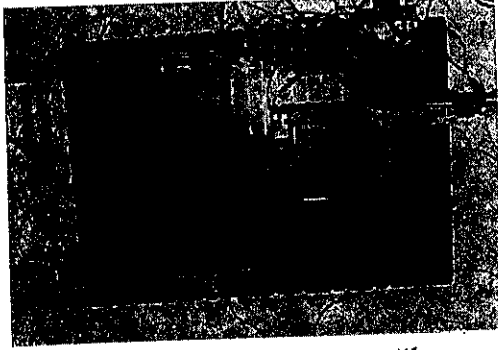


Şekil 101: Ortam ısını algılayan elektronik devre

Yukarıdaki elektronik devre NTC'nin sıcaklık hassasiyeti tespit edilerek dizayn edilmiştir. Hassasiyet 1mV/C dir. Kıyaslama işlemi LM 741 operasyonel amplifikatörü ile gerçekleştirilmiştir. Referans gerilimi oda sıcaklığında NTC üzerinde düşen gerilim değeri ölçülerek hesaplanmıştır. V_{gir} noktasındaki gerilim V_{ref} geriliminden küçük olduğu zamanlarda $V_{\text{çıkış}}=0$ Volt (lojik 0) seviyesi opamp'ın çıkışından alınır. V_{gir} noktasındaki gerilim V_{ref} geriliminden büyük olduğu zaman $V_{\text{çıkış}}=5.1$ Volt (lojik 1) seviyesi opamp'ın çıkışından alınır. Bu lojik 0 ve 1 seviyeleri arabirim kartının E7 anahtar girişi tarafından algılanır (Bu işlemde arabirim kartı ve Elektronik devrenin groundları birleştirilmiştir).

8.10.8. Sonuç

Fishertechnik robot setinin parçalarından olan profiller, yapı blokları, tutucular, kamalar, bağlantı hatları, arabirim, mini step motor, redüktör, eksenli U tip redüktör, dişli kutusu, mini şalter, NTC, direnç, opamp, pervane, raylar ve montaj tahtası kullanılarak montajı gerçekleştirilen robotun resmi aşağıda verilmiştir.



Resim 183: Ecza deposu ısı kontrolünü sağlayan robotun genel görünümü

Robotlar günlük yaşantımızın bir parçası olma yolunda hızla ilerleme kaydettiği bu dönemde, eğitim kurumlarımızda robotik konusunda verilecek uygun derslerin sayısının artırılması gerekir. Bu teknolojiyi yakalamak için de hantal büyük boylarda robotlar üzerinde eğitim yapmanın pek önemli olmadığı görülür. Masa üstü robotlar kullanılarak ve özgün tasarımlar geliştirilerek robot teknolojisi çok kolay öğretilir. Bu makalede ısı kontrolünü sağlayan basit bir robot montajı gerçekleştirilmiş ve programlanmıştır. Eğitimde bu tür uygulamalı yürütülen bilgilerin kalıcı olduğu her dönemde kanıtlanmıştır.

8.11. Vinç Benzetim Projesi

Metal parçaların bant üzerinden elektromıknatıs vasıtasıyla alınarak taşınması ve bir yerde istiflenmesi, bu projenin konusunu oluşturmaktadır. Sanayide kullanılmakta olan bu sistemin küçük bir benzetim projesi yapılmıştır. Projede tırnakları vasıtasıyla biri birine tutturulabilen küçük lego parçalar kullanılmıştır. Bu parçalar arasında elektromıknatıs, motorlar, dişliler, yapı blokları vb. malzemeler bulunmaktadır. Robotun çalıştırılması, bir bilgisayar aracılığı ile uygun bir yazılımla sağlanmaktadır.

8.11.1. Sistemin Çalışması

Metal parçalar, yürüyen bir bant aracılığı ile belirli bir noktaya taşınmaktadır. Metal parçalarının geldiğini fark eden robot kolu, malzeme üzerine doğru hareket etmekte ve elektromıknatıstan akım geçirilerek metal parçalarının tutulması sağlanmaktadır. Mıknatısa tutulu metal parçalar, istenilen yere taşınmakta ve orada istiflenmektedir.

İnsan gücüne gerek duyulmadan, çok ağır metal parçalarının bu tür bir sistemle rahatlıkla kaldırılması, günümüzde bilinen bir sistemdir. Özellikle Avrupa'da araba çöplüklerindeki hurdaya dönmüş taşıtların istiflenmesinde bu tür sistemleri görmek mümkündür. Ayrıca dökümhanelerde de benzer sistemler kullanılmaktadır.

8.11.2. Malzeme Seçimi

Sistem elektromıknatıs kullanılarak tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra motorların hareketini sınırlayan anahtarlar kullanılmıştır (E1, E2, E4, E5, E6, E7). Dönme ve düşey yönde yukarı-aşağı hareketler ise motorlarla sağlanmıştır (M1, M2, M3).

8.11.3. Projede Kullanılan Malzemeler

Bu benzetim projesinin monte edilmesinde aşağıda belirtilen malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemeler, robot montaj seti içerisinde hazır bulunmaktadır. Kutu içerisinde bulunmayan malzemeler ise, özel olarak temin edilmiştir.

- Dişli Kutuları
- Ara birim İçin Bağlantı Soketi
- Metal Parçalar
- Elektro Mıknatıs
- Dişli Döner Tabla
- Motor

- Yapı Blokları
- Tutturucular
- Dişli Ray
- Paneller
- Kablo Fişi



Resim 184: Dişli kutusu



Resim 185: Dişli ray için dişli kutusu



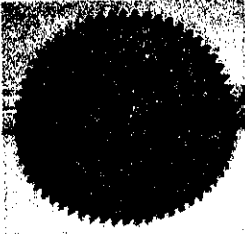
Resim 186: Arabirim için bağlantı soketi



Resim 187: Metal parçalar



Resim 188: Elektromıknatıs



Resim 189:Dişli döner tabla



Resim 190: Motor



Resim 191: Tek mandallı yapı bloğu



Resim 192: Panel tutturucu



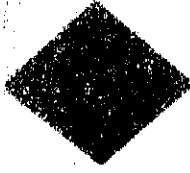
Resim 193: Tek mandallı panel tutturucu



Resim 194: Dişli ray



Resim 195: Panel



Resim 196: Kare panel



Resim 197: Kablo fişi



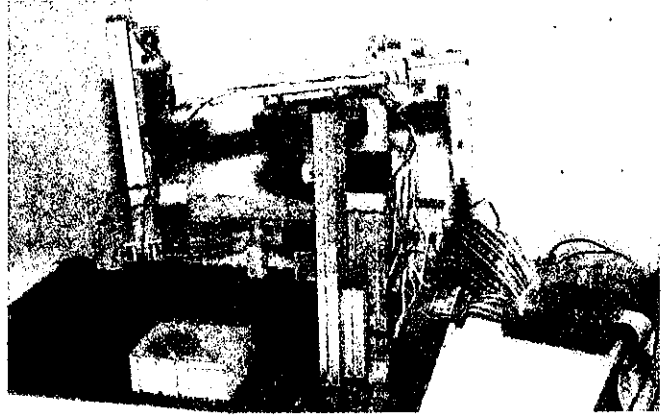
Resim 198: Bilgisayar kontrolü için ara birim

8.11.4. Proje Montajı ve Genel Görüntüler

Montajı gerçekleştirilen sisteme ait resimler aşağıda verilmiştir.



Resim 199: Vinç benzetim projesinin genel görünümü



Resim 200: Metal parçaları almaya giden robot kolu

8.11.5. Anahtarların Durumlarına Göre Sistemin Cevabı

	E1	E2	E4	E5	E6	E7	DURUMLAR
1	0	1	-	-	-	-	M1 SOLA
2	1	0	-	-	-	-	M1 SAĞA
3	-	-	1	0	-	-	M2 SAĞA
4	-	-	0	1	-	-	M2 SOLA
5	-	-	-	-	0	1	M3 YUKARI
6	-	-	-	-	1	0	M3 AŞAĞIYA
7	1	1	1	1	1	1	MOTORLARI DURDUR

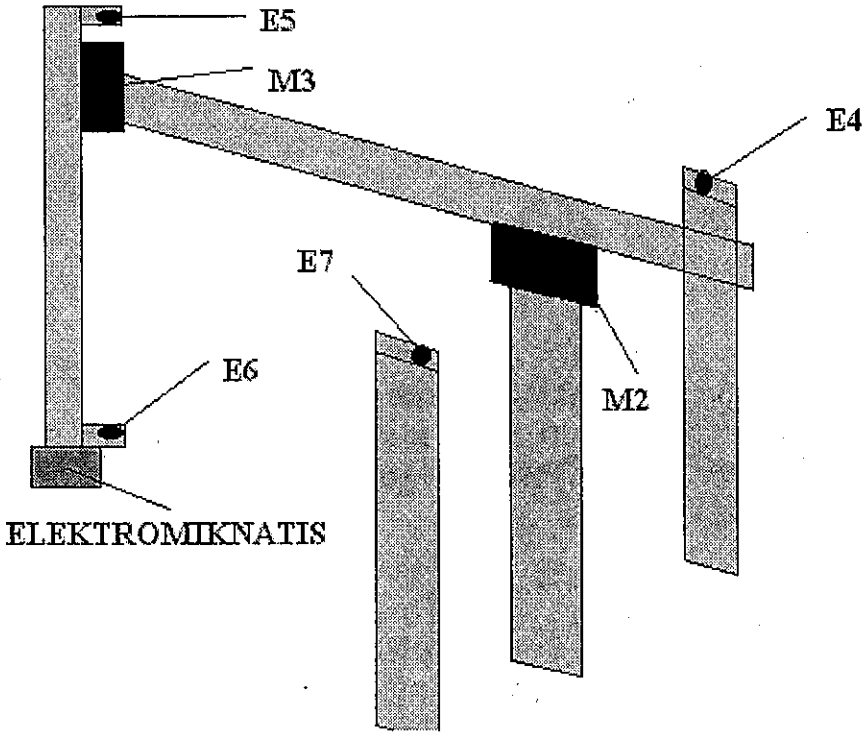
Tablo 18: Vinç benzetim projesinde anahtar durumlarına göre sistemin cevabı

8.11.6. Motor ve Anahtarların Görevleri

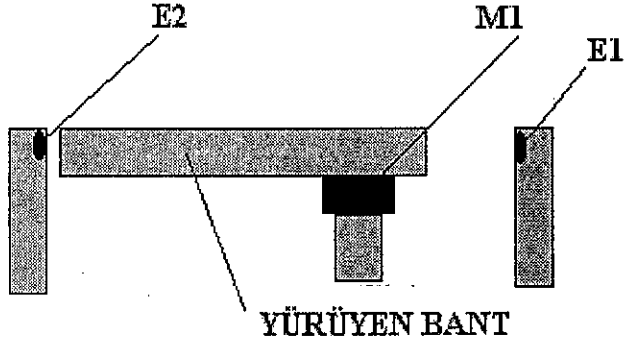
- M1 : Yürüyen bandın sağa ve sola gitmesini sağlayan motor.
M2 : Vinç kolunun sola ve sağa dönmesini sağlayan motor.
M3 : Elektromıknatısa bağlı olan bu koldaki motor, mıknatısı yukarı veya aşağıya çekmesini sağlamaktadır.
E1,E2 : Yürüyen bandın sağa ve sola hareketini sınırlamak için konmuş anahtarlar.

- E4,E7 : Vinç kolunun sağa ve sola hareketini sınırlamak için belli açıda döndürmek amacıyla konmuş anahtarlar.
- E5,E6 : Elektromıknatısa bağlı olan bu kolda bulunan anahtarlar, mıknatısın aşağı ve yukarı gitmesini sınırlamak için konulmuşlardır.
- E : Bu anahtar ise E2 anahtarına seri bağlı adaptör vasıtasıyla elektromıknatısa gerekli manyetik alanın oluşması için konmuştur.

8.11.7. Otomatik Vinç Kolunun Yerleşim Plânı



Şekil 102: Otomatik vinç kontrolündeki yerleşim plânı



Şekil 103: Otomatik vinç kontrolündeki yürüyen bant

8.11.8. Programın Yazılımı

```
TO VINC
MSTOP "M1
MSTOP "M2
MSTOP "M3
A
END
```

```
TO A
IF EQUALP STATUS "E4 0 [MCW "M2]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [MSTOP "M2]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [B]
A
END
```

```
TO B
IF EQUALP STATUS "E5 0 [MCW "M3]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [MSTOP "M3]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [MSOLA]
B
END
```

```
TO MSOLA
IF EQUALP STATUS "E1 0 [MCW "M1]
```

```
IF EQUALP STATUS "E1 1 [MSTOP "M1]
IF EQUALP STATUS "E1 1 [MSAGA]
MSOLA
END
```

```
TO MSAGA
IF EQUALP STATUS "E2 0 [MCCW "M1]
IF EQUALP STATUS "E2 1 [MSTOP "M1]
IF EQUALP STATUS "E2 1 [YUK1]
MSAGA
END
```

```
TO YUK1
IF EQUALP STATUS "E6 0 [MCCW "M3]
IF EQUALP STATUS "E6 1 [MSTOP "M3]
IF EQUALP STATUS "E6 1 [VINCA]
YUK1
END
```

```
TO VINCA
IF EQUALP STATUS "E7 0 [MCCW "M2]
IF EQUALP STATUS "E7 1 [MSTOP "M2]
IF EQUALP STATUS "E7 1 [ASAGI]
VINCA
END
```

```
TO ASAGI
IF EQUALP STATUS "E5 0 [MCW "M3]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [MSTOP "M3]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [YUKARI]
ASAGI
END
```

```
TO YUKARI
IF EQUALP STATUS "E6 0 [MCCW "M3]
IF EQUALP STATUS "E6 1 [MSTOP "M3]
IF EQUALP STATUS "E6 1 [VINCO]
```

YUKARI
END

TO VINCO
IF EQUALP STATUS "E4 0 [MCW "M2]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [MSTOP "M2]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [ASAGI1]
VINCO
END

TO ASAGI1
IF EQUALP STATUS "E5 0 [MCW "M3]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [MSTOP "M3]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [MSOLA]
ASAGI1
END

8.11.9. Programın Genel Açıklaması

Başlangıçta bütün motorları durdurulmalıdır, çünkü böylece herhangi bir elektrik kesilmesinde motorlar tekrar baştan çalıştırılması sağlanır. İlk başta E4 anahtarı 0 konumda iken M1 motoru çalışır. E4 anahtarı 1 olana kadar M1 motoru dönmeye devam eder. İstenen açı sağlandıktan sonra, vinç kolunun metal parçanın altına gelmesi sağlanır. E5 anahtarı 0 konumunda iken, M3 motoru E5 1 olana kadar yukarı çıkmaya devam eder. M1 motoruna bağlı olan anahtar, bandı sağa hareket ettirerek metal parçanın alınması için metal konan yere E1 anahtarı 1 olana kadar gitmeye devam eder. M1 motoru sola hareket ettirilerek miknatisin altına gelene kadar ve E2 anahtarı 1 olana dek, M1 motoru dönmeye devam edecektir. Elektromiknatisa seri bağlanmış E anahtarı, manyetik alan yaratarak metal parçayı çekmesi sağlanır. M3 motoru, E5 anahtarı 1 olana kadar yukarı çıkar. Daha sonra durur. M2 motoru sola doğru hareket ederek E4 anahtarı 1 olduğunda durur. M3 motoru aşağıya inerek elektromiknatisa seri bağlı adaptör ve anahtarı 0 olur ve miknatis metal parçayı bırakır. M3 motoru yukarı çıkar. E6 anahtarı 1 olana kadar çıkmaya devam eder. Aynı işlemler tekrarlanarak yapılır.

8.12. Otomatik Pres Makinesi

İnsan gücünün yetersiz kaldığı işlerin yapılmasında bir çok otomasyon ağırlıklı makineler ve sistemler geliştirilmiştir. İşlemlerin periyodik olarak gerçekleştirilebilmesi; insan tarafından yapılan gözetim ve denetim yerine, etkili ve güvenilir otomatik işlem gerçekleştirme; bir otomobil üretiminin insan eli değmeden yapılabilmesi vb. işlemler otomasyon sayesinde ortaya çıkan durumlardır.

Günümüzde fabrikalarda presleme işlemi yine makineler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Ancak yine makineleri kumanda eden bir insanın olması elzemdir. Bu makineler bilgisayarlarla kontrol edilmekte ve bütün işlemler belirli işlem sırası dahilinde otomatik olarak yapılmaktadır. Artık maddelerin preslenmesi ve hacminin küçültülmesi, sıkıştırılması gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi presleme ile mümkündür.

8.12.1. Presleme

Bu yazıda bir presleme olayının benzetimi yapılmaktadır. Sistem şu şekilde çalışacaktır. Preslenecek malzeme taşıyıcı bir bandın üzerinden presin altına getirilir. Malzeme presin altına geldiği anda üstten pres kolu inerek malzemeyi sıkıştırır. Malzemenin sıkışması tamamlandıktan sonra pres çekilerek, preslenmiş malzeme boşaltılmak üzere geri çekilir. Bu işlem periyodik olarak gerçekleştirilir.

8.12.2. Kullanılan Malzemeler

Presleme benzetim projesi için Fischertechnik robot seti kutusundan aşağıdaki malzemeler seçilmiştir:

- MOTOR (2 ADET)
- SWICH(4 ADET)
- DİŞLİ RAY
- ARABİRİM
- LEGO YAPI PARÇALARI

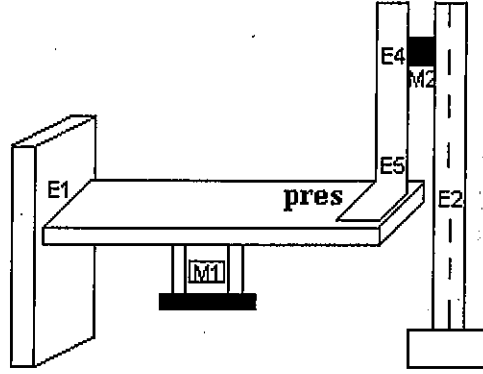
8.12.3. İşlem Basamakları

1. Şerit bandın hareketini sağlayan M1 motoru, dişli rayı hareket ettirir ve bu hareketi sınırlayan E1 anahtarı yerleştirilir.
2. Presi aşağı hareket ettiren M2 motoru, dişli ray üzerine monte edilir ve yine bu hareketi sınırlayan bir E2 anahtarı bulunmaktadır.

3. Presin yukarı kalkmasını sağlayan M2 motorunun dönme yönünü değiştiren E5 anahtarı yerleştirilir.
4. Presin tekrar aşağıya inmesini sağlayan M2 motorunun dönme yönünü değiştiren E3 anahtarı bulunmaktadır.

8.12.4. Sistemin Şematik Çizimi

Presleme yapan robotun şematik çizimi aşağıda verilmiştir. M1 motoru sayesinde, şerit kol yatay düzlemde hareket etmektedir. Raylı şerit bandın uç noktası E1 anahtarı ile kontrol edilmektedir. M2 motoru ise, pres kolunun aşağı-yukarı hareketini sağlamaktadır. E2 anahtarları ile pres kolunun dikey düzlemde inebileceği mesafe sınırlanmaktadır.



Şekil 104: Otomatik pres makinesinin şematik çizimi

8.12.5. Sistemin Çalışma Prensipleri

M1 motoru çalıştırıldığında şerit hareket edecek ve malzeme E1 anahtarı üzerine geldiğinde M1 motoru duracak ve M2 motoru çalışacaktır. M2 motoru pres kolunu aşağı hareket ettirecektir. Malzeme preslendiğinde M2 motoru E3 anahtarının üzerine geldiğinde, pres geri yukarı çekilecektir. Yukarıda E4 anahtarı 1 konumuna geldiğinde, M1 motoru çalışacak ve preslenmiş malzeme boşaltılmak üzere dişli ray vasıtasıyla geri çekilerek hareket sağlanacaktır.

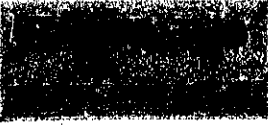
Görüldüğü gibi sistemde 4 işlem gerçekleşmektedir.

- Malzeme presin altına taşınır.

- Pres aşağıya doğru iner.
- Presleme işlemi tamamlandıktan sonra pres yukarı çekilir.
- Preslenmiş malzeme tekrar boşaltılmak için alınır.

8.12.6. Projede Kullanılan Malzemeler

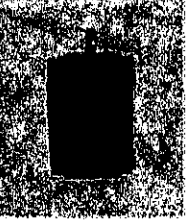
Montajda kullanılan malzemeler aşağıda verilmiştir.



Resim 201: Raylar



Resim 202: Aliminyum Profil



Resim 203: Dc Motor (1 Adet)



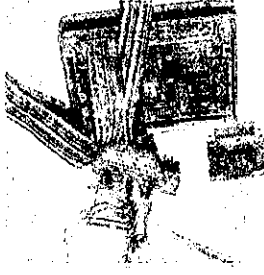
Resim 204: Mini Motor



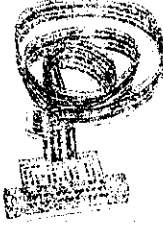
Resim 205: Dişli ray için dişli kutusu



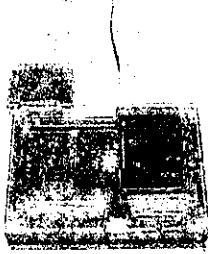
Resim 206: Dönerli dişli çark



Resim 207: Interface



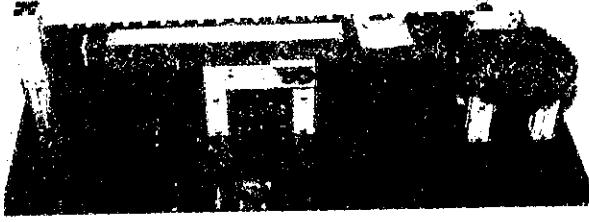
Resim 208: Kontrol Kablosu



Resim 209: Bilgisayar Kontrolü için ara birim interface

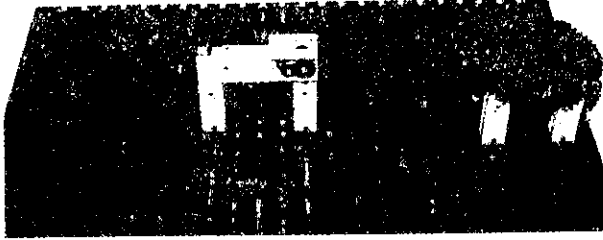
8.12.7. Pres Makinesinin Montaj Safhaları

Yukarıda belirtilen malzemeler kullanılarak, gerçekleştirilen pres makinesinin montaj safhaları adım adım anlatılacaktır. Önce siyah renkli tabla üzerine döner tabla (kırmızı renkli) ayakları üzerine **Resim 210**'da görüldüğü gibi monte edilir. Sol tarafta görülen ve ayakları üzerine oturtulan dişli ise, preslenecek malzemeyi pres kolu altına taşıyacak dişli bandı taşımak amacıyla monte edilmiştir.



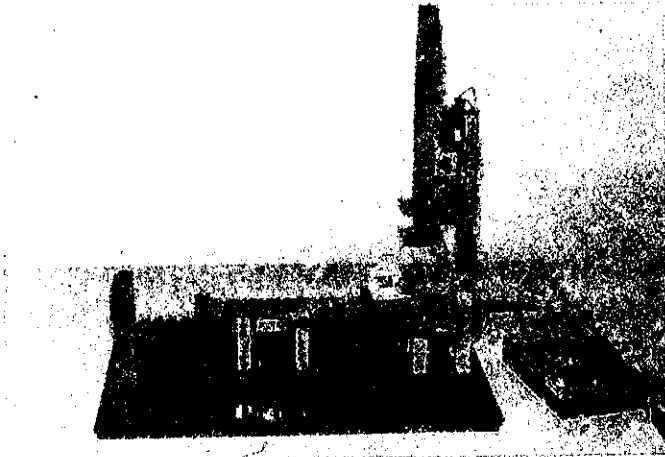
Resim 210: Montaja başlama, ana tabla, döner tabla ve dişli

Aşağıdaki resimde montajın bir ileri safhası görülmektedir. Preslenecek malzemelerin taşınmasını sağlayan ve yatay yönde hareket edebilen rayın, dişliler üzerine oturtulmuş hâli gözükmektedir.



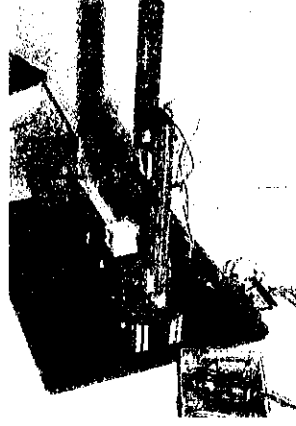
Resim 211: Rayın dişli üzerine oturtulması

Aşağıdaki resimde presleme işlemini yapan ve dikey yönde hareket edebilen kolun, monte edilmiş hali gözükmektedir. Bu arada ara birim çıkış kablosu, robot giriş soketi ile irtibatlandırılmış durumdadır.



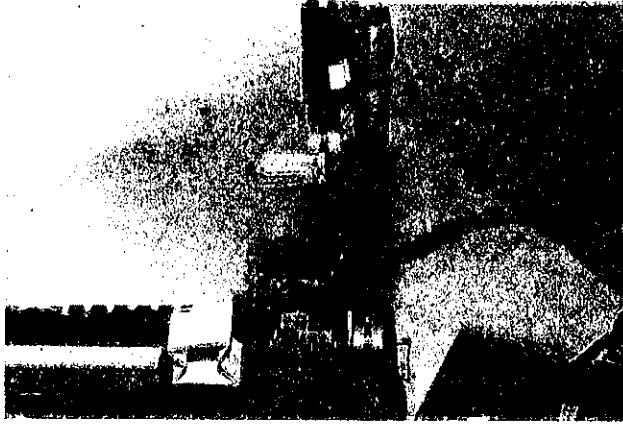
Resim 212: Pres dikey kolunun montaj edilmiş hâli

Aşağıdaki resimde montajı tamamlanmış robotun değişik açıdan genel resmi görülmektedir. Resmin sağ alt köşesinde ara birim yer almaktadır.



Resim 213: Pres makinesinin genel görünümü ve arabirim

Pres makinesinin önden genel görünüşü aşağıda verilmiştir. Artık montajı tamamlanmış bu robotun çalıştırılabilmesi için uygun bir yazılım kullanılabilir.



Resim 214: Pres makinesinin önden genel görünüşü

8.12.8. Yazılım

Robot, aşağıda görülen ve LOGO dili ile kodlanmış program ile sevk ve idare edilmektedir.

```
TO PRES
MSTOP "M1
MSTOP "M2
A
END
```

```
TO A
IF EQUALP STATUS "E1 0 [ MCW "M1]
IF EQUALP STATUS "E1 1 [ MSTOP "M1]
IF EQUALP STATUS "E1 1 [B]
A
END
```

```
TO B
IF EQUALP STATUS "E2 0 [ MCCW "M1]
IF EQUALP STATUS "E2 1 [ MSTOP "M1]
IF EQUALP STATUS "E2 1 [C]
B
END
```

```
TO C
IF EQUALP STATUS "E5 0 [ MCW "M2]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [ MSTOP "M2]
IF EQUALP STATUS "E5 1 [ D]
C
END
```

```
TO D
IF EQUALP STATUS "E4 0 [ MCCW "M2]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [ MSTOP "M2]
IF EQUALP STATUS "E4 1 [ A]
D
END
```

8.12.9. Programın Genel Açıklaması

Program çalıştırıldığında E1 anahtarının 0 olduğu ilk durumda, M1 motoru sola doğru hareket eder. A isimli program çalışır. E1 anahtarı 1 olduğu durumda M1 motoru durur ve B programı çalışır.

E2 ilk durumda 0 ise, M1 motoru malzemeyi presin altına getirir. E2, 1 olduğu durumda M1 durur ve C programı çalışmaya başlar.

E5 ilk durumda 0 ise, M2 motoru çalışır ve pres kolunu aşağıya indirir. Malzeme preslendikten sonra E5, 1 olur ve M2 motoru durur. Daha sonra D programı işlemeye başlar.

E4 ilk durumda 0 ise, M2 motoru çalışır ve pres yukarı çekilir. E4, 1 olduğu durumda M2 motoru durur. A programına dallanma yapılır ve işlem tekrar periyodik olarak devam eder.

8.13. Zeytinyağı İmal Eden Otomasyon Sistemi Projesi

Yemek; zaman süreci olarak insan hayatında oldukça yer tutar ve insanlar için ayrılmaz bir olgudur. Türkiye’de yapılan bir istatistiğe göre 60 yaşına kadar hayatta olan bir kişi, ortalama altı buçuk yıl gibi göz ardı edilemeyecek bir süreyi yemek yiyerek geçirmektedir. Haklı olarak böylesine uzun bir süre ayırdığımız yemeğin damak lezzetine hitap etmesini isteriz. Aynı zamanda millet olarak doğallığa ve saflığa düşkünüzdür. Ama ne var ki günümüzde bunun olabilmesi oldukça güçleşiyor. Çünkü insan tükettiği gıdaların hangi işlemlerden hangi ortamlarda nasıl geçtiğini genelde bilmemektedir. Bu nedenle de endişelidir.

Ama otomasyon ve robotlardan birazcık haberdar olan ve gıdaların önemli bir bölümünün otomasyon tekniği ile üretildiğinin farkında olan insanlar, daha az endişe duyarlar. Zaten bunu bilenler özellikle gıda alışverişini genelde büyük süper marketlerden yapmaya çalışırlar. Çünkü bu marketler; kalite, sağlık vb. açılardan daha güvenilir oldukları hissini verir.

İnsanların enerjilerinin ana kaynağını yağlar oluşturur. Bunlardan en doğal en sağlıklı olanı da kuşkusuz zeytinyağıdır. Türk mutfağının özel yemeklerde kullanılan zeytinyağının elde edilmesi pek kolay olmamaktadır. Zeytinyağı imalatının seri bir şekilde yapılması istenir. Ayrıca imalatın sağlık açısından güvenilir olabilmesi için de temiz bir üretim gerçekleştirilmelidir.

Tüm gıda üretimlerinde sağlık, kalite ve güvenilirlik, zeytinyağı üretiminde de ön plândadır. Bu özellikleri yerine getirmek için zeytinyağı imal eden robot, benzetim projesi şeklinde aşağıda sunulacaktır.

8.13.1. Projenin Konusu ve Amacı

Zeytinyağı üretiminde zor olan işlemler; zeytin tanelerinin eritilmesi, preslenmesi ve ayrıştırılmasıdır. Burada benzetim projesi üzerinde bu işlerin nasıl yapılabileceği ve yağ elde etmede etkili olabilecek otomasyon teknikleri üzerinde durulacaktır.

Robot benzetim projesinin yapılmasındaki birinci amaç; zeytinlerin sıcak su ile eritilerek preslenmesidir. İkinci amaç, yağ ve suyun birlikte-

liğinin ayrıştırma işlemidir. Üçüncü ve son amaç ise yağın filtreden geçirilmesidir. Ancak bu proje çalışmasının yapılmasındaki asıl amaç, masa üstü robot parçaları kullanarak benzetimle, bu tür tasarımın nasıl yapılacağını küçük lego parçalar üzerinde göstermektir.

İnsan gücünün yetersiz kaldığı işlemlerin yapılmasında otomasyon ağırlıklı birçok makine ve sistemler geliştirilmiştir. İşlemlerin periyodik olarak gerçekleştirilebilmesi ve insan tarafından yapılan gözetim ve denetim yerine, etkili ve güvenilir otomatik işlem kullanılması amaçlar arasındadır. Yediğimiz birçok margarin ve yiyeceklerin üretiminin insan eli değmeden yapılması ve konumuzu teşkil eden otomatik zeytinyağı imalatı işleminde yine insan gücünün minimuma indirilmesi hedeflenmiştir.

8.13.2. Zeytin Presleme Sisteminin Tanıtımı

Sistemde ilk işlem; zeytinlerin sıcak su ile yumuşatılarak preslenmesi, yağ ve suyun birlikteliğinin ayrıştırılmasıdır. Son işlem ise yağın kanal ile diğer kazana aktarılmasıdır. Bu işlemleri, robotun üç ana kısmı oluşturur. Bunlar sırasıyla şunlardır:

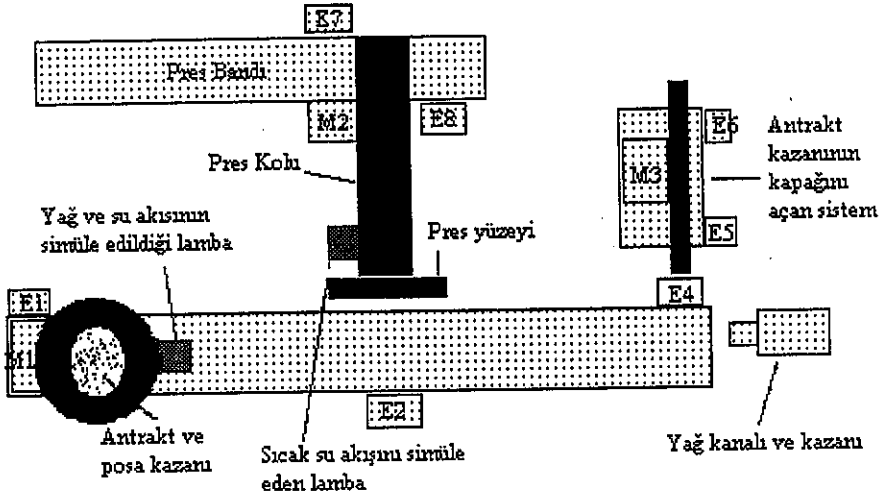
- I Kısım :** Zeytinleri yumuşatarak presleyen pres kolu sistemi.
- II Kısım:** Kazanların hareketini sağlayan ve hareket esnasında sarsıntıdan dolayı zeytinyağı ve suyun ayrışmasını sağlayan ray sistemi.
- III Kısım:** Zeytinyağı ve suyun birbirinden ayrılması için zamanlamalı çalışan antrakt kazanının kapağını açan ve kapayan sistem.

8.13.3. Malzeme Seçimi

Sistemimizdeki motorların kontrolü genel olarak anahtarlarla yapılmaktadır. Kullanılan ana malzemelerin isimleri aşağıda verilmiştir.

MOTOR (3 ADET)
 ANAHTAR (7 ADET)
 DIŞLI RAY
 ARA BİRİM
 LEGO PARÇALARI
 ve MUHTELİF MALZEMELER

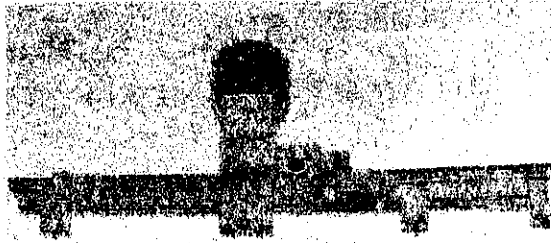
8.13.4. Robotun Prensiş Şeması



Şekil 105: Zeytin presleme sisteminin prensip şeması

8.13.5. Montaj Aşaması

Sistemin montajında öncelikle belirli parçaların işlevlerini yerine getirecek grup montajları yapılmıştır. Grup montajları birleştirilerek, asıl sistem oluşturulmuştur. Aşağıda grup olarak montaj edilmiş parçalar ve ne işe yaradıkları açıklanmıştır:



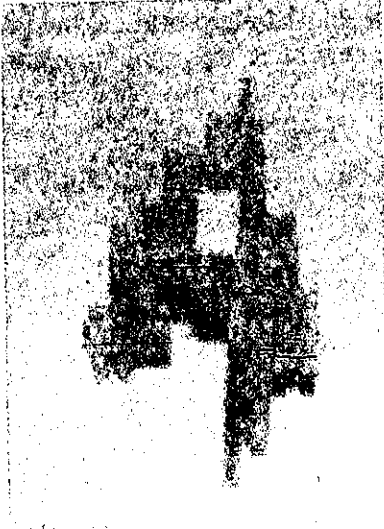
Resim 215: Kazanların ileri ve geri hareketini sağlayan ray sistemi



Resim 216: Zeytinleri presleyen pres



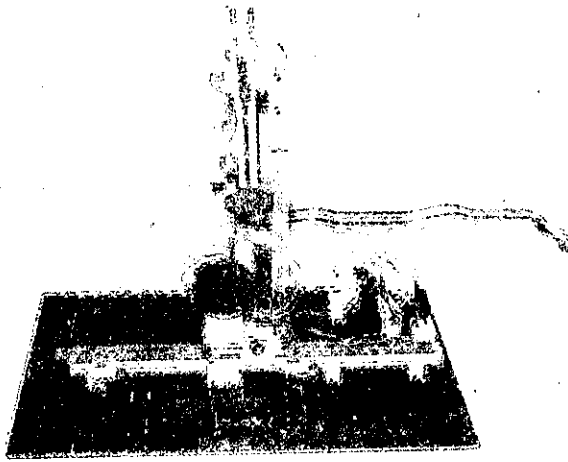
Resim 217: Zeytinleri presleyen pres mekanizmasının tüm genel görünümü



Resim 218: Antrakt kapağını açan sistem

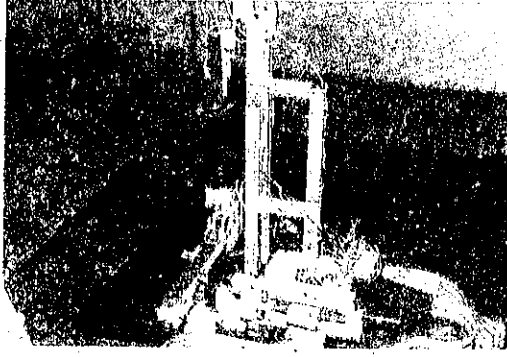
8.13.6. Sistemin Çalışması

Robot ilk olarak belli bir süre beklemektedir. Bu süre zarfında zeytinler posa kabına doldurulmaktadır. Bu süre dolduktan sonra robot hareket etmektedir. Robot hareketini programdan aldığı komut ve M1 motoru ile sağlamaktadır. M1 motoruna ileri yönde enerji verilerek kazan pres altına doğru hareket eder.



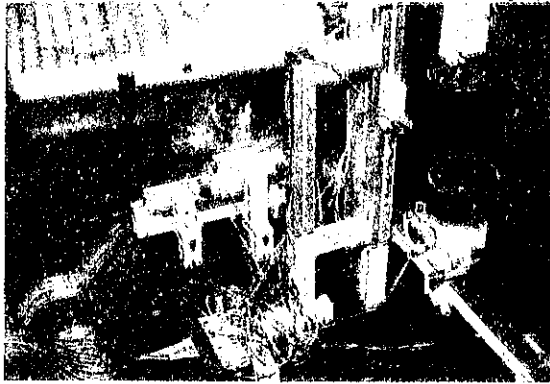
Resim 219: Roboton genel olarak önden görünüşü

Kazanın bu hareketi E2 anahtarına kadar devam etmektedir. E2 anahtarındaki değişme ile M1 motorunun hareketi duracaktır. Bu işlem ile kazan tam pres altında durmuştur.



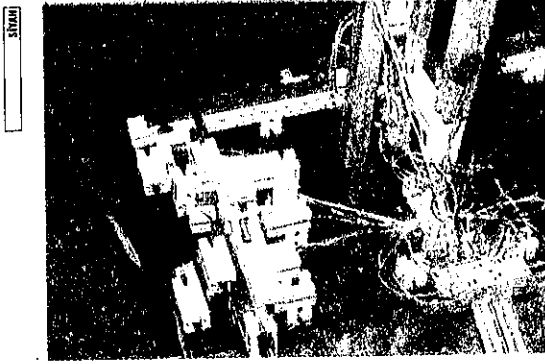
Resim 220: Roboton soldan genel görünümü

Buradaki işlem ise kazan içindeki zeytinlerin preslenmesidir. Bu işlem M2 motorunun ileri yöndeki hareketi ile sağlanır. M2 motorunun hareketi E8 anahtarındaki değişime kadar sürer. Bu arada zeytinin yumuşatılması için sıcak su dökülmektedir. Zeytinlerin tam preslenmesi için bir süre bekler. Bu bekleme süresi sonunda geri çekilir. Bu geri çekilme işlemi E7 anahtarında değişme oluncaya kadar devam etmektedir.



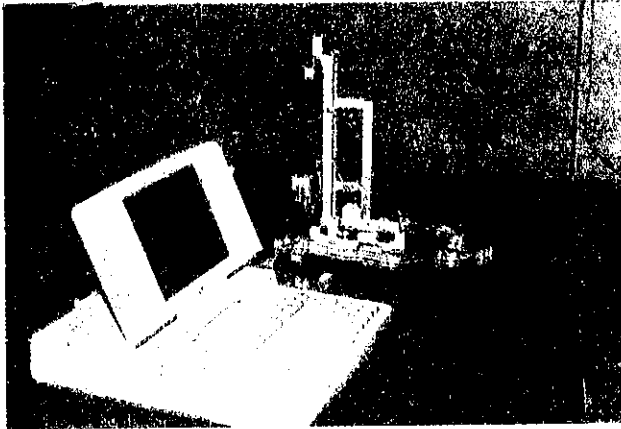
Resim 221: Robotun sağ üstten görünüşü.

Pres geri çekilince kazan yoluna devam etmektedir. Kazan E4 anahtarına bastığında kazan durmaktadır. Durduktan sonraki konumu ise antrakt kazanının kapağını açan sistemin önünde durmaktadır. Bu sistem M3 motoru ile hareketini sağlamaktadır.



Resim 222: Robotun sol arka üstten görünüşü

İlk olarak M3 motoru çalışıp E5 anahtarında değişme olana kadar devam eder. Simüle olarak kazanın kapağı açılır ve altta olan su boşalır. M3 motoru geri yönde çekilerek kazan kapağı kapatılır. Geri çekilme işlemi E6 anahtarına kadar devam eder. Bir süre bekler. Bu bekleme süresinde simüle olarak zeytinyağının boşalması için diğer kazan ray önüne gelmektedir. Son olarak yağın boşalması için yukarıda anlatılan işlemler tekrarlanır.



Resim 223: Robot ve robotu logo programıyla işleten bilgisayarın genel görünümü

Son işlem ise robotun geri dönmesi olayıdır. Bu M1 motorunun geri hareketi ile sağlanır. Bu hareket E1 anahtarındaki değişime kadar olur. Sonra yine anlatılan işlemler tekrarlanır.

8.13.7. Kullanılan Programın Logo Dilinde Kodlanması

```
TO ZEYTIN  
INIT  
MCW "M1  
WATCH "E2  
MSTOP "M1  
MCW "M2  
WATCH "E8  
MSTOP "M2  
WAIT 5  
MCCW "M2  
WATCH "E7  
MSTOP "M2  
MCW "M1  
WATCH "E4  
MSTOP "M1  
WAIT 10  
BOSALTMA  
END
```

```
TO BOSALTMA  
MCW "M3  
WATCH "E5  
MSTOP "M3  
MCW "M4  
WAIT 5  
MSTOP "M4  
MCCW "M3  
WATCH "E6  
MSTOP "M3  
WAIT "E5  
MCW "M3  
WATCH "E5  
MSTOP "M3
```

```

MCW "M4
WAIT 5
MSTOP "M4
MCCW "M3
WATCH "E6
MSTOP "M3
GERI
END

```

```

TO GERI
MCCW "M1
WATCH "E1
MSTOP "M1
WAIT 15
ZEYTIN
END

```

8.13.8. Programın Adım Adım Açıklanması

```

TO ZEYTIN
INIT

```

TO ZEYTIN komut satırı programın başlangıç satırındır. TO ifadesi program başlangıcını, zeytin ise programın adını belirtir.

```

MCW "M1
WATCH "E2
MSTOP "M1

```

MCW komutu motora enerji verilmesini sağlayan komuttur. Bu ifade belirtilen motorun ileri yönde (saat ibresi yönünde dönme) hareketini sağlar. İlk komut satırı M1 motorunun ileri yönde hareketinin sağlar. WATCH komutu ise gözle manasını taşır. Burada E2 anahtarı gözlenmektedir. Son satırda ise E2 anahtarında değişme olduğunda hareket hâlindeki M1 motorunu durdurmaktadır.

```

MCW "M2
WATCH "E8
MSTOP "M2
WAIT 5

```


MCW "M2 komutu ile M2 motoru ileri yönde hareket eder. Bu arada E8 anahtarı robot tarafından gözlenmektedir. E8 anahtarında değişme olduğunda MSTOP komutuyla M2 motoru durdurulmaktadır. WAIT 5 komutuyla robot 5 saniye beklemektedir.

**MCCW "M2
WATCH "E7
MSTOP "M2**

MCCW komutu ile M2 motoru geri yönde hareket ettirilir. E7 anahtarında değişme olduğunda MSTOP komutu ile M2 motoru durdurulur.

**MCW "M1
WATCH "E4
MSTOP "M1
WAIT 10**

MCW "M1 komutu ile M1 motoru ileri yönde hareket ettirilir. E4 anahtarında değişme gözleendiğinde motor hareketi son bulur. Son komut satırı ise robotun 10 saniye beklemesini sağlar.

**BOSALTMA
END**

BOSALTMA komut satırı bir alt programa gitmesini sağlar. Bu alt program aşağıda verilmiştir. END, programın bittiğini ifade eder. Bu ana kadar zeytin presleme işlemi yapılmış ve robot antrakt kazanının kapağını açan sistemin önünde durmuş pozisyonundadır. Bundan sonraki işlemler bir alt programda devam etmektedir.

TO BOSALTMA

Bu komut satırı alt programın başlangıcını ve ismini belirtir.

**MCW "M3
WATCH "E5
MSTOP "M3**

MCW komutu ile M3 motoru ileri yönde hareket ettirilir. E5 anahtarında değişme gözlemlendiğinde M3 motorunun hareketi MSTOP komutu ile durdurulur.

**MCW "M4
WAIT 5
MSTOP "M4**

MCW komutu ile M4 motoruna enerji verilir. Burada M4 motor girişine su akışını simüle etmek için lâmba bağlanmıştır. Yani lambanın yakılması sağlanmıştır. 5 saniye bekledikten sonra MSTOP komutu ile M4 motorunun enerjisi kesilerek lamba söndürülür.

**MCCW "M3
WATCH "E6
MSTOP "M3
WAIT "E5**

MCCW komutu ile M3 motoru geri yönde çekilir. Bu hareket E6 anahtarında değişme gözlemlendiğinde durur ve 5 saniye bekler.

**MCW "M3
WATCH "E5
MSTOP "M3**

MCW komutu ile M3 motoru tekrar ileri yönde hareket ettirilir. Bu işlem E5 anahtarındaki değişim ile son bulur.

**MCW "M4
WAIT 5
MSTOP "M4**

MCW komutu ile yine M4 motoruna enerji verilir. Bu sefer yağ akışını simüle etmek için lâmba yanar. 5 saniye bekledikten sonra M4 motorunun enerjisi kesilir.

**MCCW "M3
WATCH "E6
MSTOP "M3**

MCCW komutu ile M3 motoru yine geri çekilmektedir. Bu hareket E6 anahtarındaki değişim ile son bulmaktadır.

GERI
END

GERI komut satırı programın alt programa dallanması sağlar. Yani program işleyişine GERI alt programından devam eder. END ise BOSALTMA alt programının bittiğini ifade eder. Robotun bu alt program sonundaki pozisyonunu kapak açma sisteminin önündedir.

TO GERI

Bu komut satırı GERI alt programının başlangıcını ve ismini belirtir.

MCCW "M1
WATCH "E1
MSTOP "M1

MCCW komut satırı ile M1 motoru geri hareket eder. Bu hareket E1 anahtarındaki değişme ile son bulur.

WAIT 15
ZEYTIN
END

Robot başlangıç konumuna gelmiştir. Burada WAIT 15 komutu ile 15 sn. beklemekte ve ZEYTIN ana programına dallanmaktadır. END ifadesi ise GERI alt programının bittiğini ifade eder.

Program bir kör döngü içindedir. Devamlı olarak aynı işlemleri tekrar eder. Zaten amaçlanan da budur.

8.13.9. Sonuç

Zeytinyağı çıkarırken yapılan işlemlerdeki zorlukları ve el değmeden zeytin yağı imalini gerçekleştiren bir otomasyon sisteminin montajı; benzetim olarak lego parçaları ile yapılmıştır. Bu proje üzerinde çalışma yapan öğrencilerin hem tasarım yönleri hem de montajı gerçekleştirecek, otomasyon tekniğinin temel prensibini öğrenmiş olmaktadır. Bilgisayar yardımı ile nasıl kontrol sağlanabileceği konusunu irdemiş olmaktadır.

8.14. Sondaj Makinesi Projesi

Günümüzün en popüler teknolojilerinden biri de otomasyondur. Otomasyonun girdiği ortamlarda insan müdahalesi minimuma inmiştir. Gelişen teknolojiye paralel olarak, otomasyon günlük yaşantımızın bir parçası hâline gelmektedir. Akla gelebilecek birçok yerde otomasyonun değişik uygulamalarını görmek mümkündür.

Bu projenin amacı, sondaj işlemleri için bir otomatik makinenin nasıl tasarlanabileceği hakkında bilgi sunmaktır.

8.14.1. Projede Kullanılan Malzemeler ve Fonksiyonları

1. Döner Tabla ve Fonksiyonu:

Robotumuzun iskeleti döner tabla üzerinde bulunmaktadır. Bunun amacı kendi çevresinde 360 derece dönmesini sağlamaktır. Robotumuzun yaptığı en önemli işlemlerden birisi suyun bulunduğu alanı tespit etmesidir. Döner tabla, 9V'luk bir motor, bir tane mil ve yine bir tane helezon dişli ile kontrol edilmektedir.

2. Fotosel ve Fonksiyonu:

Robotta iki tane fotosel kullanmıştır. Bu fotosellerin amacı:

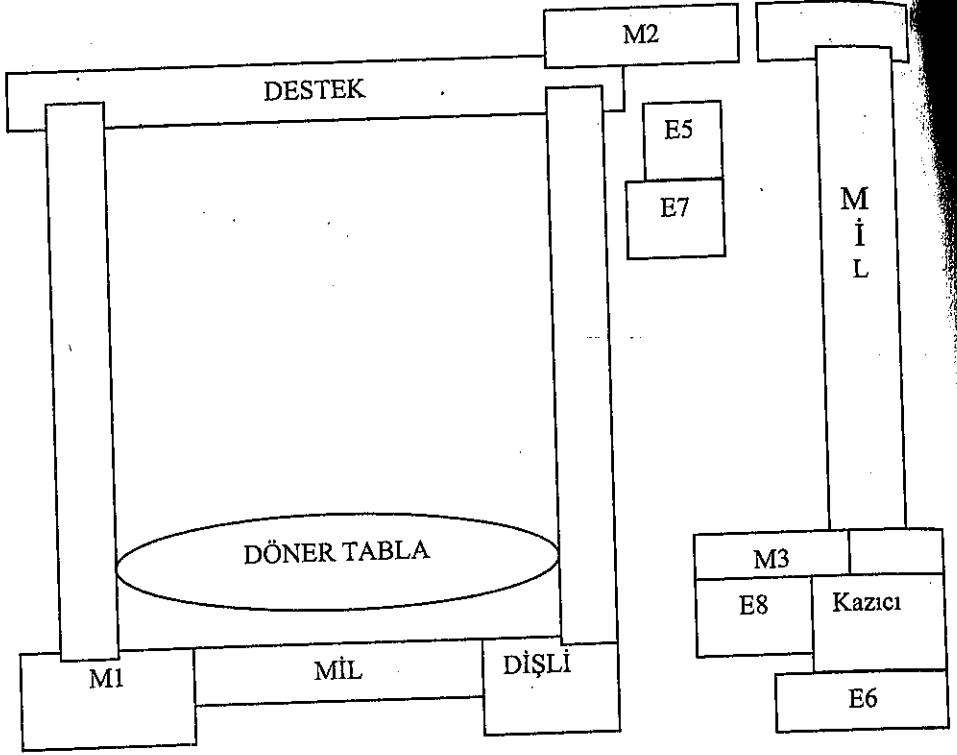
- Suyun bulunduğu alanı tespit etmek,
- Kazı işlemi esnasında suyu bulmak.

3. Mil, Helezon Dişlisi ve Fonksiyonları:

Robotta kullanılan ilk mil ve helezon dişlisi, parçanın 360 derece dönmesini sağlamaktadır. Diğerlerini ise kazı işlemi esnasında aşağı yukarı gitmelerde ve kazma sırasında kullanmıştır.

8.14.2. Robotun Genel Şeması

Robot montajına ait şematik çizim aşağıda verilmiştir. Sistemde 3 ayrı motor kullanılmıştır. Robotu kendi çevresinde M1 motoru döndürmektedir. Dönme işlemi döner tabla ile sağlanmaktadır. Bu döner tablanın üzerinde dişli sistemi bulunmakta ve döner tabla M1 motoru ile tahrik edilmektedir.



Şekil 106: Sondaj makinesinin genel şeması

M2 motoru milin aşağı-yukarı hareket ettirilmesi amacıyla kullanılmıştır. M3 motoru ise, milin ucuna takılı helezon dişlisini çalıştırmaktadır.

Motorlar ve görevleri:

- M1** : Robotu kendi çevresinde döndürür.
- M2** : Millerin aşağı-yukarı hareket etmesini sağlar.
- M3** : Helezonik dişlinin hareketini gerçekleştirir.

Algılayıcılar ve görevleri:

- E6** : Suyun bulunduğu alanı tespit etme,
- E8** : Kazı anında suyun bulunması.

Anahtarlar ve görevleri:

E5 : Düşey düzlemde millerin başlangıç konumu,
E7 : Kazma işlemini yapacak dişlinin harekete başlaması.

8.14.3. Otomatik Sondaj Makinesi İçin Kullanılan Program

Bu robot setini hareket ettirmek için LOGO programlama dili kullanılmıştır. Program, bir arabirimden geçirilerek robot setine iletilmekte ve robot tamamen programla kontrol edilmektedir. Program aşağıda verilmiştir.

```
TO BASLA
MSTOP "M2
MSTOP "M3
MCCW "M1
ARA
END
```

```
TO ARA
IF EQUALP STATUS "E8 1 [YERBUL]
IF EQUALP STATUS "E8 0 [ARA]
END
```

```
TO YERBUL
MSTOP "M1
MCCW "M2
WATCH "E7
MCCW "M3
SUBUL
END
```

```
TO SUBUL
IF EQUALP STATUS "E6 1 [DUR]
IF EQUALP STATUS "E6 0 [SUBUL]
END
```

```
TO DUR
MSTOP "M1
```

MSTOP "M2
MSTOP "M3
GER
END

TO GER
MCW "M2
WATCH "E5
MCCW "M2
END

8.14.4. Programın Açıklaması

Programın ana ve alt grupları ayrı ayrı açıklanacaktır:

1. BASLA ana programının açıklaması:

Öncelikle güvenlik için M2 ve M3 motorlarını MSTOP komutu ile durdurulmaktadır. MCCW komutu ile M1 motorunun saat yönünün tersinde döndürmesine başlanılmaktadır. ARA yazarak, ARA alt programına dallanmasını sağlanmaktadır. Robotun dönme amacı, suyun bulunduğu alanın tespit edilmesidir.

2. ARA alt programının açıklaması:

Suyun bulunduğu alan bir fotoselle sembolize edilmiştir. Fotosel, yani E8, ışığı gördüğü anda (1 durumuna geçtiğinde), YERBUL alt dizinine dallanacaktır. Işığı görmediği sürece, 0 durumunda, ARA alt dizininde kalacaktır.

3. YERBUL alt programının açıklaması:

Suyun bulunduğu alan tespit edildiğinde MSTOP komutu ile M1 motoru durdurulur ve MCCW komutu ile M2 motoru aşağıya doğru harekete başlar. WATCH komutu ile E7 anahtarının durumuna bakılır. E7 anahtarının durumu değiştiği anda MCCW komutu ile M3 motoru harekete başlar. Daha sonra SUBUL alt programına dallanır.

4. SUBUL alt programının açıklaması:

Suyun bulunması işlemi E6 isimli fotosel ile gerçekleştirilmiştir. E6 fotoseli ışığı gördüğünde (1 durumuna geldiğinde), DUR alt programına dallanır. Aksi durumda, 0 konumunda, SUBUL alt programı içerisinde ışığı görene kadar kalacaktır.

5. DUR alt programının açıklanması:

Işığı algıladıktan sonra bütün motorlar MSTOP komutu ile durdurulur ve GER alt programına dallanır.

6. GER alt programının açıklanması:

MCW komutu ile M2 motoru yukarı doğru harekete başlar. WATCH komutu ile E5 anahtarının durumuna bakılır. Anahtarın durumu değiştiği anda M2 motoru kısa bir süre MCCW komutu ile aşağıya doğru indirir ve M2 motorunun çalışması durdurulur.

8.14.5. Sistemin Çalışması

Projede robotun su çıkarılmak istenen alanda olduğunu kabul edilmektedir. Program ilk olarak BASLA ana programıyla çalışmaya başlar. Başlangıçta M2 ve M3 motorları durdurulmaktadır. Bunun nedeni motorlar program başladığı anda bir önceki programdan kalan durumlara göre davranır. Motorların bir önceki programdan çalışır vaziyette kalabileceği düşünülürse, yazılan bu komut satırının önemi kendiliğinden ortaya çıkar. Robot, suyun bulunduğu alanı bulmak için kendi etrafında dönmelidir. Bu da M1 motorunu çalıştırarak sağlanmaktadır. Daha sonra ARA isimli alt programa dallanılmaktadır.

ARA alt programında E8 ile adlandırılan fotoselin durumuna bakılır. Bu fotoselin amacı suyun bulunduğu alanı tespit etmektir. Suyun bulunması, ışık ile sembolize edilmektedir. Şayet fotosel ışığı görürse (suyu bulursa), YERBUL alt programına dallanacak, ışığı göremediği takdirde (suyu bulmadığı sürece) kendi içerisinde dönecektir.

Robotun suyun bulunduğu alanı saptadıktan sonra yapılması gereken iş, M1 motorunun durdurulmasıdır. Motor durduktan sonra, M2

motoru harekete başlayacak, yani miller aşağıya doğru inmeye başlayacaktır. Miller E7 anahtarını gördükleri anda M3 motoru harekete geçer. Yani kazma işlemini gerçekleştirecek olan helezon dişli dönmeye başlayacaktır. Aslında E7 anahtarını kullanmayabilirdi. Böylece M2 motoru harekete geçtiğinde M3 motoru da çalışacaktı. Fakat biliniyor ki, motorların belirli bir güç sarfiyatı vardır. Bundan tasarruf edebilmek için dişli ile toprak arasında belirli bir mesafe kaldıktan sonra, dişli dönmeye başlamaktadır. Program daha sonra SUBUL alt programına dallanmaktadır.

SUBUL alt programında E6 fotoselinin durumuna bakılır. Toprak altında suyun bulunmasını da ışıkla sağlanmıştır. Yani LDR; ışığı gördüğü anda (suyu bulduğunda), DUR alt programına dallanacaktır. Aksi takdirde kendi içinde dönmeye devam edecektir.

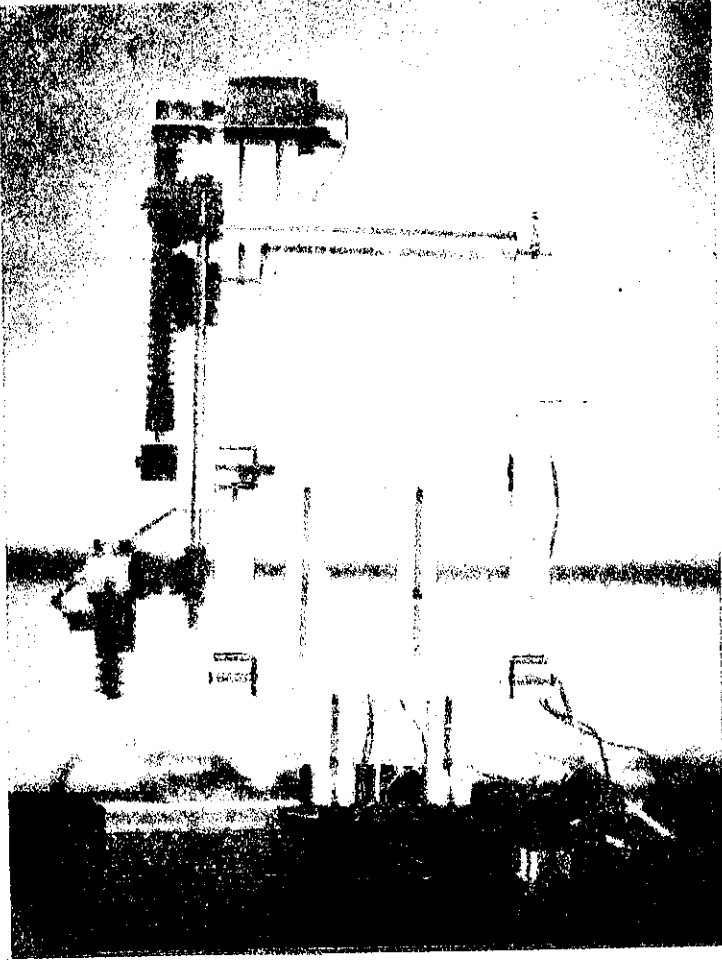
DUR alt programında bütün motorlar, ister çalışsın ister çalışmasın, durdurulmakta ve GER alt programa dallanması istenmektedir.

Sondaj işleminde toprak altında su bulunduktan sonra bütün motorlar durur ve içeride bulunan miller ve kazıcı aletler dışarı çıkarılır ki, kuyunun içerisine içi boş borular yerleştirilebilsin. Bu durum göz önüne alınarak öncelikle M2 motoru ters yönde hareket ettirilmektedir. Yani miller yukarı doğru çıkmaya başlamaktadır. Buraya ikinci bir anahtar koyulmuştur. Robotun blok şemasına bakılırsa, miller ile M2 arasında millerin geçebileceği bir boşluk bulunmamaktadır. Miller yukarı doğru hareket ederken bir süre sonra gelip M2 motoruna çarpacak ve yukarı çıkamadığı için motor zorlanacaktır. Miller yukarı hareket ederken, E5 anahtarını gördüğünde duracak ve anahtarın konumunu eski hâline dönmelerini sağlamak içinde biraz aşağı inecektir.

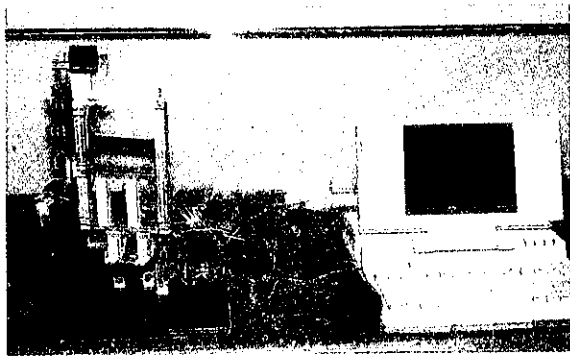
Bu işlemi yaptıktan sonra robot işlemlerini tamamlamış olacaktır.

8.14.6. Kullanılan Malzemele

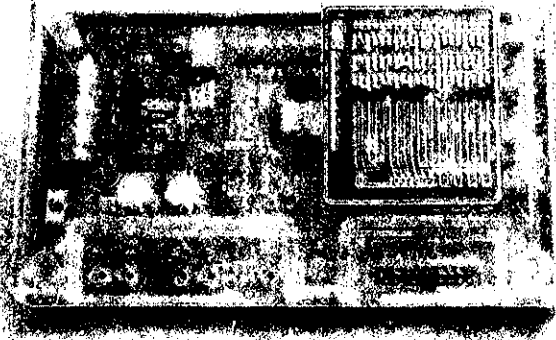
Robot montajında kullanılan parçalara ait resimler ve bu parçalarla ilgili açıklamalar, resim altlarında verilmiştir.



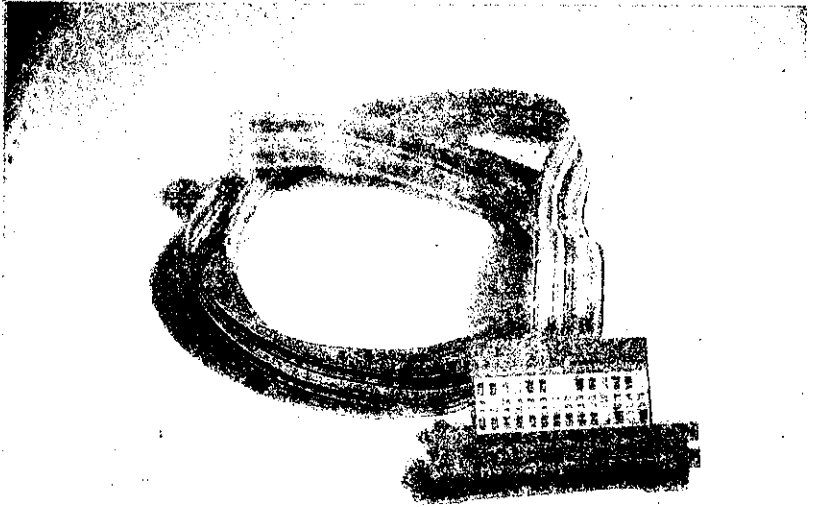
Resim 224: Sondaj makinesi genel görünümü



Resim 225: Robot seti ve diz üstü bilgisayar

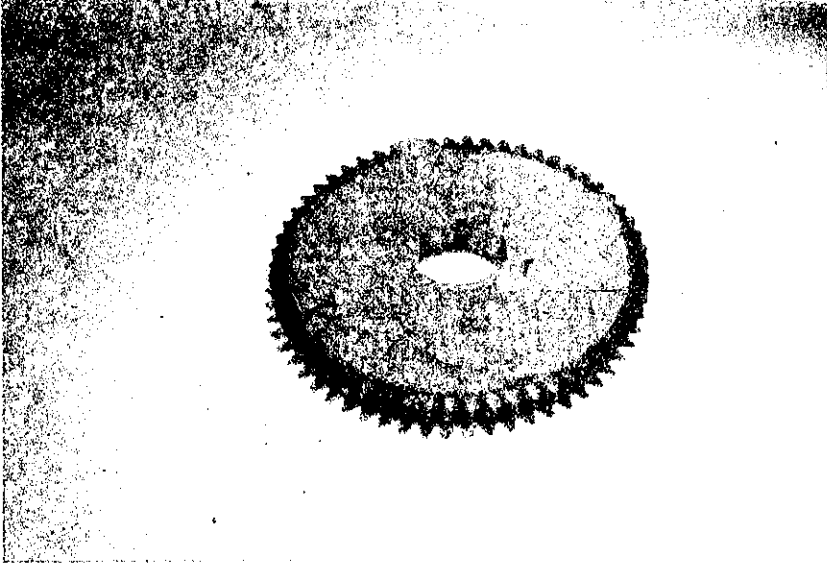


Resim 226: Ara birim

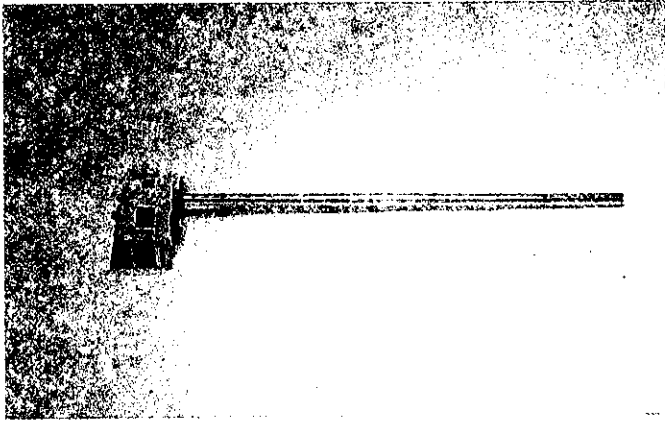


Suy-

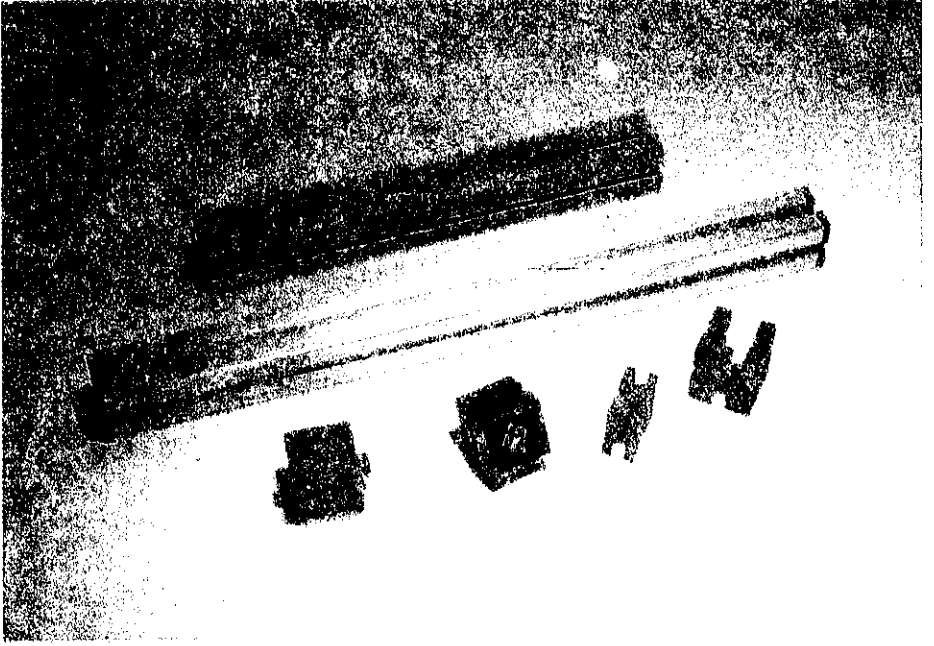
Resim 227: Ara birim ile robot seti arasında iletişimi sağlayan kablo ve soket



Resim 228: Dişli sistemli döner tabla



Resim 229: Dişliye bağlı mil



Resim 230: Kullanılan destekler ve LDR



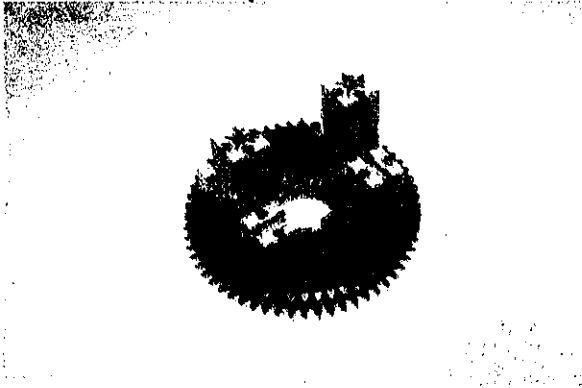
Resim 231: Motor, sabitleştirilmiş helezon dişlisi, anahtar



Resim 232: Kelepçe, helezon dişli, kablo ucu

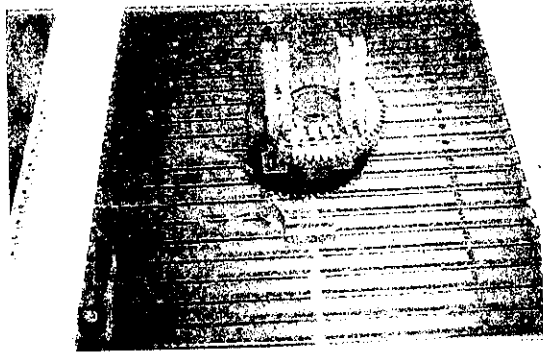
8.14.7. Robotun Yapım Basamakları

Malzemelerin montajı için aşağıdaki işlem basamakları takip edilmiştir. Robotun kendi eksenini etrafında dönmesini sağlayan destek üzerine robot ayakları monte edileceği için, destek parçalarının aşağıdaki resimde görüldüğü gibi döner tablaya tutturulması ile işe başlanır.



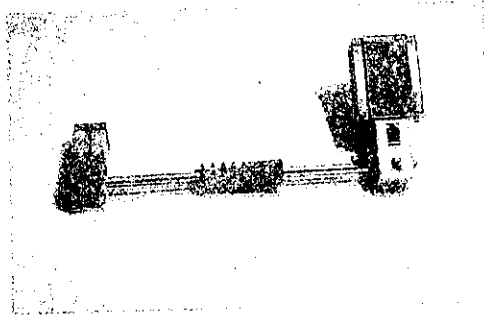
Resim 233: Çarklı döner tabla üzerine tutturulan destek ayaklar

Hazırlanan bu döner tabla sisteminin asıl montaj tablası üzerine monte edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla robot montaj seti içerisinde yer alan ve üzerine montaj için delikler bulunan bir tabla kullanılmaktadır. Suyun bulunduğu alan E6 ile simgelenmektedir. Burada E6 fotoseldir. Aşağıdaki resimde çarklı döner tabla ve E6 fotoselinin montajı hâli görülmektedir.

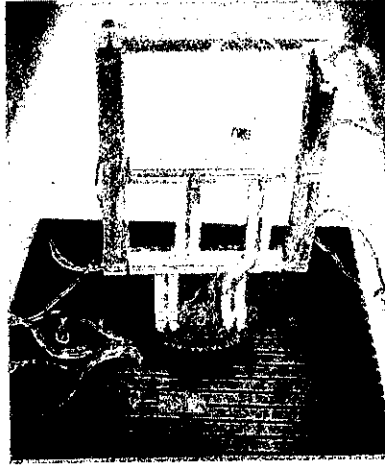


Resim 234: Döner tablanın yerleştirilmesi ve E6 algılayıcısının yerinin tespiti

Robotun kendi etrafında dönmesini sağlamak için, motordan aldığı hareketi döner tablaya ileten bir sisteme ihtiyaç bulunmaktadır. Aşağıdaki resimde robotun kendi çevresinde dönebilmesini sağlayan motor mil ve helezon dişli görülmektedir.

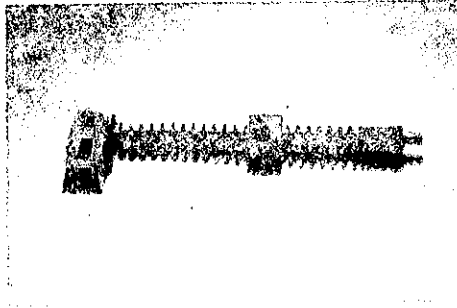


Resim 235: Robotun kendi çevresinde dönebilmesini sağlayan motor, mil ve helezon dişli



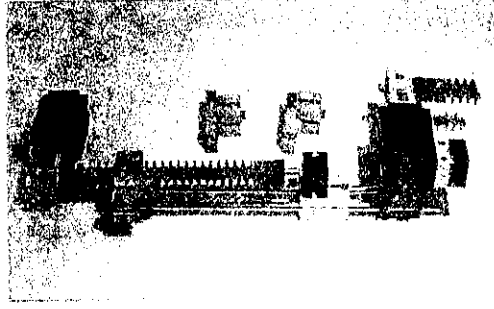
Resim 236: Robotun iskeleti

Yukarıdaki resimde robot iskeleti görülmektedir. Aşağıda ise M2 motoru ile inip çıkarak milleri hareket ettiren düzenek görülmektedir. Gri renkli dişli sisteminin hareketi ile, kırmızı renkli dişli, tutucu dişli içerisinde hareket edebilmektedir.



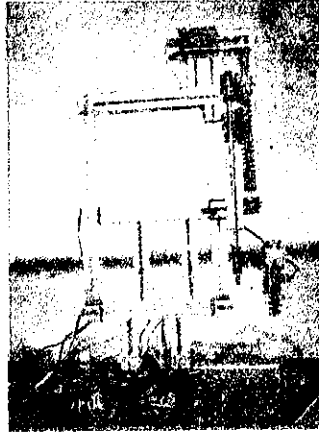
Resim 237: M2 Motoru ile inip çıkarak milleri hareket ettiren düzenek

Sondaj makinelerinin amacı, kazma işlemini yapmaktır. Aşağıdaki resimde kazma işlemini yapacak helezon dişlinin millere bağlanması görülmektedir. Bağlantı, tırnakların uygun biri birine geçirilmesi ile sağlanmaktadır.



Resim 238: Kazma işlemi yapacak helezon dişlinin millere bağlanması

Aşağıdaki resimde ise montajın bitmiş hâli görülmektedir.



Resim 239: Sondaj makinesinin bitmiş montaj resmi

8.15. Otomatik Röntgen Çeken Robot Projesi

Otomatik röntgen çeken robot projesi ile; röntgen cihazını bir robot koluna adapte ederek tıpta kullanılan röntgen cihazını otomatik ve daha kullanışlı hâle getirmek amaçlanmaktadır. Bu proje ile röntgen çekimlerinin daha hassas olarak yapılması ve hatalı çekim ihtimalinin minimuma indirmesi hedeflenmektedir.

Bilindiği gibi röntgen cihazı X ışınları yayarlar. Bu ışınlar ise sağlığa zararlıdır. Bu proje ile kullanıcı başka bir ortamda bulunabileceğinden, bu zararlar minimuma indirilebilir.

8.15.1. Projede Kullanılan Malzemeler

- Motorlar,
- Algılayıcı (LDR),
- Algılayıcı (LDR),
- Lâmbalar,
- Anahtar,
- Ray ve dişli parçaları,
- ve diğer birleştirici parçalar.

8.15.2. Fonksiyon ve Kontrol

Röntgen cihazları; canlı bir organizmanın insan gözü ile görünmeyen kısımlarının hastalık anında teşhis ve tedavisini yapabilmek için istenilen yerin filmini çeker. Bu sayede canlı minimum hasar ile tedavi edilebilir. Bunun yanında tıp bilimini geliştirerek araştırma ve yeni tekniklerin bulunması amacı ile de kullanılır.

Röntgen cihazları çeşitli tip ve yapıda olabilirler. Ama genel olarak x ve y düzleminde hedef noktaya gelmek için raylı bir düzenek vardır. Röntgen çekimini yapan kısım bir kol üzerindedir. X ışınları tüpünü taşıyan kısım mekanik olarak hareket eder. Bu da bir güç kaybına neden olur. Filmi çekilecek canlı organizmanın istenilen şekilde filmi mekanik düzenden dolayı tam çekilememekte tekrar çekim gerekebilmektedir. Bu da zaman, güç ve maddî kayıplara yol açmaktadır. Bunun yanında X ışınları insan sağlığına zararlıdır. Uzun süre bu ortamlarda kalan kişiler ileri yıllarda kanser olma tehlikesiyle karşı karşıya kalabilirler.

Bu proje ile röntgen çekimini otomatik olarak yapan robot tasarlanılmıştır. Mekanik çalışan robot ile oluşan olumsuzluklar minimuma indirilebilir. Filmi çekilecek canlının uzvuna yerleştirilecek bir verici ile tam istenilen yerin röntgen filmini robot, otomatik olarak bulup çekecektir. Ayrıca röntgen teknisyeni başka bir ortamda bulunacağından, daha sağlıklı çekim yapılır.

Projenin çalışma esası şöyledir: Robot raylı düzeneklere göre, sağa sola, aşağıya yukarıya, yani x ve y eksenlerinde hareket ettirilmektedir. Belli bir noktaya konan vericiyi bulup bu noktada durarak filmi çekecektir. Röntgen çekiminin benzetimi için bir lâmba yanıp sönecektir. Bu işlemden sonra robot bulunduğu yerden ayrılır. Projede alıcı olarak LDR ve verici olarak da lâmba kullanılmıştır.

8.15.3. Elemanların Adlandırılması ve Fonksiyonları

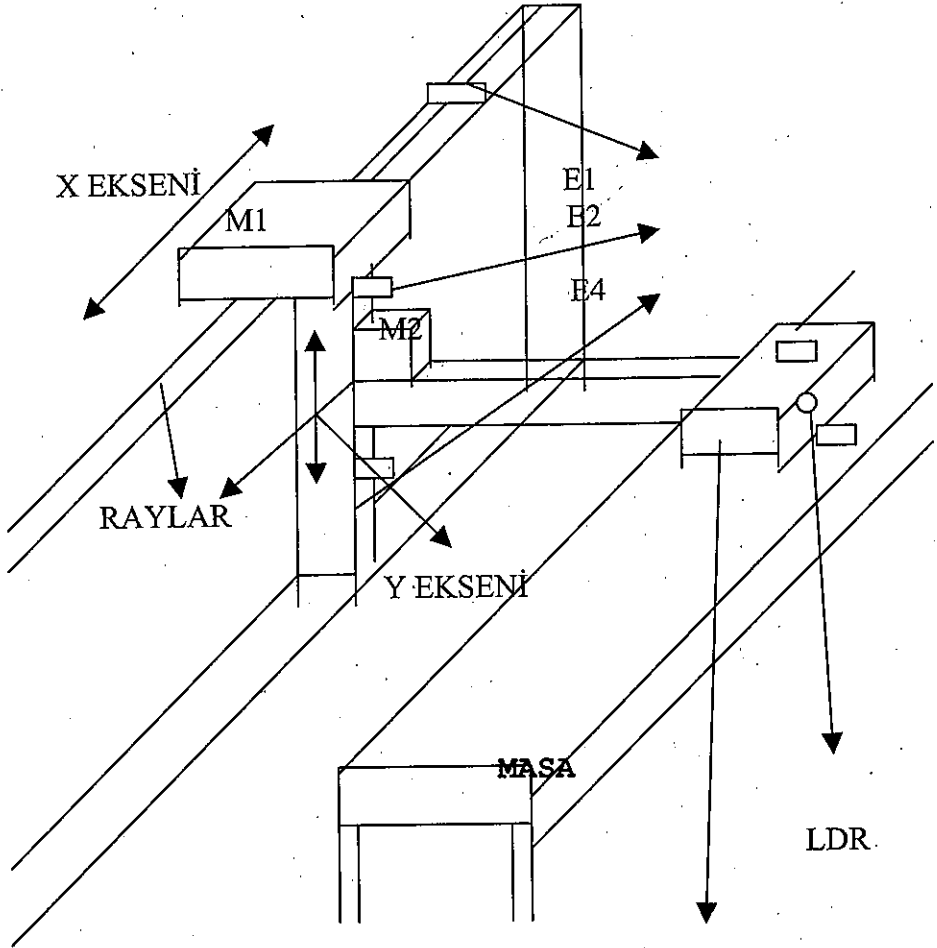
<u>ADLARI</u>	<u>MALZEME</u>	<u>FONKSİYON</u>
M1	Motor	Sağa - sola doğru hareket
M2	Motor	Aşağı – yukarı doğru hareket
M3	Lâmba	Röntgen çekimini simüle eden lâmba
M4	Lâmba	Vericiyi simüle eden lâmba
E1	Anahtar	M1 motorunun başlama noktası
E2	Anahtar	M2 motorunun başlama noktası
E4	Anahtar	M2 motorunun durma noktası
E5	LDR	Vericiden gelen sinyali alan dedektör

8.15.4. Robot Kolunun Hareketleri

<u>HAREKET</u>	<u>MOTOR</u>	<u>ANAHTAR</u>
İLERİ HAREKET	M1	E1
AŞAĞIYA HAREKET	M2	E2
YUKARI HAREKET	M2	LDR'in Aktif Olması
DURMA NOKTASI	M1	E1

8.15.5. Robotun Çalışma Prensibi

Robot çalıştırılınca E2 anahtarı M2 motorunu aşağıya hareket ettirecektir. E4 anahtarına dokunan M2 motoru duracaktır. E4 aktif olunca M1 motoru hareket edecektir. Hareket eden koldaki algılayıcı lâmbadaki ışığı görünce, koldaki lamba belli bir süre yanar. Böylece filmin çekildiği simüle edilmiş olur. Bu anda M2 motoru kolu yukarı çekecektir. Kol E2 anahtarına dokununca M1 motoru başlama noktasına hareket edecektir. M1 motoru E1'e dokununca robot çalışmasını bitirecektir.



X IŞINI TÜPÜ

Şekil 107: Otomatik röntgen çeken robotun çalışma prensibi

8.15.6. Programın Yazılımı ve Açıklaması

Robotu çalıştırmak için aşağıdaki program yazılmıştır.

```

TO RONTGEN
INIT
MCW "M2
WATCH "E4
MSTOP "M2
WAIT 1
MCW "M4
MCW "M1
WATCH "E5
MSTOP "M1
WAIT 1
MSTOP "M4
MCW "M3
WAIT 4
MSTOP "M3
MCCW "M2
WATCH "E2
MSTOP "M2
WAIT 1
MCCW "M1
WATCH "E1
MSTOP "M1
END

```

Programda TO komutu herhangi bir program parçasının başlangıcını belirtirken bir isimle atanması gerekir. Programın ismi RONTGEN olsun. INIT komutu motorları sıfırlamaktadır. Motorları ilk çalışma konumuna almaktadır.

MCW "M2 komutu M2 motorunu saat yönünde hareket ettirir. Röntgen tüpünün bulunduğu kolu aşağı doğru indirir. Yani kolu aşağı doğru hareket ettirir.

WATCH "E4 komutu E4'nin konumunda değişiklik olup olmadığını kontrol eder. Konumunda değişiklik olduğu zaman bir alt satıra geçer.

MSTOP "M2 komutu M2 motorunun durdurulmasını sağlar.

WAIT 1 komutu programı 1 saniye bekletir.

MCW "M4 komutu verici lâmbasını enerjilendirir. Hastanın röntgeni çekileceği yere verici tutturulur. Bu verici programda lâmba olarak simüle edilmiştir.

MCW "M1 komutu M1 motorunu saat yönünde hareket ettirir. Yani motoru X yönünde hareket ettirir. Bu hareketi ile hasta üzerinde bulunan vericiyi bulmak için hareket eder. Vericiyi bulmak için LDR kullanılmıştır.

WATCH "E5 komutu E5'nin konumunda değişiklik olup olmadığını kontrol eder. E5; LDR olarak kullanılmıştır. LDR vericinin gönderdiği ışıkları algıladığı zaman E5 anahtarının konumu değişir ve bir alt satıra geçer. Yani bu şekilde hastanın neresinin röntgeni çekileceği algılanmış olur.

MSTOP "M1 komutu M1 motorunun durdurulmasını sağlar. Hastanın röntgeni çekileceği yer tespit edilir.

WAIT 1 komutu programı 1 saniye bekletir.

MSTOP "M4 komutu ile verici lâmbasının enerjisi kesilir.

MCW "M3 komutu alıcı lâmbasını enerjilendirir. Yani hastanın röntgenin çekildiğini simüle edilmektedir.

WAIT 4 komutu programı 4 saniye bekletir. Bu bekleme süresinde hastanın röntgeni çekildiği simüle edilir.

MSTOP "M3 komutu ile alıcı lâmbasının enerjisi kesilir. Böylece hastanın röntgeni çekildiği simüle edilir.

MCCW "M2 komutu M2 motorunu saat yönünün tersi yönünde hareket ettirir. Böylece röntgen tüpünün bulunduğu kolu yukarıya doğru hareket ettirir.

WATCH "E2 komutu E2'nin konumunda değişiklik olup olmadığını kontrol eder . Konumunda değişiklik olduğu zaman bir alt satıra geçer.

MSTOP "M2 komutu M2 motorunun durdurulmasını sağlar. Yani röntgen tüpünün bulunduğu kolu en üst seviyeye alır.

WAIT 1 komutu ile program 1 saniye bekletilmiş olur.

MCCW "M1 komutu M1 motorunu saat yönünün tersi yönünde hareket ettirir. Böylece robotu ilk başlangıç konumuna alır.

WATCH "E1 komutu E1'nin konumunda değişiklik olup olmadığını kontrol eder. Konumunda değişiklik olduğu zaman bir alt satıra geçer.

MSTOP "M1 komutu M1 motorunu durdurur. Böylece robot ilk başlangıç noktasına gelir. Yani robot tekrar röntgen filmi çekmek için hazır hâle gelir.

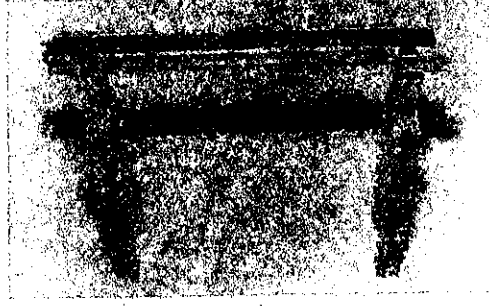
END komutu ile program bitirilmiş olur.

8.15.7. Projenin Montaj Aşamaları

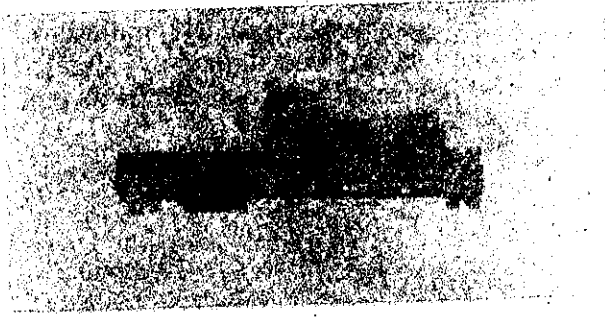


Resim 240: Ray düzeneği ve robot ayakları

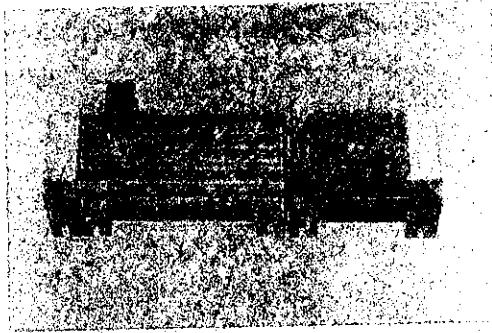
Robotun yatay düzlemde (M1 motoru tarafından hareket sağlanır) hareket ettiği ray düzeneği ve robotun üzerinde durduğu ayakların resimleri aşağıda verilmiştir.



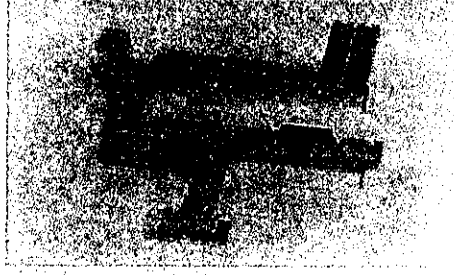
Resim 241: Ayaklar üzerine rayın monte edilmiş hâli



Resim 242: Robotun dikey düzlemde hareketini sağlayan kolun monte edilmiş hâli (M2 motoru, E2 ve E4 anahtarları tarafından kontrol sağlanır).



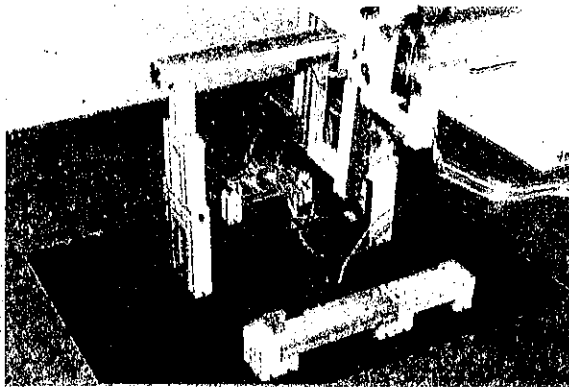
Resim 243: Hastanın yatırıldığı masayı simüle eden düzenek ve verici lâmba (M3 tarafından kontrol eden lâmba).



Resim 244: Robotu yatay ve düşey düzlemde hareket ettiren, hastanın röntgen çekilecek yerini algılayan ve röntgen çekimini simüle eden robot kolu. (M1 motoru ve E1 anahtarı yatayda, M2 motoru, E2 ve E4 anahtarı düşey düzlemde hareketi sağlar. E5; algılayıcıyı simüle eder. Röntgenin çekildiğini M4 kontrol noktasına bağlı olan lâmba ile temsil edilir).



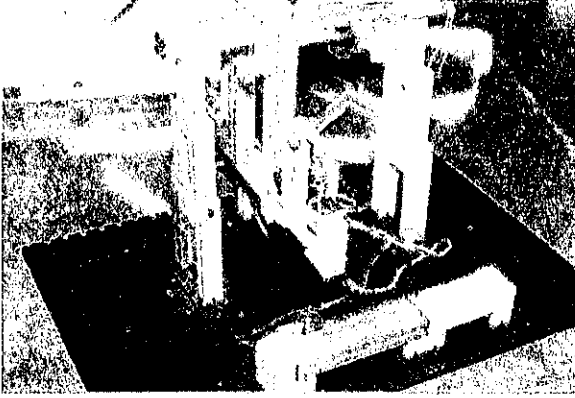
Resim 245: Robot kolunun başka bir açıdan görünüşü.



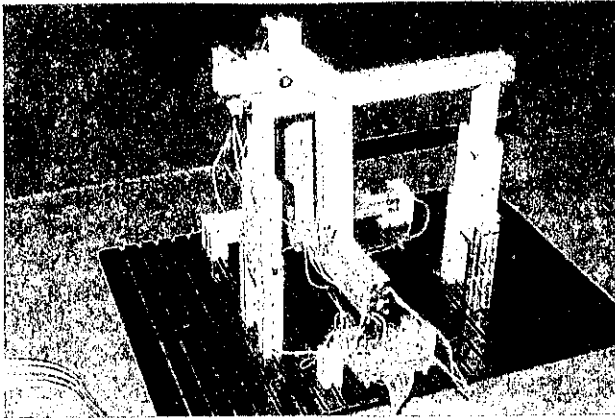
Resim 246: Robotun montajının tamamlanmış hâli ve önden görünüşü.



Resim 247: Robotun yatay ve dikey düzlemdeki hareket yönleri



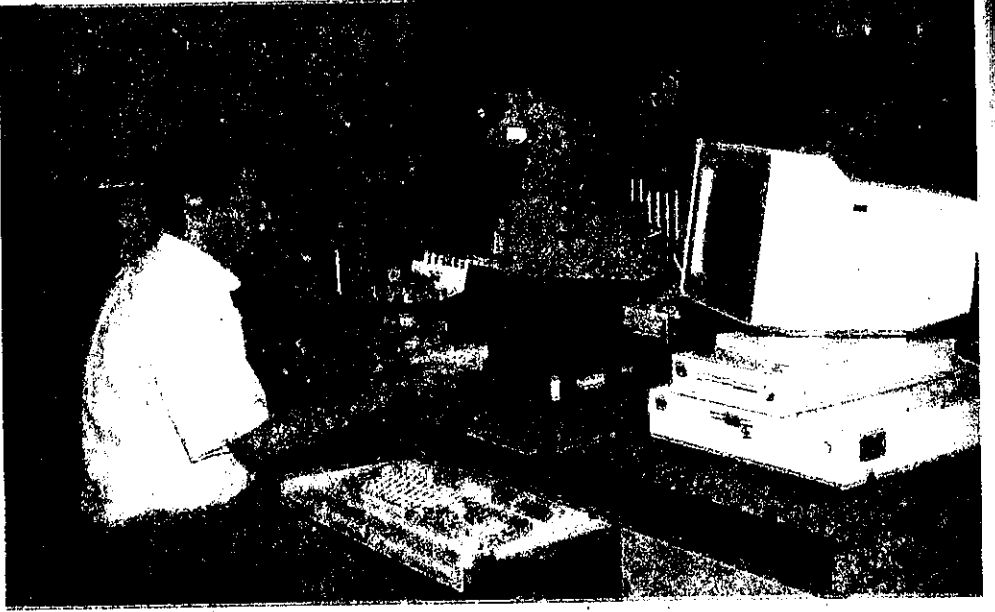
Resim 248: Robotun hasta üzerindeki vericiden yayılan sinyalleri yakalamak için yatay düzlemdeki hareketi.



Resim 249: Robotun arkadan genel görünümü

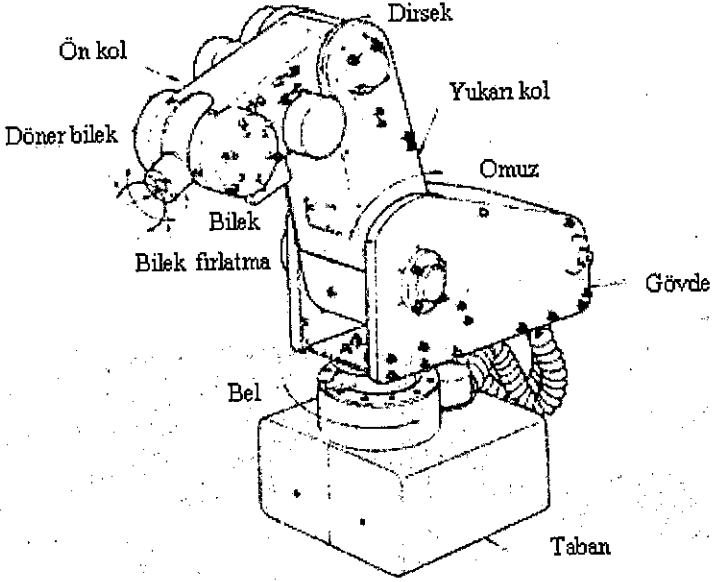
8.16. Mitsubishi Move Master Robotu ile Programlama Örneği

Amerika Birleşik Devletleri Indiana Eyaleti'nde West Lafayette şehrinde bulunan Purdue Üniversitesi Teknoloji Üniversitesi laboratuvarlarında bulunan Mitsubishi Move Master (Model RM-501) robotu, IBM BASIC (BASICA) programlama dili kullanılarak, kontrol edilebilmektedir. Bu robotun özelliği, masa üstü tipte olması ve eğitim amaçlı kullanılmasıdır. Prof. Dr. Asaf Varol'un bu robot üzerinde yaptığı çalışmalarını gösteren bir fotoğraf **Resim 250** verilmiştir.



Resim 250: Mitsubishi Move Master (Model RM-501) robotu

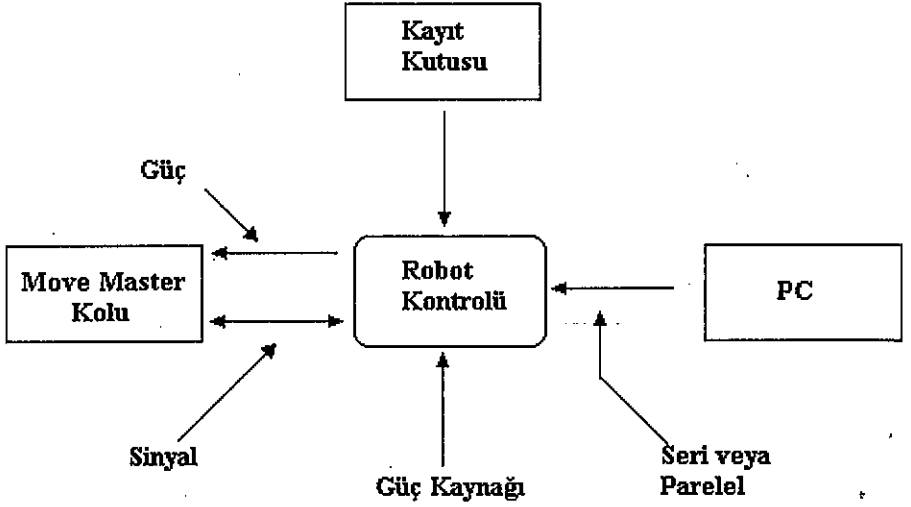
Move Master robotu, DC servomotorla sevk ve idare edilen ve bütünüyle elektrikle çalışan bir robot tipidir. Robot kolu beş serbestlik derecesine sahiptir. Ana gövde kendi eksenini etrafında 300° ; Omuzda 130° ; dirsekte 90° ; bilek fırlatmasında $\pm 90^\circ$ ve bilek dönmesinde $\pm 180^\circ$ dönüşler yapabilmektedir. Bu robotla değişik otomasyon sistemleri kurmak mümkün olmayıp, sadece programlama tekniğini öğretmek hedeflenmiştir. Bir parçanın bir yerden alınıp, diğer bir yere taşınması esnasında nasıl bir yörünge takip etmesi gerektiği, bilekte bulunan tutucuların ne zaman açılacağı ve benzeri işlemler yapılabilmektedir. Robota ait şematik çizim **Şekil 108**'de verilmiştir.



Şekil 108: Mitsubishi move master robotu

Robotla kişisel bilgisayar arasındaki haberleşmeyi sağlayan seri veya paralel porttur. Paralel haberleşme portu kullanıldığında, PC; robot kontrolörünü basit bir yazıcı olarak görür. BASICA programlama dilindeki LPRINT komutu kullanılarak, kontrolöre özel komutlar gönderilir. Örneğin LPRINT "RN" komutu yazıldığında, tırnak içerisinde gösterilen RN, RUN (Çalıştır) anlamındadır. Sistemin kalbi, MİB (Merkezi İşlem Birimi) ve hafızaların yer aldığı robot kontrolörüdür. Robot kolunun kendisi, DC servomotorlar içermektedir. Bunlardan bir motor bağlantı noktası hareketi, diğeri ise tutucu için kullanılmaktadır. Robot üzerinde her bağlantı noktasında, optik algılayıcılar ve her bağlantı noktasında iki adet sınırlayıcı anahtar bulunmaktadır. Bu anahtarlar, robot dönüşlerini sınırlamak için kullanılır (Şekil 109).

Robot kontrolörü motora sinyaller gönderir ve optik algılayıcılardan ve sınırlayıcı anahtarlardan aldığı sinyaller doğrultusunda pozisyon belirlemeleri yapar. Kontrolör tarafından kablo üzerinden aktarılan güç ile DC motorları çalıştırılır.



Şekil 109: Move Master Sistemi

Bu robotla ilgili basit bir programlama örneği aşağıda verilmiştir.

```

10 LPRINT "2 OG"
20 LPRINT "4 MO 1"
30 LPRINT "6 MO 2"
  
```

Yukarıdaki programda soldaki numaralar (10, 20 ve 30) BASICA programlama dilindeki satır numaralarıdır. LPRINT, paralel portun kullanılmasını sağlayan komuttur. Tırnak içerisinde verilen soldaki rakamlar (2, 4 ve 6) robot kontrol programı içerisindeki satır numaralarıdır. OG(Origin); orijin noktası, yani başlangıç noktasını simgeler. MO (Move) hareket et anlamındadır. Tırnak içerisindeki son rakamlar ise (1 ve 2), pozisyon numaralarıdır.

Bu kitapta verilen örneklerde de görüldüğü gibi, robotların kontrolü için çok farklı programlama dilleri kullanılabilir. Programlama dilleri farklı olmasına karşın, işletmede kullanılan yöntemlerde büyük benzerlikler olduğu görülür.

SÖZLÜK

Analog	Sürekli değişen sayısal veri, örneğin dönme, voltaj veya rezistans
Analog Haberleşme	Bilgilerin sürekli değişen fiziksel nicelikler biçiminde transmisyonu
Analo-to-Digital (A/D) Converter	Fiziksel hareket veya elektrik voltajının digital veriye çeviren cihaz
Asynchronous	Aynı anda vuku bulmayan
Binary	0 ve 1 sayılarını içeren ikili sayı sistemi
Circular Motion	Dairesel Hareket
CNC (Computer Numerical Controlled Maschine)	Bilgisayarlı Nümerik Kontrol Makinaları
CAD (Computer Aided Design)	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM (Computer Aided Manufacturing)	Bilgisayar Destekli Üretim
Contact Sensor	Mekanik teması algılayan sensör
Controller	Kontrolör
Cylindrical Coordinate System	Silindirik koordinat sistemi
Debugging	Sistemin doğru çalıştığını denetleyen işlem, hatanın yerinin bulunması ve düzeltilmesi işlemi
Degrees of Freedom (DOF)	Serbestlik derecesi
Encoder	Genelde açısal veya lineer bir pozisyonu digital veriye çeviren bir tip transdüser
End Effector	Robot kolu ucunda bulunan (en son nokta) alet vs.
Feedback	Geri besleme
Fiber Optics	Fiber optik
Flow Chart	Akış diyagramı
Gripper	Tutucu
Input Devices	Robot kontrolörüne veri gönderen limit ve basınç anahtarları
Interface	Ara birim
I/O (Input/Output)	Giriş/Çıkış

Joystick	Joystik, bilgisayarda oyun oynarken kullanılan kontrol kolu
LED (Light Emitting Diode)	İçinden akım geçtiğinde ışık veren yarı iletken
Limit Switch	Limit anahtarı
Memory	Hafıza
Module	Bir birimi tamamlamak için kullanılabilen elektronik komponentleri içeren ünite
Motion Type	Hareket tipi
Numerical Control (NC)	Nümerik Kontrol
Off-Line	Haberleşme hattına doğrudan bağlanmayan alet veya cihazı tanımlar
Output	Çıkış
Position	Pozisyon
Real-Time Control	Fiziksel bir işlemin oluşumunda geçen gerçek zaman kontrolü
Rectangular Configuration	Kartezyen koordinat sistemine uygun bir robot konfigrasyonu
Sensor	Algılayıcı
Servomotor	Servomotor
Synchronous	Aynı anda vuku bulan
Tool Center Position (TCP)	Pozisyon kontrolü için seçilen referans noktası
Transducer	Transdüser
Work Cell	Çalışma hücresi, alanı
Wrist	Bilek
Yaw	Sağa sola sapma, dönme
Zero Point	Koordinat sisteminin orijini

YARARLANILAN KAYNAKLAR

A

- ACL Advanced Control Language , Version 1.43, Reference Guide, 4th Edition, Eshed Robotec, Catalog # 100083
- Akbaba, Gülgün, Kalkınma İçin Çıkış Noktası, Bilim ve Teknoloji, Bilim ve Teknik, Eylül 1994
- Akbay, Sönmez, Endüstriyel Elektronik.
- Akbulut, F., Vektörel Analiz (İTÜ Yayınları)
- Akdoğan, A, Turgay, R.Engin: Otomasyon Sistemleri, Elektropnömatik, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1997.
- Akkurt, Mustafa., Bilgisayar Kontrollü Takım Tezgâhları ve CNC Sistemleri.
- Akman, Toygar, Elektronik Beyin, Sevinç Matbaası, Ankara, 1991.
- Akman, Toygar, Robot Bilimini Geliştiren Siberetik, Bilim ve Teknik, Sayı: 116, Ekim 1990
- Akmehmet Asaf, NATO Semineri, Uzman Sistemler ve Robotik, Sistem Otomasyonu Dergisi
- Akmehmet Asaf, Robotlar ve Otomasyon, Sistem Otomasyonu Dergisi
- Alerich, Walter, N., (Çev.: Gökbulut, M.ve Akgün, B.): Elektrik Motorlarının Kontrolü, Yükseköğretim Kurulu Matbaası, 1993
- American National Standarts Institute, American National Standarts for Industrial Robots And Robots System, New York 1986
- Antti, J., Koivo, Fundamentals for Control Robotic Manipulators
- Asada, H., Slotine, J., J., E.: Robot Analysis and Control, John Wiley and Sons, 1989
- Asimov, Isaac, (Çev. Ozaner, Sancar): Robotlar, Toplum ve Gelecek, (Dialogue'den çeviri), Bilim ve Teknik, Temmuz 1985
- Ata , Fikret, Robotlar ve Robot Kolu, Dok. Tezi Çalışması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- Aydinyüz, M., E., Taşcı, S., Z.; Proje Atelyesi, 1992

B

- Bailey, S., J., Incremental Actuation, Stepper Torque And Force Moving Up, Control Engineering
- Bartee, Thomas, C.: Sayısal Bilgisayar Temelleri, Harvard Üniversitesi Yayınları

- Başulaş, Hüsnü, Otomasyon ve Robotlar, Teknoloji, 1998
 Bayram, Murat, Yeni Nesil Robotlar, Bilim ve Teknik Dergisi, Cilt: 26, Mayıs 1993
 Belgil, Vehbi, Uzayın ve Ayın Yararları, Bilim ve Teknik, Ekim 1990
 Bermek, Engin, Bioteknoloji ve Temel Bilimlerin Önemi, Bilim ve Teknoloji Paneli, TÜBİTAK, 1990
 Budzovich, P., N., Electrohydraulic Stepping Motors, Control Engineering

C

- Carabott, V., Varol, A., Delannoy, P., Vivet, M., Control Of Temperature, Med-Campus International Summer School On Computer-Based Cognitive Tools For Teaching And Learning, 1-13 August 1994
 Chang, Chao-Hwa, Melkanoff, Michel, A., NC Machine Programming And Software Design, Prentice-Hall International Editions, 1989
 Charles J. Spiteri, Robotics Technology
 Coffiet P., Robot Technology, Volum-2, 1997
 Considine, Douglas, M.; Considine, Glenn, D., Process Industrial Instruments and Controls Handbook, McGraw-Hill Book Co., 1993
 Craig, John, J., Introduction to Robotic Mechanics & Control, 1995
 Craig, John, J., Robot Programming Languages And Systems, Introduction To Robotics Mechanincs & Control, 1995
 Critchlow, Arthur, J., Introduction to Industrial Robots

Ç

- Çağan, Cevdet, Türkiye'de Robot Teknolojisinin Durumu Tartışıldı, Bilim ve Teknik, Sayı, 279, Şubat 1991
 Çakallı, Ahmet, Günlük Hayatımıza Giren Robotlar, Bilim ve Teknik, Aralık 1987
 Çakmakçı, Metin, Geleceğin Cerrahı Robotlar mı Olacak?, Bilim ve Teknik

E

- Economic Commission for Europe, Recent Trends in Flexible Manufacturing, United Nations Publications, New York, 1986
 Erciyes Üniversitesi Gevher Nesibe Tıp Tarihi Enstitüsü Yayını No : 9, Ebu'l-İz El-Cezeri, 1986,
 Erkmen, Aydan, Robotik Ufuklar, 378-Elektrik Mühendisliği

Ertem Murat, Değişebilen Robotlar, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı: 338, Ocak 1996

Ertem Ş., Robotlar, Bilim Ve Teknik Dergisi, Nisan 1990

Ertem, Murat, PLL, Bilim ve Teknik

Ertem, Murat, Robotlar ve Görüntü Sistemleri, Bilim ve Teknik, Haziran 1996

Ertem, Murat, Üretim ve Elektronik, Bilim ve Teknik

Eryalçın, Babür, Endüstride Elektronik ve Üretimin Geleceği, Bilim ve Teknik, Temmuz 1995

F

Francis N., Nagy, Siegler, Andros, Engineering and Foundations Of Robotics

G

Gökçek, Celalettin, Vakum ile Nakliye, Pnömatik Nakliye, MakinaTek, Ocak 1997

Groouse P.M.-Wess M.-Nagel N.M.-Odrey N.M., Industrial Robotics Technology, Programmes And Applications 1996.

Gündoğan, Mete, Robotlarda Görme Fonksiyonunun Geliştirilmesi, Bilim ve Teknik, Aralık 1987

Gündüzalp M., Cordinated Operation of Two Robot Arm, Dokuz Eylül Üni. Fen Bilimleri Enst., İzmir, 1992

Güneş Çağdaş Bilim Seti, Robotlar, 28 Nisan 1986.

H

Hadfield, P. (Çev: Arıt, Selda, New Scientist, Mart 1997'den çeviri): Robot Böcekler, Mayıs 1997

Hall Ernest, L., Hall Bettie, C., Robotics

Hermann, Klaus, Rembold, Ulric, Languages For Sensor- Based Control in Robotics , NATO ASI Series , 1987

Hoekstra, Robert, L., Robotics And Automated Systems, South-Western Publishing Co., 1986

Hoshizaki, Jon., Bopp, Emily: Robot Applications Design Manual., John Wiley&Sons, Inc., 1990

I

Internet Bağlantılı Nasa Uzay Robotları Galerisi.

K

- Kamal, Youcef, Toumi; Haruhiko Asada, Direct -Drive Robots Theory And Pratics
- Klafter, Richard, D., Chmielewski, Thomas A., Negin, Michael: Robotic Engineering And Integrated Approach, 1989
- Koivo Antti., Fundamentals for Control Robotic Manipulators, Purdue University, 1989
- Kozyrev Yu. , Industrial Robots, Robots Desings, 1985
- Lee , C., S., G., Gonzales, R., C., Tutorial On Robotics Second Edition, K.S.F.U , Purdue Universty , 1981

M

- Maga, Murat, Robotlar, Bakteriler, Karıncalar, Bilim ve Teknik, Mart 1996
- Marshal, J.E. ,Lecturer in Mathematics, University of Bath England.
- Mendi F., Sanayi Robotlarının Mekanik Üretimdeki Rolü, Performansları ve Türk Sanayisinin Robotlar Yönünden Bugünkü Durumu, Gazi Üni., Fen Bilimleri Enst., 1992
- Mickell P. Groguer, Industrial Robotics 1986, Sayfa , 189-197
- Mikkel, P., Grover, Mitcheu, Weiss, Roger, N., Nagel, Micholas, G., Ordrey, Industrial Robotics Technology Programmings and Applications, Osmangazi Üniversitesi MMF Kütüphanesi.
- Moran, B., DNA, Technology Review, Nov/Dez 1996, Çev, Tek, Özgür: İki Ayaklı Robotlar, Bilim ve Teknik, Ocak 1997
- Morris, Henry, M., Üç Boyutta Gören Robotlar, Bilim ve Teknik

O

- OECD; Instustrial Robots, Their Role in Manufacturing Industry, Paris, 1983

Ö

- Özdaş, Nimet, İleri Teknolojilerin Önemi ve Türkiye'nin Teknoloji Savaşındaki Yeri, Bilim ve Teknoloji Paneli, TÜBİTAK, 1990
- Öztürk Gürkan., Tele Operatörler, Bilim ve Teknik Dergisi, Nisan 1991
- Özyıldırım İ., Robot Eller, (GEO Oktober 1991'den çeviri), Bilim ve Teknik Dergisi, Haziran 1992
- Özyıldırım, İdris, Yakaladığı Her Şeyi Sıkı Tutuyor, Bilim ve Teknik, Haziran 1992

P

- Parent M, Lauge, C., Logic And Programing, Robot Technology, Volume 5, 1984, London
- Parent, Michel., Laureeau, Claude, Logic And Programming, 1983
- Parr, E., A., Endüstriyel Kontrol El Kitabı Cilt II, (Çevirmen: Y.Mak.Müh.Üstün Öztoker), Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1997.
- Paul, Richard, Robots, Models and Automation, July 1979
- Pekçevik , Ş., Sanayide Robot Teknolojisi, Uygulaması ve Önemi (Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü), Robot Laboratuvarı
- Peter, Rohner, Endüstriyel Hidrolik Kontrol, Çevirmen: Mak. Müh. Ferit Erfan, 1994.
- Predretti C., Cianch M.: Dahi Ve Makinalar, Makine Tek, 1997, S:55-58

S

- Sarıbay, Tunç, 2000'li Yıllara Doğru Otomasyon, Otomasyon, Şubat 1998
- Sarkur, Bülent, İstefanopulos, Yorgo, Bilgisayar Mantık Devreleri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları
- Schilling, Robert, J., Fundamentals of Robotics, Analysis&Control, Prentice-Hall, Inc., 1990
- SCORBOT-ER V Plus, User Manual, Eshed Robotec, Catalog # 100016 Rev.B
- Sezginer, Aydın, Robotlar Geliyor, Bilim ve Teknik, Sayı: 146, 1979-80
- Songar, A., Elektronik ve Biyolojik Beyinlerin Karşılaştırılması, Elektronik Beynin Hukukta Uygulanması, İTÜ Semineri, İstanbul, Ekim, 1996.
- Spiteri, Charles J., Robotics Technology, Queensboruugh Community College, 1989
- Stegers, Wolfgang, Robotlar, Bilim ve Teknik, Nisan 1984
- Sunay Çağlar, Robot Böcekler, Bilim Ve Teknik Dergisi, Eylül 1997, S:43-45
- Sunay, Çağlar, Robotlar Geliyor!, Bilim ve Teknik, Eylül 1997

T

- Tekant Yaman, Cerrahide Tele Operasyon Robotlar ve Sanal Ortam, Bilim ve Teknik, Şubat 1995
- Terzioğlu, Arslan, 800 Yıllık Otomatik Makineler, Bilim ve Teknik, Sayı: 314, Ocak 1994

TMMOB Elektrik Müh. Odası Yayın Organı Elektrik Müh. Cilt:36
Sayı,378 Yıl:1991

Tok, Gökhan, Bilimkurguda Makineler, Bilim ve Teknik, Temmuz 1996

Tuna, Orhan, Ekin, Nusret, Otomasyon ve Sosyal Meseleleri, İ.Ü.

Yayınları No: 1486, 1970

Tüzünel, Önder, Elektronik Uygulamalar, Hacettepe-Taş Kitapçılık Ltd.
Şti., 1984

V

Varol, A., Carabott, V., Delannoy, P., Vivet, M., Control Of Temperature, Journal Of Scientific Research Foundation, Science And Engineering, Volume 1, October 1996, Number 3, Pp. 56-62

Varol, A., Carabott, V., Delannoy, P., Vivet, M., Control Of Temperature With A Robot, Matik'97, Makine Tasarım Teorisi Ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Ve Teknoloji Araştırma Ve Eğitim Merkezi, Ankara, 15-16 Eylül 1997, Bildiri Kitabı, 1-5

Varol, A., Carabott, V., Vivet, M., Delannoy, P., Sorting Coins With Different Diameters Through The Use Of A Robot, Matik'97, Makine Tasarım Teorisi Ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Ve Teknoloji Araştırma Ve Eğitim Merkezi, Ankara, 15-16 Eylül 1997, Bildiri Kitabı, 6-13

Varol, A., Delannoy, P., Vivet, M., Eğitim Amaçlı Robotların Logo İle Programlanması, Bilişim'97, 01-06 Eylül 1997 İstanbul, S:207-212

Varol, A., Kapı Kontrollü Asansör Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı, 70, Nisan'98, S, 46-48

Varol, A., Kayısı İşleme Benzetim Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 71, Mayıs'98, S: 56-58

Varol, A., Kök, M., Boxford 190 VMC Freze Tezgâhında İşlenecek Parçaların Bilgisayarda Simülasyonu, Bilişim'96, 18-22 Eylül 1996 İstanbul, Bildiriler Kitabı, S: 243-247

Varol, A., Makine Parçalarının CAM Yöntemi İle Üretimi, Endüstriyel Teknoloji, Bilimsel Ve Teknik Dergi, Cilt 1, Sayı:3, Mayıs 1995, S:23-28

Varol, A., Otoban Geçiş Sistemi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 65, Kasım'97, S: 38-41

Varol, A., Otomatik Araba Yıkama Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 64, Ekim'97, S: 40-42

Varol, A., Otomatik Meyve Soyma Ve Dilimleme Makinası, Makine Tek, Aylık Makine İmalat Ve Metal İşleme Teknolojileri Dergisi, Sayı: 33,

Aralık'97, S:

Varol, A., Otomatik Mil Taşlama Benzetim Projesi, Makine Tek, Aylık Makine İmalat Ve Metal İşleme Teknolojileri Dergisi, Sayı: 34, Ocak'98, S, 44-46

Varol, A., Otomatik Pres Makinası, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 74, Ağustos'98, S: 98-101

Varol, A., Otomatik Röntgen Çeken Robot Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 72, Haziran'98, S: 46-49

Varol, A., Robotlar Ve Isı Kontrolü, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 63, Eylül'97, S: 54-59

Varol, A., Sıvı İçeceklerin Şişelere Doldurulması, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 66, Aralık'97, S: 42-45

Varol, A., Sondaj Makinesi Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 75, Eylül'98, S: 138-141

Varol, A., Şifreli Otomatik Garaj Kapısı Kontrol Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 67, Ocak'98, S: 38-42

Varol, A.: Şifreli Otomatik Kapı Kontrol Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 68, Şubat'98, S: 102-106

Varol, A., Uçakların Tespiti Ve Düşürülmesine Ait Benzetim Projesi, Bilişim'98, 2-6 Eylül 1998, İstanbul, S: 65-69

Varol, A., Uçaksavar Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 69, Mart'98, S: 116-119

Varol, A., Vinç Benzetim Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 73, Temmuz'98, S: 116-119

Varol, A., Zeytinyağı İmal Eden Otomasyon Sistemlerine Ait Benzetim Projesi, Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi, Sayı: 76, Ekim'98, S: 126-131

Varol, A., Carabott, V., Vivet, M., Delannoy, P., Sorting Coins Of Different Diameters, Med-Campus International Summer School On Computer-Based Cognitive Tools For Teaching And Learning, 1-13 August 1994

Varol, A., Kök, M., CNC Freze Tezgâhlarında İşlenecek Parçaların Bilgisayarda Simülasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi IX. Mühendislik Sempozyumu, Makine Mühendisliği Bildirileri Kitabı, 29-31 Mayıs 1996, S: 31-36

Varol,A,-Robot Nedir?, Otomasyon Dergisi, Cilt:1, 1998
Vertut, J., Coiffet, Phillippe, Robot Technology,1985

W

Waldron, Kennet, J., Advanced Robotics,1989
Walter, W.Grey, The Living Brain, Duckworth, London, 1994.
Warwick, Kewin, Robotics, Applied Mathematics And Computational
Aspects, Clarendon Press, Oxford, 1993

Y

Yenitepe, Recep, Endüstriyel Robotların Tahrik Sistemlerinin
Karşılaştırılması ve Tahrik Sistemi Seçim Kriterleri, MakinaTek,
Temmuz 1996
Yılmaz A.,Gizli Robot Uçaklar, Bilim Ve Teknik Dergisi, Mart 1990
Yücel İ., H., Sanayide Robot Teknolojisi, Uygulaması ve Önemi, Sosyal
Plânlama Genel Müd. Planlama Dairesi, Ankara, 1991

İNDEKS

A

	Sayfa No
A	328
Abaktan Bilgisayara Geçiş	88
ABORT	347
ACL Komutlarına İlişkin Örnek Programlar	365
ACL Programlamada Eksen Kontrol Komutları	318
ACL Programlamada Giriş/Çıkış Kontrol Komutları	326
ACL Programlamada Kontrol Komutları	328
ACL'de Ara birim Kullanıcı Komutları	341
ACL'de Düzen Komutları	344
ACL'de Konfigrasyon Komutları	337
ACL'de Program Akış Komutları	335
ACL'de Program Kullanma Komutları	343
ACL'de Program Yönetim Komutları	351
ACL'de Rapor Komutları	338
AML Robot Programlama Dili	292
AML'de Program Kontrol Komutları	299
ANDIF	335
Ani Kontaklar	45
Asansörün Yukarı Çıkmasının Kontrolü	429
ATTACH	333,338,363

B

Basit Makineler ve İnsan Kıyaslaması	83
Bilgisayarın Tarihiçesi	63
Bilgisayarın Yeri ve Programlama Teknikleri	18
Bir Eksen Üzerindeki Noktaların Gösterilmesi	124
Bir Nokta Tanımlamanın Aşamaları	266
Bir Robotun Ana Bölümleri	124
Bir Yol Üstünde Hareket Eden Robotlar	260
Biyolojide Robot İnsan Kıyaslaması	95
Boşlukta Yer Tanımlama Yöntemleri	264

C

CLOSE	320,362
CLR	325
CLRBUF	321
CLRCOM	346
CNC ve Robotlar	110
COFF	323
CON	322
CONFIG	337
CONFIG	338
CONTINUE	329
COPY	343,352
CTRL-Pause	371

Ç

Çalışma Alanı	138
Çalışma Prensibi	379
Çeşitli Endüstriyel Robotlar Hakkında Bilgiler	193
Çeşitli Taşıma Sistemleri	22
Çok İşlemcili Sistemler	31

D

DA Seri Röleler	45
DEFINE	333
DEFP	330,357
DEL	344
DELAY	329,389
DELP	331
DELP	358
DELVAR	334
DELVAR	349
Devre Diyagramını Oluşturmak	17
DIM	334
DIMG	362
DIMP	331,362

DIR	340,351,372
DISABLE	326,338
Diğer Kıskaç Tipleri	211
DNC Sistemleri	37
DO	343
DOS	371

E

ECHO	341
ED	371
EDIT	343
EDITFILE	371
Eksen Nedir?	122
Eksen Üzerindeki Bir Vektörün Cebirsel Değeri	123
Eksenlerin Tanımı ve Hareket Biçimleri	122
EI Kontrol Komutları	309
Elektronğin Tarihiçesi	62
Elektronik Zamanlayıcılar	49
ELSE	336,363
ENABLE	326
END	345
ENDFOR	336
ENDIF	336
Endüstriyel Robotların Kullanım Alanları	186,191
Endüstriyel Robotların Mekanik Yapısı	188
Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması	186
Endüstriyel Robotların Tasarımı	113
EQUALP	372
ERASEFILE	372
Esnek İmalat Hücreleri	34
EX?	375
EXACT	322
EXIT	345
EY?	375

F

F3 -	397
------	-----

FOR	336,349
FORCE	326,338
FREE	340

G

Gecikmeli Kontaklar	44
Geometrik Modelleme	129
GET	342
GETCOM	345
Giriş/Çıkış Kontrolleri	314
GLOBAL	334
GOSUB	337
GOTO ve LABEL	346
GOTO	336
Grup Teknolojisi	4
Güç Analizi	120
Güç ve Sinyal İletimi	217
Güvenlik Robotları	177

H

Hafızada Yer Ayırma Komutları	362
Hareket Elemanları	408
Hastalık Teşhisinde Robot İnsan Kıyaslaması	92
Hata Arama Yazılımının Kullanılması	376
Havalı Zaman Röleleri	42
HELP	342
HERE	331,354
HERER	332,355
Hız Kontrolü	267
HOME	324,354
Hukuk Alanında Robot İnsan Kıyaslaması	94

I

I/O Komutları	311
IF	327,335,363,372
INIT	337,374

INT	323
Isı Kontrolü Projesi	456

İ

İki ve Üç Parmaklı Uç Birimler	221
İki veya Daha Fazla Mak.Ortak Çalışma Özellikleri	31

J

JAW	320
Jointed Arm Robotlar	167
Jointed Arm Robotlara Örnekler	175
Jointed Arm Robotların Bazı Avantajları	174
Jointed Arm Robotların Özellikleri	174
Jointed Arm Robotun Beş Ana Parçası	167
Jointed Arm Robotunun Çalışma Alanı	175

K

Kapı Kontrollü Asansör Projesi	428
Kapıların Kontrolü	429
Karakteristikler	222
Kartezyen Koordinat Sistemi	127
Kartezyen Robotlar	162
Kartezyen Robotların Tasarlanması	163
Kayıtsız İşleme Benzetim Projesi	448
Kısaç Mekanizmaların Tipleri	207
Kıvrılmış Kollar İçin Ulaşılabilir Çalışma Alanı H.	159
Kondansatörlü Zaman Röleleri	48
Kontrol İçin Kullanılan Malzemeler	407
Kontrol Komutları	326
Kontrol Paneli	244
Kontrol Sistemi	183
Kontrol Sistemleri ve Dinamik Performansı	237
Kontrol	387
Koordinat Eksen Setinin Alet ve Nesnesi	134
Koordinat Eksen Setleri Arasındaki Bağlıntılar	135
Koordinat Sistemlerine Göre Robotların Sınıflandırılması	126

L

L	344
LABEL	336
LET PAR	337
LIST	340
LIST	352
LISTP	357
LOAD	371
LOGO Programı	454
LOGO Programlama Dili	369
LSOFF	325
LSON	325

M

Malzemelerin Otomasyon Sistemleri ile Taş. Fay.	19
Malzemelerin Seçimi	401
Manyetik Açmalı DA Seri Kontaktörler	46
Manyetik Zaman Röleleri	47
MCCW	374
MCW	374
Mekanik Kısaçlar	205
Mikrorobotlar İçin Temel LOGO Komutları	374
Mikrorobotlar	110
Motorlu Zamanlayıcılar	45
MOVE	318,355
MOVEC	318
MOVED	356
MOVEL	319
MOVES	319
MSTOP	374

N

NOECHO	341
NOQUIET	341
Nümerik Sistemlerin Parça Kontrolü	35

O

OPEN	320,362
Operatör Giriş/Çıkış ve Dosya Sistemi	312
Optik Algılayıcı (Foto Transistör) Devresi	416
ORIF	327
Ortam Isısını Algılayan Elektronik Devre	460
Otomasyon Prensipleri	14
Otomasyon Sistemlerini Oluşturacak Par. Genel Öz.	5
Otomasyona Giriş	1
Otomasyonla Taşımada Algılama Sisteminin Önemi	27
Otomasyonun Tanımı ve Gelişimi	1
Otomatik Araba Yıkama Projesi	412
Otomatik Kapı Kontrol Projesi	386
Otomatik Meyve Soyma ve Dilimleme Projesi	420
Otomatik Pres Makinesi	471
Otomatik Röntgen Çeken Robot Projesi	505
Otomatik Vinç Kolunun Yerleşim Planı	467
Otomotiv Sanayinde Grup Teknolojisi	12

P

P	344
Parça ve Malzemelerin Otomatik Olarak Taşınması	19
Parçalar Arası Haberleşme Sistemi ve Önemi	8
Parmak ve Kontrol Komutları	3096
PEND	329
PgDn	371
PgUp	371
Pistonlu Zaman Röleleri	41
Polar Koordinat Robotunun Diğer Robotlara Üst.	153
Polar Koordinat Sistemi	147
POST	330
Pozisyon Tayini ve İptali	357
PRCOM	345
Pres Makinesinin Montaj Safhaları	475
Presleme	471

PRINT	342
PRINTLN	342
PRIORITY	329
PRLNCOM	345
PROFILE	322
Programlama	270,318

Q

QPEND	330
QPOST	350
QUIET	341

R

RAIL Robot Programlama Dili	289
RAIL'de Program Kontrol Komutları	303
READ	342
READ	348
READCOM	346
REMOVE	343
REMOVE	353
RENAME	343,352
REPEAT	373
Revolute Koordinat Sistemi	155
Revolute Koordinat Sistemli Robotların Avantajları	158
Revolute Koordinat Sistemli Robotların Kullanıl.	159
Robot Çeşitleri	162
Robot İnsan Kıyaslaması	79
Robot Programlama Diline Mahsus Problemler	277
Robot Programlama Dillerine Genel Bakış	282
Robot Programlama Dillerinin İhtiyaçları	273
Robot Programlama ve Çalışma Hücresi Kontrolü	242
Robot Programlama Yöntemleri	258
Robot Programlamamın Üç Derecesi	271
Robot Sensörleri	225
Robot Sürücü Sistemleri	235
Robot Sürücülerinin Tasarımı	117
Robot Toplulukları	11

Robot Tutucuları	203
Robot Uç Birim Ara Birimi	216
Robotiğe Giriş	53
Robotlar Arası Dünya Futbol Şampiyonası	68
Robotlar Ne İşe Yarar?	56
Robotlarda Eksenler	113
Robotlarda Kontrol Sistemi Tasarımı	244
Robotlarda Sensörler	227
Robotlarda Sensörlerin Kullanımı	231
Robotlarda Temel Kontrol Teknikleri	247
Robotlarda Tutucular Ve Sınırlayıcılar	203
Robotların Çalışma Alanları	102
Robotların Çoğalması İnsanları Nasıl Etkiler	99
Robotların Endüstride Kullanım Alanları	73
Robotların Endüstrideki Yeri	70
Robotların Gelecekteki Yeri	111
Robotların Kontrolü	245
Robotların Programlanması	282
Robotların Sanayideki Kullanım Alanları	105
Robotların Sanayideki Uygulamaları ve Sonuçları	102
Robotların Tarihi	64
Robotların Tarihsel Gelişimi	61
Robotların Temel Sistemleri	244
Robotta Kullanılan Motorların Görevleri	457
Robotun Çalışma Prensibi	507
Robotun El İle Kontrolü	356
Robotun Genel Şeması	491
Robotun Prensip Şeması	481
Robotun Tanıtımı	53
RS232 İletişim Komutları	345
RUN	328

S

S	367,344
Sanayi Robotlarının Ortak Çalışmaları	36
SAVE	372
Sayıcının (Koder) Kullanılması	376
Scara Robotlar	181

Scara Robotun Yapısal Özellikleri	183
Scara Tipi Robotun Özellikleri	181
Scara Tipi Robotun Yapısı	182
SCORBOT Kontrolü İçin ACL Komutları	353
SEND	340
SENDCOM	345
Sensör Bilgilerinin Alınması	276
Sensör Komutları	316
SET ANOUT	323
SET	327,329,334,348
SETP	332
SHIFT	333
SHOW	327,339
Sıvı İçeceklerin Şişelere Doldurulması Projesi	378
Siborg, Sibernetlar ve İnsan	98
Silindirik Koordinat Sistemi	138
Simülasyon ve Off-Line Programlama	280
Sistemlerde Zaman Ayarlarının Önemi	39
Sondaj Makinesi Projesi	491
SPEED	321,361
STAT	339
STATUS	375
STEP COUNTER	375
STOP	328,373
SUSPEND	328

T

Taşımacılığın Otomasyonla Yapılmasının Sakınca.	29
Teach By Lead Yöntemi	258
TEACH	332,358
TEACHHR	361
TEACHR	332
Teleoperatörler	109
Temel Tasarım Hesapları ve Performans Özellikleri	114
TEST	325
TO	372
324	324
TON	324

Transdüserler ve Sensörler	225
Transfer Hatları	32
TRIGGER	327
Tutucuların (Parmakların) Kontrolü	362
Türkiye'deki Robot Teknolojisinin Durumu	72

U

Uç Birim Olarak Hareketli Aygıtlar	215
Uç Birimlere Fiziksel Destek	216
Uç Birimlerin Tipleri	203
Uçaksavar Projesi	435
UNDEF	331
Uzayda Robotlar Arasında İş Bölümü	13

V

VAL Robot Programlama Dili	283
VAL-2'de Parmak ve Kontrol Komutları	307
VAL-2'de Program Kontrol Komutları	296
VER	339
Vinç Benzetim Projesi	462

W

WAIT	329
WATCH	375

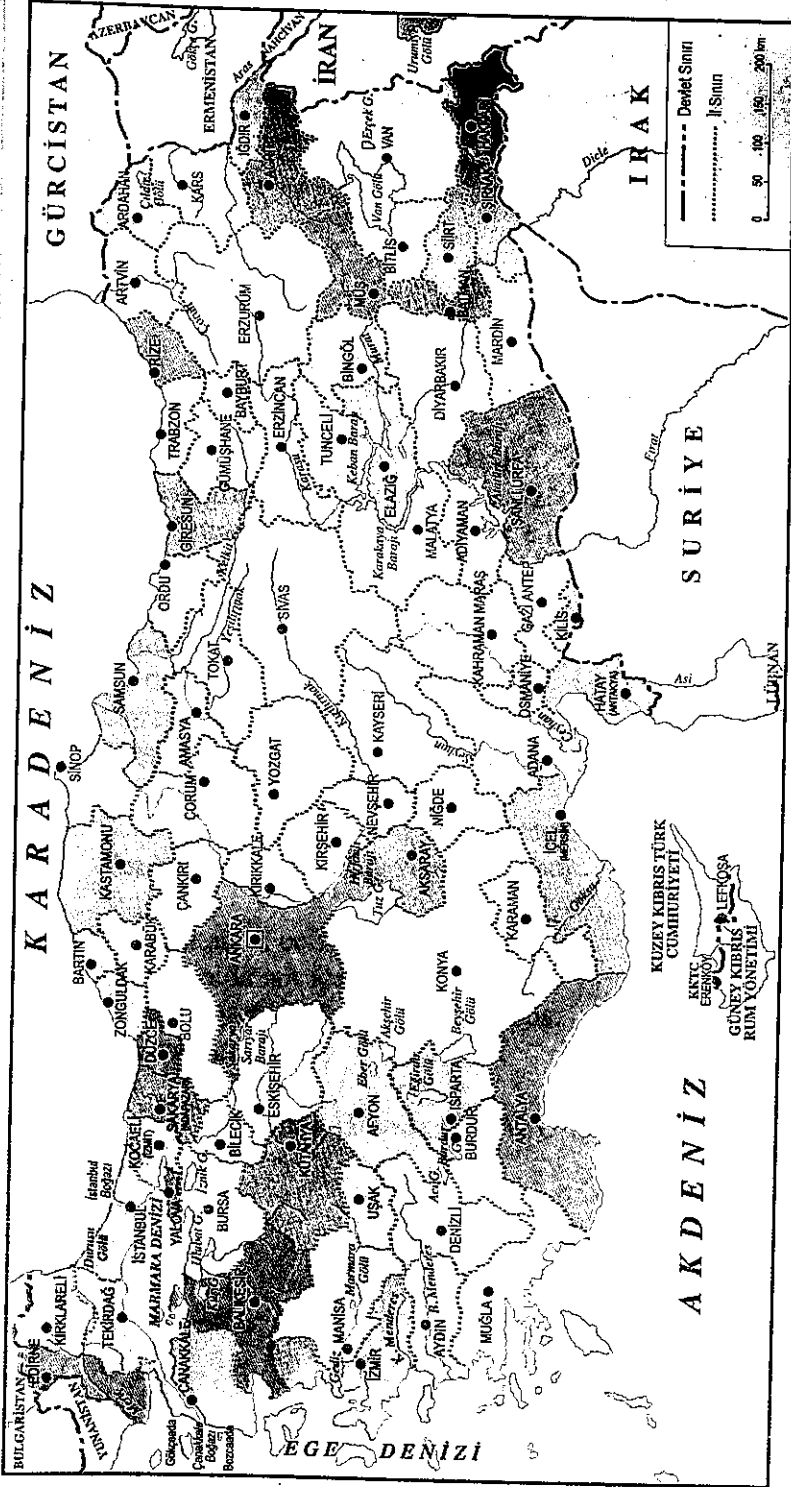
Y

Yeni Nesil Robotlar	107
Yöneltmiş Düzlem	122
Yönlendirici Programlama Yöntemleri	259

Z

Zaman Rölelerinin Seçimi	49
Zamanlama Devresi	451

TÜRKİYE HARİTASI



ÖĞRETMEN MARŞI

Alnımızda bilgilerden bir çelenk
Nura doğru can atan Türk genciyiz.
Yer yüzünde yoktur, olmaz Türk'e denk;
Korku bilmez soyumuz.

Candan açtık cehle karşı bir savaş,
Ey bu yolda ant içen genç arkadaş!
Öğren, öğret hakkı halka, gürle coş;
Durma durma koş.

Şanlı yurdum, her bucağın şanla dolsun;
Yurdum, seni yüceltmeye antlar olsun.

Candan açtık cehle karşı bir savaş,
Ey bu yolda ant içen genç arkadaş!
Öğren, öğret hakkı halka, gürle coş;
Durma durma koş.

İsmail Hikmet ERTAYLAN

Nu: 11643

Satış fiyatı : 4.166.667 Lira

KDV (% 8) : 333.333 Lira

KDV'Lİ SATIŞ FİYATI

5 6500000

TOPTAN SATIŞ

İstanbul Devlet Kitapları Müdürlüğü, Ankara, İzmir, Adana, Antalya,
Samsun, Elazığ, Erzurum, Trabzon, Van, Sivas, Burdur ve Zongüldak
Bölge Şeflikleri:

PERAKENDE SATIŞ

Millî Eğitim Yayınları ve Bakanlık Yayınları satıcısı kitapçılar.