

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GEZGİN ROBOTLARIN ÇİFTLİKLERDE ÜRÜN YERİ BELİRLEME VE
TAŞIMA İŞLEMLERİNDE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Müh. Durmuş ÖZDEMİR

**TEMMUZ 2009
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GEZGİN ROBOTLARIN ÇİFTLİKLERDE ÜRÜN YERİ BELİRLEME VE
TAŞIMA İŞLEMLERİNDE KULLANIMI**

Bilgisayar Müh. Durmuş ÖZDEMİR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Bilgisayar Yüksek Mühendisi"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18.06.2009
Tezin Savunma Tarihi : 09.07.2009**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Cemal KÖSE
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Tuğrul ÇAVDAR**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışma ile Gezgin Robotlara endüstriyel alanda farklı bir uygulama alanı kazandırmak amaçlanmıştır. Gezgin Robotların hareket kabiliyeti kullanılarak, sisteme eklenmiş olan robot kol sayesinde gezgin robota taşıma işlevi kazandırılmıştır. Aynı zamanda tasarlanan sistemin bazı özellikleri değiştirilerek insan sağlığına zarar verebilecek maddelerin taşınması ya da bu tip tehlikeli ortamlara ulaşılması gerektiğinde Gezgin Robot sayesinde sakıncasız bir şekilde ulaşma imkanı sağlanabilecektir.

Çalışmam esnasında insan vücudunun ne kadar mükemmel özelliklerle donatılmış olduğunu irdeleyerek hissetme fırsatım oldu. Çünkü bir makineye insan için çok kolay bir işlem gibi gelen en temel hareketi yaptırmak bile, gerek donanımsal açıdan gerekse yazılımsal olarak çok uzun uğraşlar gerektiriyor.

Yüksek Lisans Tez çalışmamda danışmanlığımı üstlenen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Cemal KÖSE' ye değerli katkı ve yönlendirmelerinden dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca sürekli destek olan, üzerimdeki sorumlulukları elinden geldiğince azaltmaya çalışan hayat arkadaşım, biricik kızımın annesi Tülay ÖZDEMİR'e, dualarını eksik etmeyen bugünlere gelmemiz için her türlü fedakarlığı yapan annem ve babama yürekten teşekkür ediyorum. Ayrıca tez çalışmam boyunca en ufak yardımı olan herkese teşekkürler.

Durmuş ÖZDEMİR
Trabzon 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Robot Kavramı ve Robotların Tarihsel Gelişimi.....	2
1.3. Robotların Sınıflandırılması ve Çeşitleri.....	8
1.3.1. Robotların Çeşitli Ülke Standartlarına Göre Sınıflandırılması.....	8
1.3.2. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması.....	9
1.3.2.1. Manipülatör (Gövde) Yapısına Göre Sınıflandırma.....	10
1.3.2.1.1. Kartezyen Koordinatlı Robotlar.....	10
1.3.2.1.2. Silindirik Koordinatlı Robotlar.....	11
1.3.2.1.3. Küresel Koordinatlı Robotlar.....	11
1.3.2.1.4. Mafsallı Kol Yapılandırılmalı Robotlar.....	12
1.3.2.1.5. SCARA Tip Robotlar.....	12
1.3.2.2. Hareket Sistemine Göre Sınıflandırma.....	14
1.3.2.2.1. Noktadan Noktaya Hareket Eden Robot Sistemler.....	14
1.3.2.2.2. Sürekli Güzergahlı Robot Sistemler.....	14
1.3.2.3. Kontrol Döngüsü Tipine Göre Sınıflandırma.....	14
1.3.3. Gezgin ve Operasyonel Robotlar.....	15
1.3.4. Tıp ve Sağlık Alanında Robotlar.....	17
1.4. Robot Alt Sistemleri ve Bölümleri.....	17
1.4.1. Robot Uç Elemanları.....	18
1.4.1.1. Kavrayıcı Çeşitleri.....	19

1.4.2.	Robot Tahrik Düzenekleri.....	21
1.4.2.1.	Hidrolik Tahrik Sistemleri.....	21
1.4.2.2.	Pnömatik Tahrik Sistemleri.....	22
1.4.2.3.	Elektrik Motorlu Tahrik Sistemleri.....	23
1.4.2.3.1.	DC Motorlar.....	23
1.4.2.3.2.	Adım Motorlar (Step Motorlar).....	23
1.4.2.3.3.	Servo Motorlar.....	24
1.4.2.3.4.	Hidrolik, Pnömatik ve Elektrikli Tahrik Sistemlerin Karşılaştırılması.....	25
1.4.2.3.5.	Diğer Tahrik Sistemleri.....	26
1.4.3.	Robotik Sistemler İçin Kullanılan Algılayıcı Sistemler ve Özellikleri.....	26
1.4.3.1.	Algılayıcı Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar.....	27
1.4.3.1.1.	Ölçüm Sınırları.....	27
1.4.3.1.2.	Duyarlılık.....	27
1.4.3.1.3.	Çıkış Sinyal Türü.....	27
1.4.3.1.4.	Tekrarlanabilirlik.....	28
1.4.3.1.5.	Doğrusallık.....	28
1.4.3.2.	Gezgin Robotlarda Kullanılan Algılayıcı Sistemler.....	28
1.4.3.2.1.	Ultrasonik Algılayıcılar.....	28
1.4.3.2.2.	Kızılötesi (IR) Algılayıcılar.....	29
1.4.3.2.3.	Çarpma Algılayıcıları.....	30
1.4.3.2.4.	GPS (Global Konumlandırma Sistemi).....	30
1.4.3.2.5.	Lazer Mesafe Algılayıcılar.....	30
1.4.3.2.6.	Adımsayar (Encoder) Algılayıcılar.....	30
1.4.3.2.7.	Kameralar.....	31
1.4.3.2.8.	Potansiyometreler.....	31
1.4.4.	Robotik Sistemler İçin Mikrodenetleyiciler.....	31
1.4.4.1.	Mikroişlemci ve Mikrodenetleyicilerin Karşılaştırılması.....	32
1.4.4.2.	Mikrodenetleyici Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar.....	33
1.4.4.3.	Mikrodenetleyici Tercihinde Neden PIC ?.....	34
1.4.4.4.	PIC 18F2550 Mikrodenetleyici Tabanlı iBox.....	34
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR.....	37
2.1.	Giriş.....	37
2.2.	Yumurta Toplayan Robotun Tasarımı ve Gerçeklenmesi.....	37

2.2.1.	Sistemde Kullanılan Mekanik, Elektronik ve Donanımsal Birimler.....	37
2.2.1.1.	MR-999 Robot Kolda Yapılan Yapısal Değişiklikler.....	40
2.2.1.2.	Sistemde Engel ve Cisim Algılama Amaçlı Kullanılan Algılayıcılar.....	41
2.2.1.3.	Robot Koldaki Motorların Kontrolü için Kullanılan Motor Sürücüler.....	43
2.2.2.	Tasarlanan Gezgin Robot İçin Gerçeklenen Yazılım.....	43
2.2.2.1.	Ortamdaki Cisimlerin Gerçeklenen Yazılım ile Algılanması.....	44
2.2.2.2.	Gezgin Robotun Gerçeklenen Yazılım ile Hedef Cisme Yönlendirilmesi.....	44
2.2.2.3.	Gezgin Robot Üzerine Monte Edilen Robot Kol için Gerçeklenen Yazılım.....	45
3.	TARTIŞMA.....	48
4.	SONUÇLAR.....	49
5.	ÖNERİLER.....	50
6.	KAYNAKLAR.....	51
7.	EKLER.....	54
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Gezgin robot sistemlerin ve mekatronik yapıların kullanımının, endüstride ve günlük yaşamımızın farklı alanlarında artarak yaygınlaştığı görülmektedir. Bu çalışmada “Serbest Çiftlik veya Çalışma Alanları” diye tabir edilen çiftliklerde yumurta gibi hassas ürünlerin toplanması için bir gezgin robot uygulamasının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Gezgin platform üzerinde bulunan Kızılötesi (IR) algılayıcılardan alınan veriler, iBox (PIC 18F2550 mikro denetleyici tabanlı giriş/çıkış birimi) kontrol biriminde işlenmiştir. Böylece, konumu belirlenen yumurta yada yumurta boyutlarındaki başka bir cisim Gezgin Platform üzerine monte edilmiş olan MR-999 robot kol ile depolama alanına otonom olarak taşınmaktadır.

Tasarlanan gezgin robot; hareket sistemi, algılama sistemi ve kontrol sisteminden oluşmaktadır. Bulunduğu ortamda hareket ederek verilen görevi yerine getirebilmek için hareket sistemine, çevresindeki cisimleri algılayıp hareketini bu cisimlerin konumuna göre düzenlemek için ise algılama sistemine sahiptir. Ayrıca sahip olduğu sistemlerin koordinasyonunu ve diğer donanım elemanlarının birbirleri ile uyum içinde çalışmasını sağlayabilmek için kontrol sistemi bulunmaktadır.

Genelde sabit bir platforma bağlı olan robot kollar, yapılan bu çalışma ile gezgin bir platform üzerine monte edilerek, gerçekleştirilen yazılım sayesinde sistemle uyum içinde çalışması sağlanmıştır. Bu sayede robot kola gezginlik kabiliyeti kazandırılmış ve aynı zamanda bulunduğu ortamdan haber aktarma ya da harita çıkarma gibi görevleri olan gezgin robota ortamdaki cisimleri taşıma yeteneği kazandırılmıştır. Böylelikle gerek gezgin robotların gerekse de robot kolların üretim sistemlerindeki kullanımlarının etkinliği artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gezgin Robotlar, Robot Kol, Kızılötesi algılayıcılar, Yumurta ve Hassas Cisim Taşıma, Mikro denetleyiciler.

SUMMARY

Using Mobile Robots In Detecting The Location Of Products And Carriage In The Farms

In recent years, it has been seen that mobile robot systems and mechatronic structures have become extremely widespread in industry and our daily life. The aim of this study is to develop a mobile robot application to use in “Free Poultry Farms or Similar Work Places” to collect eggs and similar products. In this application, the data, received from Infrared Sensors on mobile platform, are processed in iBox (PIC18F2550 microcontroller based input/output unit) device. Consequently, the processed data is used to locate the position of eggs or the other objects with more or less the same dimensions.

The designed robot, consist of three parts; motion system, sensor system, and control system. It requires both motion system to carry out its mission, and a sensor system to organize motions according to objects location. In addition, the robot has a control system to coordinate its subsystems.

The robot arms, generally attached on a stable platform, in this study by being attached on a mobile platform, works in harmony with the system by means of the software. Thanks to this application, robot arm was gained motion capability (mobility), so mobile platform was also gained ability of carrying objects. Generally, mobile robots are designed for research, space and military applications. In this application, a mobile robot is implemented and used for collecting fragile products such as eggs in a farm. To do this, a mobile robot and a robot arm have been effectively integrated for the mission.

Key Words: Mobile Robots, Robot Arm, Infrared Sensors, Egg and Object Carrying, Microcontroller.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. RUR isimli robot	3
Şekil 1.2. Cezerinin kitabından örnek resimler	4
Şekil 1.3. Kartezyen koordinatlı robotlar	10
Şekil 1.4. Silindirik koordinatlı robotlar.....	11
Şekil 1.5. Küresel koordinatlı robotlar	11
Şekil 1.6. Mafsallı kol yapılandırılmalı robotlar.....	12
Şekil 1.7. SCARA tip robotlar.....	12
Şekil 1.8. Kapalı döngü kontrol sistemi	15
Şekil 1.9. Gezgin robot sistemin genel gösterimi.....	15
Şekil 1.10 Hareket sistemlerine göre gezgin robot örnekleri	16
Şekil 1.11 Genel robot alt sistemleri ve bölümleri.....	17
Şekil 1.12. Genel amaçlı iki parmaklı tutucu örneği (Çeneli Kavrayıcı).....	18
Şekil 1.13. Farklı yapıda uzuvlara sahip manipülatörler.....	18
Şekil 1.14. Manyetik tip kavrayıcının çalışma yapısı.....	19
Şekil 1.15. Mıknatıslanma ile çalışan kavrayıcı	19
Şekil 1.16. Vakumlu tipte kavrayıcı örneği.....	20
Şekil 1.17. Parmak tip kavrayıcı örnekleri (Üç parmaklı ve dört parmaklı)	20
Şekil 1.18. Çift etkili hidrolik silindir	22
Şekil 1.19. Pnömatik eyleyiciler.....	22
Şekil 1.20. DC motor iç yapısı	23
Şekil 1.21. Adım motorların çalışma prensibi	24
Şekil 1.22. RC Servo motorun iç blok diyagramı.	25
Şekil 1.23. Ultrasonik algılayıcıların çalışma yapısı	28
Şekil 1.24. Sharp marka IR algılayıcı	29
Şekil 1.25. IR algılayıcısının çalışması	29
Şekil 1.26. Bourns firmasının dairesel potansiyometreleri.....	31
Şekil 1.27. Bir mikrodenetleyici sistemin temel bileşenlerinin blok diyagramı.	32
Şekil 1.28. DC motorların iBox'a bağlantısı.....	35
Şekil 1.29. PIC 18F2550 ve PIC 18F2455 mikrodenetleyicilerin pin diyagramları.	35
Şekil 2.1. Tasarlanan gezgin robotun basitleştirilmiş diyagramı.....	38

Şekil 2.2. Gezgin robot kısmını oluşturan parçalar.	38
Şekil 2.3. Gezgin robotun 1.katını oluşturan motor sürücüler ve servo motorlar.	39
Şekil 2.4. Gezgin robotun ikinci katına monte edilen sensörler ve iBox.	39
Şekil 2.5. MR-999 robot kol'un standart durumu.....	40
Şekil 2.6. Mikro anahtar yerleştirilmiş gripper(tutucu parmak) kısmı.....	41
Şekil 2.7. Veri tümleşimi işlemi	42
Şekil 2.8. Uzaklık algılayıcının iBox'a bağlantı şekli.....	43
Şekil 2.9. RS_MD02 motor sürücü bağlantı şekli.....	43
Şekil 2.10. Engel ve yumurta algılama için geliştirilen yazılımının akış diyagramı.....	47

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Eklem yapılarına göre robotların karşılaştırılması	13
Tablo 1.2. Hidrolik, pnömatik ve elektrikli sistemlerin karşılaştırılması.....	26
Tablo 1.3. Mikroişlemci ve mikrodenetleyici karşılaştırma tablosu	32
Tablo 1.4. Mikrodenetleyici üreten firmalar ve ürünlerinin isimleri.....	33
Tablo 1.5. iBox giriş/çıkışlarının bağlantı şeması	36
Tablo 2.1. Algılayıcıların ürettiği analog çıkışların sayısal karşılıkları.....	44
Tablo 2.2. Sistemde kullanılan sensörlere yazılımda verilen isimler	46

SEMBOLLER DİZİNİ

AFR	Fransız Sanayi Robotları Birliği (The Association Française de Robotique)
CNC	Bilgisayar Sayımlı Kontrol (Computer Numerical Control)
DAC	Sayısalıdan Analog'a Çevirici (Digital to Analog Converter)
DC	Doğru Akım (Direct Current)
IR	Kızılötesi (Infrared)
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Organization for Standardization)
iBox	PIC18F2550 tabanlı algılayıcı ve eyleyicileri direk bağlama imkanı birim.
JIRA	Japon Endüstrisi Robot Birliği (Japanese Industrial Robot Association)
RIA	Amerika Robotik Enstitüsü (The Robotics Institute of America)
PWM	Darbe Genişliği Modülasyonu (Pulse Width Modulation)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Endüstriyel robotlar genellikle sabit bir platform üzerinde bulunan bir robot kol yardımıyla rutin işlerin yapılması için kullanılmaktadır. Diğer yandan, yapılacak işin farklı yerlerde gerçekleştirilmesi kullanılacak robotların gezgin özelliğinin olmasını gerektirmektedir. Gezgin robotlar yapısal olarak Tekerlekli, Bacaklı ve Kanatlı olmak üzere üç farklı yapıda tasarlanabilir [1]. Örneğin Bacaklı robotlardan olan Big Dog, RHex, Little Dog ve Rise isimli robot, zorlu arazi şartlarında ağır malzemeleri taşıyarak, piyade ve komando birliklerinin yükünü azaltmak için tasarlanmıştır [2]. Gezgin robotların tekerlekli olanları ev ve iş yerlerinde temizlik işlerinde veya güvenlik ve taşıma amaçlı olarak kullanılabilir. Kanatlı robotlar ise askeri ve sivil amaçlı olarak hava tahminlerinde, atmosferin çeşitli katmanları hakkında daha detaylı bilgi almada ve yine son zamanlarda askeri istihbarat toplama amacıyla kullanılmaktadırlar. Gezgin robotlar ayrıca nükleer atık toplama, yıkılan enkaz altında canlı araştırması yapma, gezegen yüzeylerinde araştırma yapma gibi çok değişik uygulamalarda da kullanılmaktadır [3]. Gezgin robotların kullanım alanları ihtiyaca göre artırılabilir. Hastaların ilaç, su ve yemek gibi ihtiyaçlarını ulaştırma maksatlı, laboratuvar örneklerini ve raporları hatta biyolojik atıkları taşıma amaçlı, karantina altındaki ortamlarda servis robotu olarak kullanma amacıyla tıp alanında önemli görevler üstlenebilirler. Ayrıca gezgin robotlar, günlük yaşamımızın her alanında insan sağlığını olumsuz etkileyecek ortamlarda veya yaşam kalitesini arttırma amaçlı olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Gezgin robotlar madencilik, askeri projeler, uzay araştırmaları, deniz altı araştırmaları, güvenlik, tarım ve tıp gibi alanlarda kullanılabilirler. Görevleri ise madenlerin tespiti ve çıkarılması, gezegenlerden görüntü aktarımı ve uzay istasyonlarının kurulumu, binalarda ve kurumlarda güvenlik maksatlı olarak, deniz altında arama, batık çıkarma, tohum ekimi, ilaçlama ve hastalara refakat edebilme gibi işlerde farklı uygulama alanlarında görev yapmaktadırlar. Bunun yanı sıra yaygın olarak havaalanı, alış-veriş merkezleri ve fabrika gibi ortamlarda temizlik maksatlı olarak kullanılmaktadır [4,5,6]. Bu çalışmada bir gezgin robot uygulaması olarak, çiftlik ve benzeri yerlerde yumurta gibi hassas ürünlerin taşınması ve depolanması amacına yönelik olarak bir gezgin robot tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kırılganlığı dolayısıyla

yumurtanın bir robot kol tarafından tutulması veya taşınması oldukça güç olduğundan, kontrolü oldukça zor bir mobil robot uygulaması gerçekleştirilmiştir [7].

Bu çalışmada gerçekleştirilen gezgin robot uygulamasının ana hedefi hassas bir cisim olan yumurtanın geniş bir ortamda yerinin belirlenmesi ve daha sonra bulunduğu yerden alınarak başka bir yere taşınmasıdır. Bu amaca yönelik olarak çeşitli mekanik ve elektronik elemanlar temin edilmiş ve daha sonra gezgin robot oluşturulmuştur. Son olarak tasarlanan robotun, amaçlanan fonksiyonları gerçekleştirmesi için programlanması yapılmıştır. Robotun mekanik aksamı, konum algılamada kullanılan algılayıcılar, iBox [8] adı verilen PIC 18F2550 mikro denetleyici tabanlı giriş/çıkış biriminin yapısı ve gezgin robotun üzerine monte edilen MR-999 [9] robot kolu hakkında bilgiler verilecek ve sistemin bir bütün olarak nasıl çalıştığı açıklanacaktır.

1.2. Robot Kavramı ve Robotların Tarihsel Gelişimi

Robot kelimesi her ne kadar 1921 yılında Karel Capek'in RUR (Rossums Universal Robots) isimli tiyatro eserinde Çekçe'de zorla çalıştırılan işçi manasına gelen "robota" kelimesi olarak kullanılsa da, aslında robot fikrinin kökleri 3000 yıl öncesine kadar uzanır. Homeros'un eseri olan 'İlyada' da verilen görevleri yerine getiren hareketli üçayaklılardan bahsedilmektedir. Ayrıca Eski Yunan efsanesi olan Jason ve Argonotlar' da Talos adlı dev nöbetçinin Tanrı tarafından Girit adasını korumak için programlandığı belirtilmiştir. Yine bir Hint efsanesinde hareket eden mekanik fillerden bahsedilmektedir. Benzer şekilde Eski Mısırlılar yaptıkları Tanrı heykellerine mekanik kollar eklemişler. Bu heykeller, tanrılardan ilham aldıklarına inanılan rahipler tarafından hareket ettirilirdi [10,17]. M.Ö.1000 yıllarında yaşamış olan İskenderiyeli bir mühendisin otomatik açılan kapılar, fiskiyeler vb. düzenekleri su ve buhar gücü ile çalıştırdığı eski kaynaklarda yer almaktadır. Şekil 1.1.'de RUR isimli robot görülmektedir.

M.Ö. 350'de Aristo'nun bir eserinde "Eğer her araç kendi işini görebilseydi, insan eline ihtiyaç duymadan mekik kendi dokuyabilse, lir kendi çalabilseydi, yöneticilerin elemanlara ihtiyacı kalmazdı." cümlesi ile adeta günümüzde kullanılan otomasyon kavramını o tarihlerde ortaya atmış oluyor [11,12].

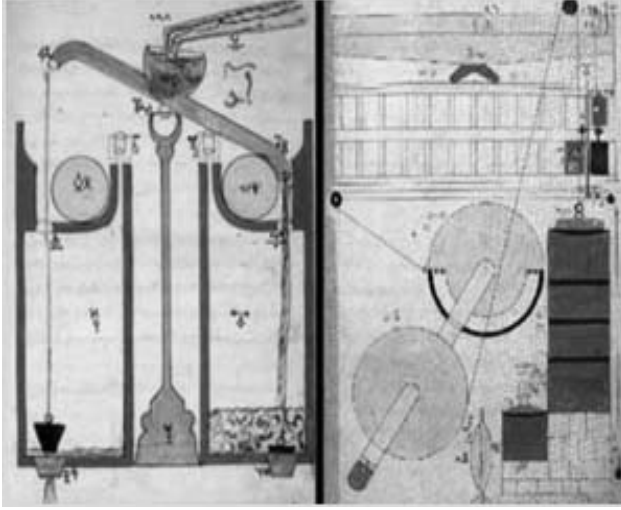


Şekil 1.1. RUR isimli robot

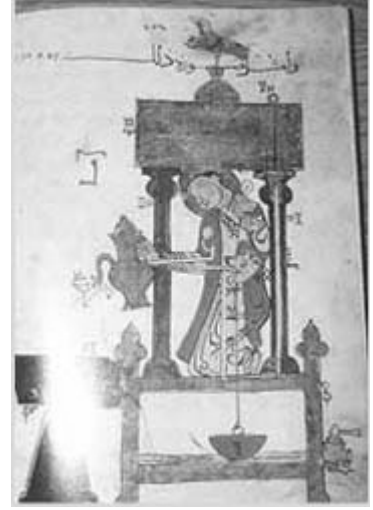
Özellikle batı dünyasında iyi bilinmeyen Eb-ül-İz-el Cezerî (M.S. 12 yy) adlı bir Arap'ın yazdığı otomatlar hakkındaki kitabı robot teknolojisi konusunda çok sayıda ve zamanına göre çok ileri öneri ve uygulamaları bulunmaktadır. Artuklu Türklerinin Diyarbakır'da hüküm sürdüğü yıllarda yasayan El-Cezerî'nin (Ebü'l İz İbni İsmail İbni Rezzaz El Cezerî) 1136-1206 yıllarında yaşadığı tahmin edilmektedir. El-Cezerî 32 yıl Artuklu sarayında mühendislik yapmış ve zamanına göre çok ileri düzeyde teknoloji içeren ve otomatik olarak çalışan çok sayıda düzenek kurmuştur. Cezerî'nin mühendislik açısından büyük önem taşıyan eserinin orijinal adı "Kitâb'üc-Cami' beyn'el-İlmi ve'l-Amel'in-Nafi fi Sınâat'il-Hiyel – Mekanik Hareketlerden Mühendislikte Faydalanmayı İçeren Kitap" olarak bilinmektedir. Kitapta onlarca otomatik makine bulunmaktadır. Kitaptaki resim ve şekilleri bizzat Cezeri çizmiştir. Şekil 1.2.'de bu kitaptan alınmış otomatik makineler ve otomatik abdest alma makinesi görülmektedir. Cezerî'nin kitabı altı bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerde aşağıdaki konular ele alınmıştır [13].

1. Bölümde Binkam (su saati) ve finkanların (kandilli su saati) saat-ı müsteviye ve saat-ı zamaniye olarak nasıl yapılacağı hakkında 10 adet şekil.
2. Bölümde çeşitli mutfak eşyalarının yapılışı hakkında 10 adet şekil.
3. Bölümde Hacamat (kan aldırma) ve abdestle ilgili ibrik ve taşların yapılması hakkında 10 adet şekil.

4. Bölümde Havuzlar, fiskiyeler ve müzik otomatları hakkında 10 adet şekil.
5. Bölümde Sığ bir kuyudan veya akan bir nehirden suyu yükselten düzenekler hakkında beş adet şekil.
6. Bölümde ise birbirine benzemeyen muhtelif şekillerin yapılısı hakkında beş adet şekil bulunmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 1.2. Cezerî'nin kitabından örnek resimler a) Çeşitli otomatik makineler b) Otomatik abdest alma makinesi [13].

1939 tarihine gelindiğinde Rus kökenli yazar Isaac Asimov günümüzde hâlâ güncelliğini yitirmeyen üç esas robot kuralı temel alınarak çalışılmasını belirtmiştir.

- ✓ 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 [14].

Yukarıdaki gelişmeler doğrultusunda Robotun tanımı, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından "malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç" şeklindedir. Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırılması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir sanayi robotu şöyle tanımlanır:

"Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya hareket edebilen manipülatör" şeklindedir. Robot alanında birçok başarılı çalışmalar yapmış olan Maja Mataric'in robot tanımlaması ise, çevresindeki verilerden anlamlı bilgi üreterek amaçlarına yönelik bir şekilde görevlerini yerine getirebilen ve bu işlemi de güvenli bir şekilde yapabilen bir makinedir. Dolayısıyla Maja Mataric'in tanım kümesine girebilen makinenin öncelikli olarak fiziksel varlığının bulunması gerekir. Yani sadece simülasyon veya yazılımsal bir tasarım değil, gerçek dünya ile iletişim halinde olan bir makinenin fiziksel varlığı gerekmektedir [15].

Yukarıdaki bilgilere göre genel bir tanım yapacak olursak, "Farklı amaçlar için tasarlanmış bir çok görevi yerine getirebilen ve programlanabilen mekanik, elektronik ve yazılımdan meydana gelen makinelerdir" diyebiliriz.

Robot alanında kilometre taşları olarak nitelendirilebilecek gelişmeler aşağıda verilmiştir [16,17].

MÖ 270: Ctesibus isimli bir eski Yunan bilgini hareketli parçalardan oluşan organ ve su saatleri üretti.

MÖ 100: Otomatik açılan tapınak kapıları (İskenderiye).

1136 – 1206: El Cezeri' ye ait çeşitli otomatik makinalar.

1800: Jacques de Vaucanson, Pierre & Henri-Louis Jacquet-Droz, Henri Maillerdet otomatik yazı yazan ve müzik enstrümanı çalan makinalar geliştirdiler.

1801: Joseph Jacquard ilk kez delikli kart kullanarak çalıştırılan otomatik dokuma makinası geliştirdi.

1818: Mary Shelley "Frankenstein" isimli hikayesinde yapay bir yaşam seklini kullandı.

1830: Christopher Spencer mekanik kam denetimli otomatik bir torna tezgahı geliştirdi.

1892: Seward Babbitt sıcak metal parçaları fırından almak üzere motorlu tutucuya sahip robot düzenek tasarladı.

1920 – 1921: Çekoslovak Karel Capek' in yazdığı bir tiyatro oyununda ilk kez robot kelimesi kullanıldı. Yazar bu kelimeyi Çek lisanında "hizmet eden" anlamında kullanılan "robota" dan türetmiştir.

1938: DeVillbis firması için Willard Pollard ve Harold Roselund programlanabilir püskürtme boyama makinası geliştirdiler.

1940: MIT' de radar teknolojisinin geliştirilmesi, cisimleri insan etmeni olmadan algılanması konusunda en önemli adımlardan birisi oldu.

1940: Grey Walter ışıga yönelen ilk gezer robotları (machina speculatrix) üretti.

1941: Isaac Asimov "Robot" kelimesinden "Robotik" kelimesini türeterek ilk kez kullandı. Robotik, robot teknolojisi ile ilgili tüm alanları kapsayan bir tanım olarak kabul edilmektedir.

1942: Isaac Asimov "Runaround" isimli hikayesinde robotların üç yasaını yazdı.

1946: George Devol, genel amaçlı, manyetik kayıt yapabilen, ve tekrar çalıştırılabilen bir cihaz geliştirdi ve çeşitli makinalarda kullandı.

1946: J. Presper Eckert ve John Mauchly, Pennsylvania Üniversitesi' nde ilk elektronik bilgisayar olarak bilinen ENIAC isimli bilgisayarı geliştirdi. Whirlwind isimli bir başka bilgisayar M.I.T.'de ilk olarak bir bilimsel problemi çözdü.

1948: M.I.T.'den Norbert Wiener elektronik, mekanik ve biyolojik sistemlerin denetim ve iletişimini inceleyen, "Sibernetik" başlıklı kitabı yayınladı.

1951: Raymond Goertz, ABD Atom Enerjisi Komisyonu için uzaktan işletilen (teleoperated) bir kol tasarladı.

1954: George Devol programlanabilir genel amaçlı robotu tasarladı ve patent başvurusunu yaptı.

1956: G. Devol ve Joseph F. Engelberger "Unimation Inc." isimli dünyanın ilk robot firmasını kurmuşlardır.

1958: Satış amaçlı ilk ticari robot üretildi.

1959: MIT' de servomekanizma laboratuvarında robot kullanılarak bilgisayar destekli üretim amaçlı bir gösteri yapıldı.

1959: Planet firması ilk genel amaçlı ticari robotu pazarlamaya başladı. Atom Enerjisi Komisyonu için uzaktan işletilen (teleoperated) bir kol tasarladı.

1960: Harry Johnson ve Veljko Milenkovic tarafından tasarlanan Versatran isimli robot pazarlanmaya başladı. Unimation robotlarının adı Unimate Robot sistemleri olarak değiştirildi.

1962: General Motors ilk kez bir endüstriyel robotu (Unimate), sıcak parçaları kalıp döküm makinasından alarak istiflemek amacıyla üretim hattında kullanmaya başladı.

1963: Bilgisayar denetimli, altı eklemlili ilk yapay kol (Rancho arm) geliştirildi.

1964: Dünyanın önde gelen bazı üniversite ve araştırma merkezlerinde (M.I.T. Stanford Araştırma Enstitüsü, Stanford Üniversitesi, Edinburgh Üniversitesi) ilk kez Yapay Zeka araştırmaları başladı ve laboratuvarları açıldı.

1965: Dendral isimli ilk uzman sistem yazılımı geliştirildi.

1966: Nokta kaynağı yapan ilk robot üretildi

1967: Japonya ilk kez robot ithal ederek robot teknolojisini kullanmaya başladı.

1968: Stanford Araştırma Enstitüsü tarafından Shakey isimli ve görme yeteneği olan ilk gezer robot üretildi.

1968: Marvin Minsky tarafından on ayaklı ahtapot benzeri robot geliştirildi.

1970: Stanford Üniversitesi tarafından bir robot kol geliştirilmiş ve bu robot kol Stanford kolu adı ile araştırma projelerinde bir standart olarak yerleşti.

1973: Richard Hohn tarafından Cincinnati Milacron Corporation adına ilk mini bilgisayar denetimli robot geliştirildi. Gelistirilen robot T3 (The Tomorrow Tool) olarak adlandırıldı.

1974: Stanford kolunu geliştiren Prof. Scheinman, Vicarm Inc. isimli bir firma kurarak mini-bilgisayar kullanan robot kollarının pazarlamasına başladı.

1974: Dokunma ve basınç duyuucuları kullanarak küçük parçaların montajını yapabilen ilk robot, üretim hattında kullanılmaya başladı.

1976: Viking 1 ve 2 uzay araçlarında robot kollar kullanıldı.

1977: ASEA isimli Avrupalı bir robot firması iki ayrı boyutta robot üretimine başladı.

1978: Puma isimli robot üretildi ve pazarlanmaya başladı.

1979: Stanford Cart isimli gezer robot, üzerine monte edilmiş bir kameradan alınan görüntüleri kullanarak engellerle dolu bir odayı engelleri asarak boydan boya geçti.

1990: ABD'de 12 dolaylarında, Japonya'daysa 40'dan fazla robot firması kuruldu.

1993: MIT'den Rodney A. Brooks bir insan gibi yetiştirilen ve eğitilen robot Cob'u yapmaya başladı.

1994: Dante II, Carnegie Mellon Üniversitesi'nde geliştirilen yürüyen robot Alaska'da aktif bir volkana kesif gezisi yaparak ve volkanik gaz örnekleri topladı.

1996: Honda, P-2 (prototype 2) yürüyen insansı robot dünyaya tanıtıldı.

1997: İlk yıllık robotlar arası futbol turnuvası "Robocup" Japonya'da düzenlendi.

1997: NASA'nın Pathfinder uzay aracı Mars'a indi ve "Sojourner" robotu Mars yüzeyinde kesif gezisi yaptı.

2000: RoboCup 2000'de üç insansı robot ilk defa karşılaştılar. Bu robotlar Batı Avustralya Üniversitesi'nden Johnny Walker, Japonya Aoyama Gakuin Üniversitesi'nden Mk-II ve Pino adlı insansı robotlardır.

2003: NASA'nın Mars'a robot gönderme çalışmaları.

Yukarıdaki çalışmalar incelendiğinde robotların her geçen gün ihtiyaçlara göre geliştirildiği ve hayatımızın her alanında hızla yaygınlaştığı görülmektedir.

1.3. Robotların Sınıflandırılması ve Çeşitleri

1.3.1. Robotların Çeşitli Ülke Standartlarına Göre Sınıflandırılması

Endüstriyel Robotların sınıflandırılması mekanik gövde yapılarına, kontrol ve hareket sistemlerine göre robotlar konusunda ileri düzey çalışmalar yürüten ülkeler tarafından kendi standartlarına göre düzenlenmiştir. Aşağıda Amerika, Japonya ve Fransa'nın standartları verilmiştir [18].

Japon Endüstrisi Robot Birliği'nin (Japanese Industrial Robot Association – JIRA) sınıflandırmasına göre robotlar;

1. Sınıf: Elle Çalıştırılan Robotlar (Manual-Handling Device), Bu tip robotlar farklı açılarda özgürce çalışabilmektedir. Fakat operatör tarafından kullanılması gerekir.

2. Sınıf: Sabit Dizi Robot (Fixed-Sequence Robot), Bu robotlar önceden belirlenmiş sabit isleri yapar ve modifiye edilemeyen robotlardır.

3. Sınıf: Değişken Dizi Robot (Variable-Sequence Robot), 2. Sınıf robotların özellikleri ile aynıdır. Fakat modifiye edilebilirler.

4. Sınıf: Playback Robot (Playback Robot), Bu robotlarda operatör robota ilk başta hangi hareketleri yapması gerektiğini robota gösterir. Robot bu hareketleri kaydeder ve daha sonra kendisi aynı hareketleri yapar.

5. Sınıf: Sayısal Kontrollü Robot (Numerical Control Robot), Kullanıcı robota yapacağı isleri bir program aracılığıyla bildirir. Robot yüklenen programa göre is yapar. Programın dışında herhangi bir iş yapma veya karar verme yetisi yoktur.

6. Sınıf: Akıllı Robot (Intelligent Robot), Bu robotlar çevreyi algılar ve çevresindeki şartların değişimlerine göre kendisini yeniden konumlandırarak görevini en iyi şekilde yerine getirir.

Amerika Robotik Enstitüsü'nün (The Robotics Institute of America – RIA) robot

sınıflandırmasında ise, Japon Endüstrisi Robot Birliğinde kullanılan 3. Sınıf ve 6. Sınıf arasındaki robot türleri yer almaktadır.

Fransız Sanayi Robotları Birliği'nin (The Association Française de Robotique – AFR) robot sınıflandırmasına göre ise;

Tip A: Elle çalıştırılan robotlardır. JIRA sınıflandırılmasındaki 1. Sınıf robotları ile aynı kategoridedir.

Tip B: Otomatik olarak elle çalıştırılan robotlar. Önceden belirlenen işlemleri otomatik olarak yapar. JIRA sınıflandırılmasındaki 3. Sınıf robotlara eşdeğerdir.

Tip C: Programlanabilir, servo kontrollü, devamlı veya noktadan-noktaya yörengeli robotları içerir. JIRA'nın 4. Sınıftaki robotuna eş değerdir.

Tip D: Tip C ile aynıdır. Fakat çevresindeki bilgilere göre hareket etme kabiliyetine sahip robotlardır. JIRA sınıflandırılmasındaki 6. Sınıf ile aynıdır.

1.3.2. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması

Endüstriyel alanda kullanılan robotlar, çok farklı alanlarda hizmet veren üretim sektöründe ihtiyaç duyulan alanlarda, insanların yaptıkları işleri daha hızlı ve hatasız yapabilen özelliklere sahip ve programlanabilir makinelerdir. Endüstriyel robotların insana benzer özelliklere sahip en önemli özelliği bir kola sahip olmasıdır. Tutma ve yerleştirme işlemlerinde robot kolu kullanılır. Robot kolu, başka bir gezgin makineyle birleştirilerek, malzemenin yüklenmesi ve bir takım değiştirme işlemini yapmaktadır. Robotlar, kesme, şekil verme, yüzey kaplama, silindirik ve düzlem yüzey taslama gibi imalat işlemlerini gerçekleştirir; montaj ve kontrol uygulamalarında da kullanılmaktadır [11,12,19].

Endüstriyel robotlar sınıflandırılırken 3 ana bölüme göre sınıflandırılır [20].

1. Manipülâtör (Gövde) yapısına göre sınıflandırma
2. Hareket sistemine göre sınıflandırma
3. Kontrol döngüsü tipine göre sınıflandırma

1.3.2.1. Manipülâtör (Gövde) Yapısına Göre Sınıflandırma

Endüstriyel robotlar farklı tip ve ebatlarda ihtiyaca göre tasarlanırlar. Bir robot hareketinin kapasitesi, kontrol edilebilen eksenlerdeki hareketlerle belirlenir. Bu tarz robotlardaki eksenlerin tiplerine göre değişik özellikleri vardır. Bu özellikler prizmatik

eklemler (prismatic), aşağı-yukarı dönüşlü (revolute) eklemler, küresel (spherical) eklemler diye sınıflandırılır. Manipülatör yapısına göre sınıflandırmada her eklem biçimi bu özelliklerden birini veya birkaçını içerir. Bu gösterimde P harfi prizmatik, R harfi aşağı ve yukarı döner özelliği belirtir. Örneğin bir robot üç prizmatik ve üç aşağı ve yukarı dönüşlü eksene sahipse 3P3R olarak gösterilir. Endüstriyel robotlar ilk üç ekleminin yapısına göre şu şekilde sınıflandırılırlar [11,12].

- 1) Kartezyen koordinatlı robot (Üç prizmatik-kayar- eksenli, 3P)
- 2) Silindirik koordinatlı robot (İki prizmatik ve bir döner eksenli, R2P)
- 3) Küresel (polar coordinate) koordinatlı robot (Bir prizmatik ve iki döner eksenli, 2RP)
- 4) Mafsallı (Eklem) kol konfigürasyonlu robot (Üç aşağı-yukarı döner eksenli, 3R)
- 5) SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm) konfigürasyonlu robot

1.3.2.1.1. Kartezyen Koordinatlı Robotlar

Bu tip robotlarda robot eklemleri birbirine diktir ve her bir eklem x,y,z koordinatlarından birine paralel hareket eder. Çalışma uzayı dikdörtgenler prizması şeklindedir. Genellikle yük taşımacılığında ve CNC tezgahlarında kullanılırlar [12,19]. Şekil 1.3.'de bu tip robotların yapıları görülmektedir.

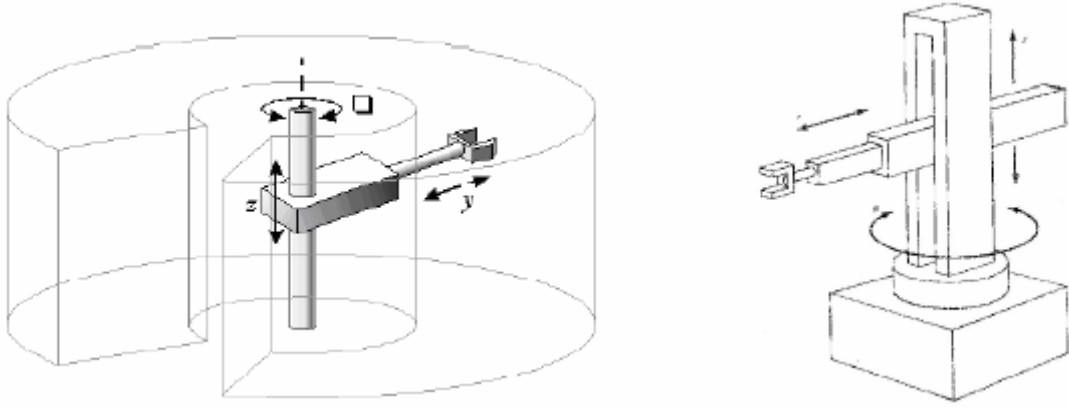


Şekil 1.3. Kartezyen koordinatlı robotlar

1.3.2.1.2. Silindirik Koordinatlı Robotlar

Bu robotun ilk eklemi kendi etrafında döner. Diğer eklemler, ilk ekleme ve birbirlerine dik, prizmatik eklemlerdir. Çalışma uzayları silindirik bir görünüme sahiptir.

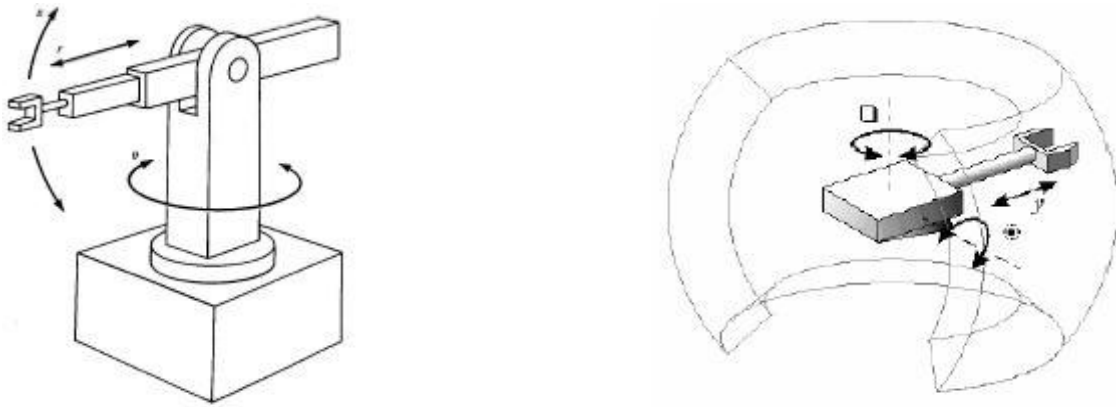
Yüksek yük kapasitesine sahiptirler. Montaj, yükleme, boşaltma gibi işlemler için uygundurlar. Şekil 1.4.'te Silindirik Koordinatlı Robot tipleri görülmektedir [12,19].



Şekil 1.4. Silindirik koordinatlı robotlar

1.3.2.1.3. Küresel Koordinatlı Robotlar

İlk iki eklem döner, üçüncü eklem ise prizmatiktir. Küresel çalışma uzayına sahip olup yapıları silindir koordinatlı robotlara göre daha karmaşıktır. Hassas işlerde kullanımı uygundur. Küresel Koordinatlı robotlar Şekil 1.5.'te verilmiştir [12,19].



Şekil 1.5. Küresel koordinatlı robotlar

1.3.2.1.4. Mafsallı Kol Yapılandırılmalı Robotlar

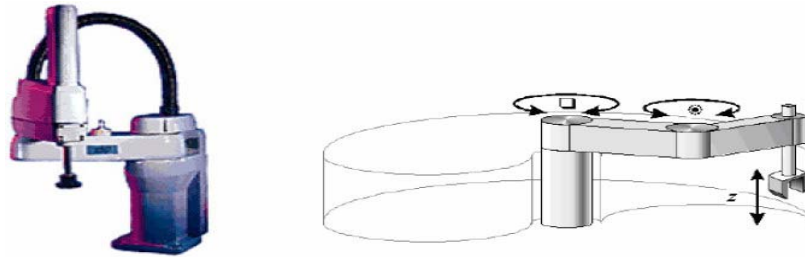
Mafsallı (eklemlı) kol yapılandırılmalı robotlar, yapı ve görünüş itibariyle insan koluna benzerlikleriyle bilinirler. Diğer robot kollarına göre daha fazla hareket uzayına ve esnekliğe sahiptirler. Tüm eklemleri dönebilir. Hareket uzayları küresel ya da silindiriktir. Robot kolunun uç kısmına cisimleri tutabilmesi için robot eli ve tutucu parmaklar (gripper) takılabilir. Bu robotların eklem yapılarından ötürü kinematik denklemleri son derece karışıktır. Özellikle otomobil sanayinde, tıbbi araç-gereç yapımında, tıpta ve hassas çalışma gerektiren montaj sanayinde kullanılırlar. Şekil 1.6.'da bu robot tipi görülmektedir.



Şekil 1.6. Mafsallı kol yapılandırılmalı robotlar

1.3.2.1.5. SCARA Tip Robotlar

SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm) tip robotlar endüstride dikkat gerektiren taşıma ve montaj gibi işlemleri daha hassas ve hatasız yapabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Şekil 1.7.'de SCARA tipindeki robotlar görülmektedir. İlk iki eklem dönel, sonraki eklem ise prizmatiktir ve aşağı yukarı hareket edebilir. Çalışma uzayı silindiriktir. Tutma, taşıma gibi işlemler için kullanılabilir [12,19].



Şekil 1.7. SCARA tip robotlar

Tablo 1.1.Eklem yapılarına göre robotların karşılaştırılması [11,12,19].

Robot Tipleri	Mafsal Tipleri * İlk Eklem * İkinci Eklem * Üçüncü Eklem	Kullanım Alanları	Kullanım Özellikleri
Kartezyen Koordinatlı Robot Kollar	Prizmatik Prizmatik Prizmatik	Demiryolu, köprü inşaatları Büyük makine montajları	Kinematik modelleri basittir. Rijit bir gövdeye sahiptir. Hareket Kartezyen Robot analizi basittir. Çalışması için büyük alan gerekir. Büyüklüğüne göre is alanı küçüktür.
Silindirik Koordinatlı Robot Kollar	Dönel Prizmatik Prizmatik	Büyük makine montaj sanayi Basit montaj-demontaj Hatları	Kinematik modelleri basittir. Hareket analizi basittir. Güçlü hidrolik elemanlar kullanır. İş alanları sınırlıdır. Tozlu ve ıslak ortamlarda çalışmaları zordur.
Küresel Koordinatlı Robot Kollar	Dönel Dönel Prizmatik	Montaj sanayi Nükleer santraller	Büyük alanlara uzanabilirler. Zeminden uzakta bulunan nesnelere tutabilirler. Kinematik modelleri karışıktır. Hareket analizi zordur.
Mafsallı Robot Kollar	Dönel Dönel Dönel	Otomobil sanayi Otomobil boya sanayi Elektronik montaj sanayi Nükleer santrallerde Tıbbi araç-gereç yapım Sanayi	Maksimum esnekliğe sahiptir. İş alanı robot büyüklüğü ile orantılıdır. Elektrik motorları kullanılabilir. Cisimleri altlarından tutabilirler. Kinematik yapıları karmaşıktır. Hareket analizleri zordur. Kolların rijitlik ayarı zordur.
SCARA Tip Robot Kollar	Dönel Dönel Prizmatik	Elektronik devre elemanlarının baskılı devre üzerine yerleştirilmesinde, Elektromekanik olarak çalışan küçük cihazların ve bilgisayar disk sürücülerinin montajında	Yüksek hız ve en iyi Tekrarlama kabiliyetine sahiptir. Özellikle hassas işlerde Kullanmak için uygundur. Kinematik denklemleri karışıktır.

1.3.2.2. Hareket Sistemine Göre Sınıflandırma

Robotlar hareket sisteminin durumuna göre de sınıflandırılırlar. Hareket sistemi robotların belirlenen noktalara nasıl ulaştıkları ile ilgilidir. Hareket sistemine göre robotlar ikiye ayrılırlar. Birincisi Noktadan Noktaya Hareket Eden Robot Sistemler (Point to Point Robotic System - PTP). İkincisi ise Sürekli Güzergahlı Robot Sistemler (Continuous Path Robotic Systems – CP).

1.3.2.2.1. Noktadan Noktaya Hareket Eden Robot Sistemler

Noktadan noktaya hareket eden robot sistemlerinde, robot kendisine program kodları ile tanımlanmış noktaya gider ve hedefe ulaştınca durur. Robot sabit duruyor iken robot kol programa göre yapması gereken isini yapar. Robotun görevi bitince robot bir sonraki noktaya hareket eder ve bu işlemler böylece tekrar edilir [11].

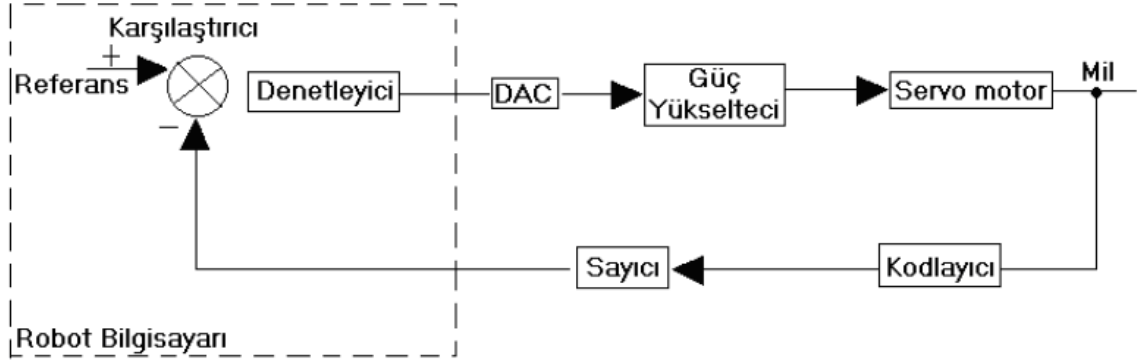
1.3.2.2.2. Sürekli Güzergahlı Robot Sistemler

Bu tür robotlarda, her bir eksenin belirli bir yörüngeyi takip etmesi istenir. Kontrolleri noktadan noktaya robotlara göre daha karmaşıktır. Tüm eksen hareketleri aynı anda gerçekleşir. Eklem hızları farklı olabilir. Genellikle küçük boyutlu robotlardır. Noktadan noktaya robotlara göre daha düzgün ve kesiksiz hareket ederler [12].

1.3.2.3. Kontrol Döngüsü Tipine Göre Sınıflandırma

Robotlar Açık Döngü Kontrol Sistemi ve Kapalı Döngü Kontrol Sistemi olmak üzere görevlerini iki farklı kontrol döngüsü tipine göre yaparlar. Eğer robotlar yapılacak işte giriş değişkenlerinin türünü yada yapısını göz önüne almadan görevini yapıyorsa bu Açık Döngü Kontrol sisteminde sınıflandırılır. Örneğin taşınacak cismin ağırlığı ne olursa olsun, tutucu parmakların yükü taşımak için uyguladığı kuvvet her zaman sabit ise bu tarz bir görev Açık Döngü Kontrol sisteminde yer alır. Diğer taraftan Kapalı Döngü Kontrol sistemi kullanılmış olsaydı, robotun tutucu parmaklarındaki yükün azalması yada artması durumunda girişe bilgi gönderilerek, uç elemanına sağlanan kuvvet yükün yapısına göre ya artacak yada azalacaktır. Kapalı Döngü Kontrol Sistemine örnek olarak tek bir eksenin

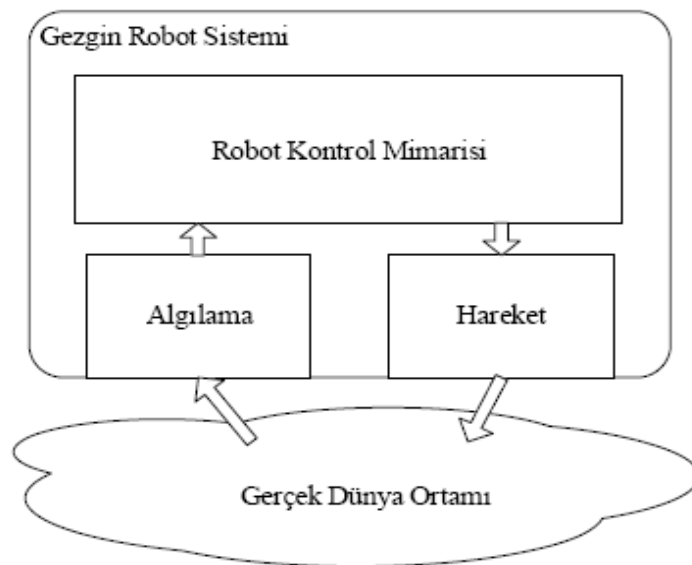
hareketi için servo motor kullanılarak yapılan bir sistemin blok şeması Şekil 1.8.'de verilmiştir [11,20].



Şekil 1.8. Kapalı döngü kontrol sistemi

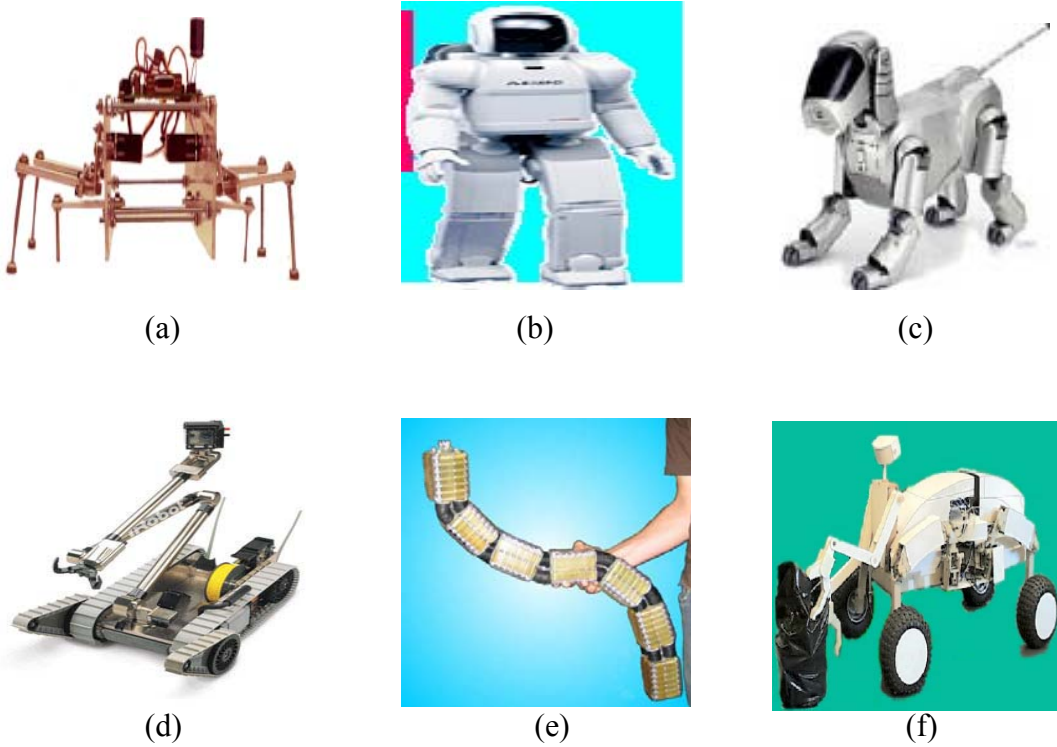
1.3.3. Gezgin ve Operasyonel Robotlar

Gezgin robotlar fiziksel ortamda hareket edebilmek ve buldukları ortamda verilen görevleri yerine getirebilmek için hareket sistemlerine sahiptirler. Hareket ettikleri ortamı algılayabilmek için algılama sistemleri ile donatılmışlardır. Ayrıca kendilerinden beklenen görevleri yerine getirebilmek için sahip olduğu sistemlerin koordinasyonunu sağlama yetisi olan ve uyum içinde çalışmasını sağlayan kontrol sistemlerine sahip olan robotlardır [6].



Şekil 1.9. Gezgin robot sistemin genel gösterimi [6].

İnsan hayatının yada sağlığının tehlikeye girebileceği yerlerde, insanların yapması gereken isleri yapmak üzere üretilirler. Gezgin Robotlar, radyasyonlu, tehlikeli kimyevi ya da biyolojik maddelerin olduğu, insanları zorlayacak sıcak, soğuk ortamlarda, tıbbi atıkların taşınmasında, patlayıcılarla çalışılması gereken durumlarda rahatlıkla çalışabilirler. Buldukları fiziksel ortamın, taşlı, kumlu yada ağaçlı olması, veya robotun havada yada suda hareket etmesi gibi durumlar, bu tür gevlere yönelik, olarak tasarlanmış gezgin robotların yapısal olarak tekerlekli, bacaklı, kanatlı, paletli ve yılanı gibi beş farklı şekilde tasarlanabilmesi durumunu gerektirmektedir [2,6]. Bacaklı robotlar arazide, ormanlık alanlarda keşif amaçlı ve askeri amaçlı olarak kullanılabilir. Yine kanatlı robotlar askeri istihbarat'a yardım amacıyla görev alabilirler. Taşıma, temizlik yada hizmet sektöründe tekerlekli yada paletli gezgin robotlar kullanılabilir. şekil 1.10.'da bu tip amaçlarla üretilmiş olan robotlar görülmektedir.



şekil 1.10. Hareket Sistemlerine Göre Gezgin Robot rnekleri a) Dört bacaklı Hexapod gezgin robot [21]. b) Asimo insansı robot-Honda [22]. c) Köpek robot Sony Aido [25]. d) iRobot PackBot paletli robot [23]. e) The omni tread yılanlı robot [24]. f) p toplayıcı tekerlekli robot [25].

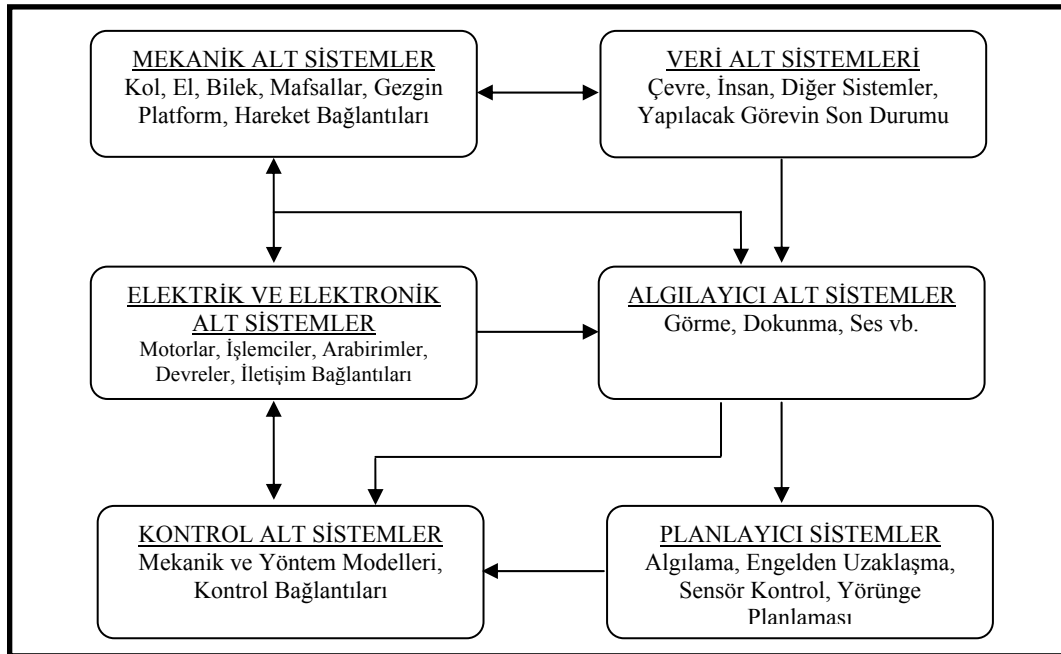
1.3.4. Tıp ve Sağlık Alanında Robotlar

Ortopedi alanında; insan kollarının taklit edilmesi ile benzer özelliklere sahip ihtiyaç duyulan insanlar tarafından kullanılabilir protezlerin çalışmaları sürdürülmektedir. İnsan beyninden gelen sinyallerinin ölçülerek yorumlanması ve bu sinyallere karşılık gelen hareketlerin protez kol tarafından yerine getirilmesi amaçlanmaktadır [12].

Çok yüksek hassasiyete sahip manipülatörler ile cerrahların gerçekleştirmek durumunda olduğu ameliyatlara uzaktan katılmaları imkanı sağlanmaktadır [26,27].

1.4. Robot Alt Sistemleri ve Bölümleri

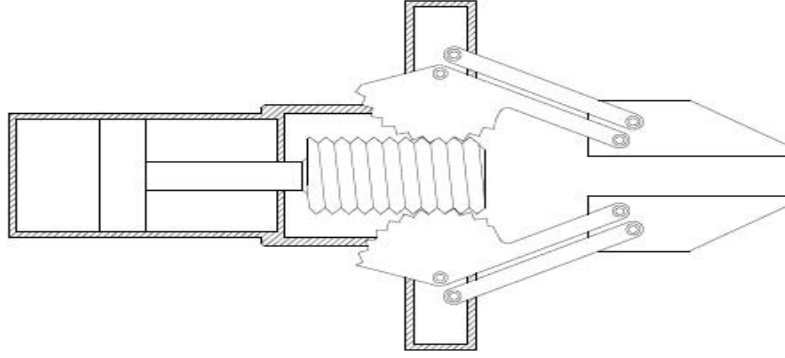
Robot sistemler genel olarak mekanik, elektronik ve yazılımsal kısımlardan meydana gelir. Bu sistemleri ayrıştırdığımızda karşımıza kontrol sistemleri, algılama sistemleri, elektrik-elektronik aksamlar, mekanik-donanımsal kısımları ile planlama ve yazılımdan oluştuğunu görürüz. Bu bölümde bahsedilen sistemlerde kullanılan elemanlar tanıtılacaktır. Şekil 1.11.'de Robot alt sistemleri şeması verilmiştir.



Şekil 1.11. Genel robot alt sistemleri ve bölümleri [19,28].

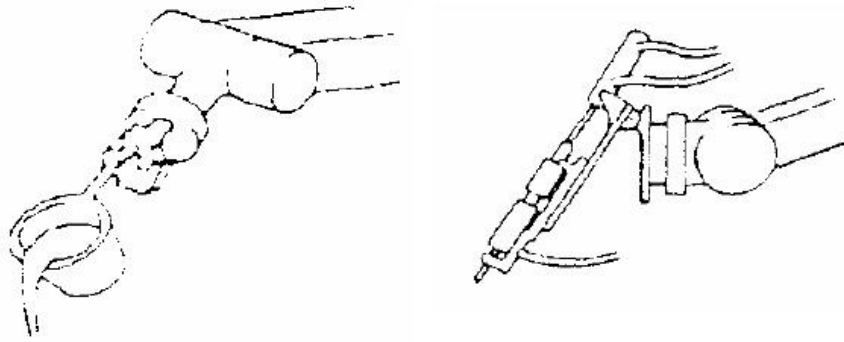
1.4.1. Robot Uç Elemanları

İşlevlerinden dolayı farklı görevler üstlendikleri için uç elemanları iki farklı grupta incelenmektedir. Birincisi robot kolunun en uç noktasında bulunan cisimleri tutma ve taşıma amaçlı kullanılan genellikle parmaklı yapıdan oluşan “Kavrayıcı” (gripper) adı verilen uç etkileyici mekanizmadır. Şekil 1.12.’de bu amaçla üretilmiş kavrayıcı örneğini görülmektedir. Diğeri ise spreyci boyama, matkap, öğütücü ya da nokta kaynağında kullanılan robotlarda bulunan doğrudan manipülatöre bağlanmış iş aletine sahip olan “Uzuvlar” adı verilen uç etkileyicidir [11,16,19].



Şekil 1.12. Genel amaçlı iki parmaklı tutucu örneği (Çeneli Kavrayıcı).

Şekil 1.13.’te ise iki farklı amaç için kullanılan uzuv örnekleri yer almaktadır. Sol tarafta bulunan manipülatörün en uç noktasına “Kepçe Uzvu” bağlantısı yapılmış, sağ tarafta bulunan manipülatöre ise “Ark Kaynak” uzvu bağlanmıştır.



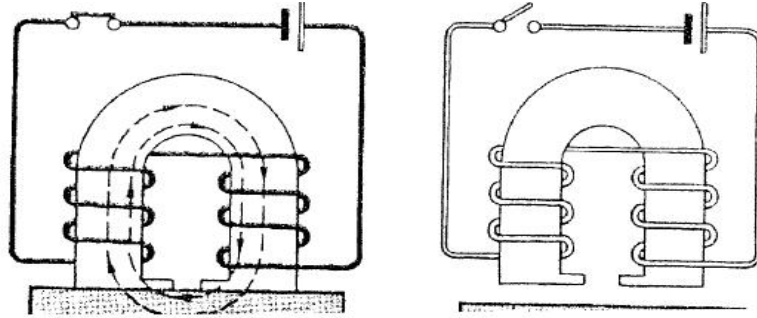
Şekil 1.13. Farklı yapıda uzuvlara sahip manipülatörler [20].

1.4.1.1. Kavrayıcı Çeşitleri

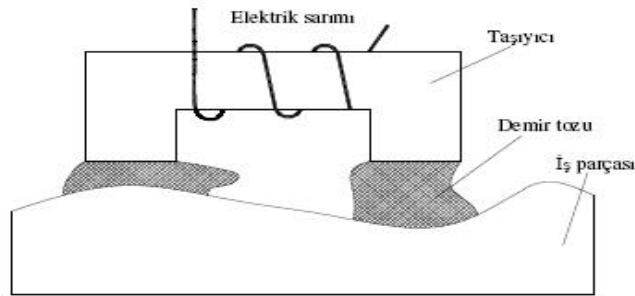
Kavrayıcılar çalışma sistemleri ve teknikleri bakımından farklı şekillerde tasarlanırlar. Uygulama alanlarında tutulacak parçanın yüzeyine göre uygun yapıda olmalıdırlar. Kavrayıcılar aşağıdaki şekillerde gruplanabilmektedir.

- Manyetik Kavrayıcılar
- Vakumlu Kavrayıcılar
- Yapışkan Tip Kavrayıcılar
- İğneli Tip Kavrayıcılar
- Çeneli Tip Kavrayıcılar
- Parmak Tip Kavrayıcılar (Genel Amaçlı)

Örneğin manyetik kavrayıcılar ferromanyetik özelliğe sahip materyallerin, madeni levha ve tabakalar ile çelik maddelerle ilgili işlemlerde kullanılırlar. Şekil 1.14.'te manyetik kavrayıcının çalışma prensibi görülmektedir. Şekil 1.15.'te ise mıknatıslanma ile çalışan kavrayıcı görülmektedir.

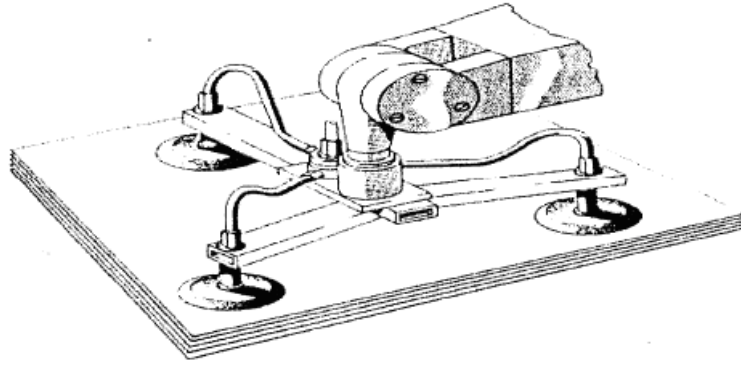


Şekil 1.14. Manyetik tip kavrayıcının çalışma yapısı



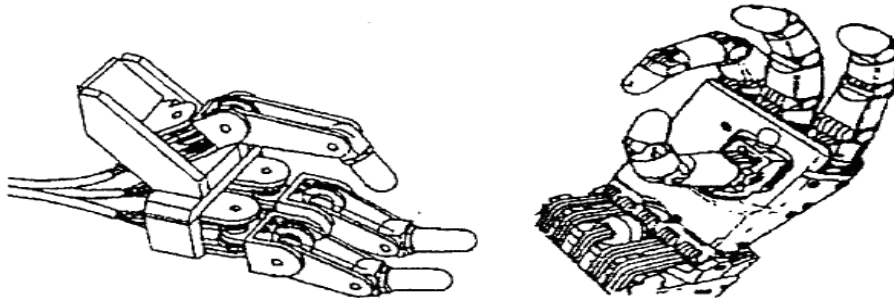
Şekil 1.15. Mıknatıslanma ile çalışan kavrayıcı

Şekil 1.16.'de vakumlu tip kavrayıcı görülmektedir. Bu tipte bir kavrayıcı kullanıldığında tutulacak malzemenin üst yüzeyinin hava geçirgen ve gözenekli özellikte olmaması gerekir. Vakumlu tip kavrayıcılara Emme çekicilerde denir. Bunlar katı tip nesnelere kaldırmak için kavrama aygıtı olarak kullanılabilirler. Nesnelere vakumlanabilmesi için nesnenin yassı, düz ve temiz olması gerekir. Düzgün yüzeyli cam, karton, plastik, tahta gibi malzemeleri tutmak için kullanılır.



Şekil 1.16. Vakumlu tipte kavrayıcı örneği

Parmak uç etkileyciler malzemenin daha iyi ve hassas kavranması gereken durumlarda tercih edilen kavrayıcı tipidir. Bu tip kavrayıcıların yapısı insan elini ve parmaklarını taklide dayanır. Değişik geometrik yapılardaki parçaları ve makineleri uygun bir biçimde kavramak için çok parmaklı robot eller vazgeçilmez ihtiyaçtır. Elin tasarım ve imalatında dikkat edilmesi gereken noktalar, elin fonksiyonelliği, boyutları, imalat ve bakım kolaylığı ve çalışmaya uygunluğudur [11].



Şekil 1.17. Parmak tip kavrayıcı örnekleri (Üç parmaklı ve Dört parmaklı).

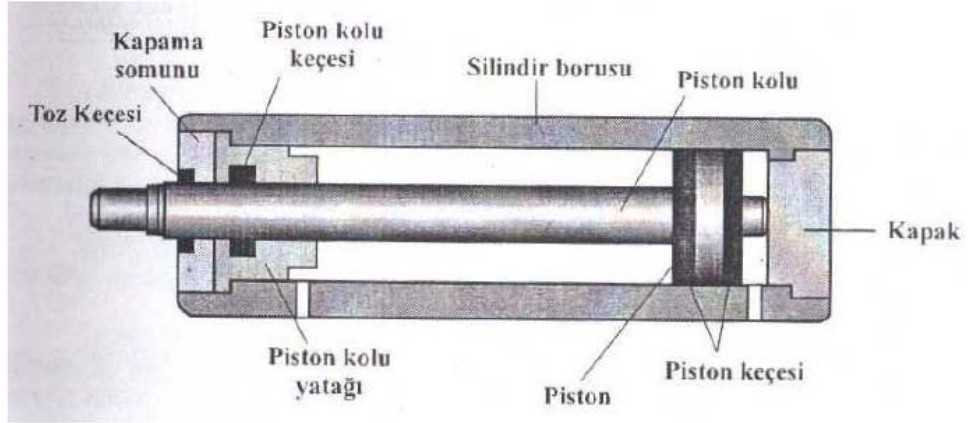
1.4.2. Robot Tahrik Düzenekleri

Robot sistemlerinde robotların hareketini sağlayan düzeneklere Tahrik Sistemleri (actuators) denir. Bir parçanın taşınması, kaldırılması vb. işlerde robotun eklemlerini harekete geçiren sistemlerdir. Robot sistemlerinde kullanılan farklı çalışma sistematiklerine sahip tahrik sistemleri aşağıda verilmiştir.

- Hidrolik Tahrik Sistemleri
- Pnömatik Tahrik Sistemleri
- Elektrik Motorlu Tahrik Sistemleri
- Şekil Bellek Alaşımli Tahrik Sistemleri
- Manyetostriktif Tahrik Sistemleri

1.4.2.1. Hidrolik Tahrik Sistemleri

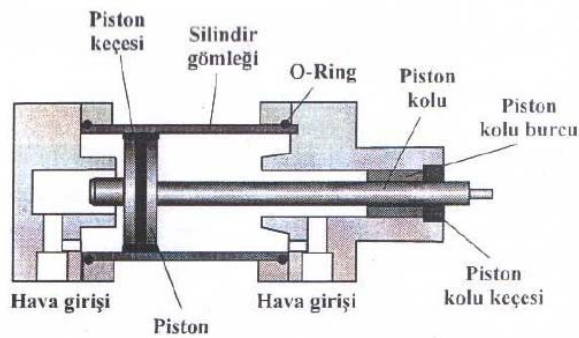
Hidrolik sistemler, sıkıştırılmaz özellikteki akışkanların kullanıldığı ve bu sayede elde edilen basınçla çeşitli hareket ve kuvvetlerin üretildiği sistemlerdir. Burada kullanılacak akışkanda dikkat edilecek husus akışkanın sıkıştırılmaz olmasıdır. Hava ve gazlar sıkıştırılabildiği için büyük kuvvetlerin üretilmesinde kullanılmazlar. Hidrolik sistemlerde genellikle akışkan olarak su ve yağ kullanılır. Normal şartlarda ise hidrolik sistemlerde akışkan olarak petrolden elde edilen madensel yağlar kullanılır. Robot sistemlerinde kullanılan hidrolik sistemler ise çok büyük güç gerektiren Manipulatörlerde bel hareketini sağlayan motorlarda ve çok zorlu şartlarda çalışan robotların eklem hareketlerinin sağlanmasında hidrolik olarak çalışan motorlar kullanılmaktadır. Hidrolik sistemlerde dairesel hareket elde etmek için ise “Hidrolik motorlar” kullanılmaktadır. Değişik şekillerde olan hidrolik motorlara gönderilen belirli basınçtaki ve debideki akışkan bir döndürme momenti meydana getirerek hidrolik motor milinin dairesel olarak dönmesini sağlar. Hız, gönderilen akışkanın miktarına ve debisine göre değişmektedir. Pistonların ileri ve geri hareketlerini sağlamak ve hidrolik motorların millerini her iki yöne doğru döndürebilmek için, akışkanın akış yönünü değiştirmek gerekir. Bu işlemi yapmada değişik şekillerde kumanda edilebilen basit ve kompleks yapıda olabilen yön kontrol valfları kullanılmaktadır. Şekil 1.18.’de çift etkili hidrolik silindir görülmektedir [11,19].



Şekil 1.18. Çift etkili hidrolik silindir

1.4.2.2. Pnömatik Tahrik Sistemler

Bu sistemlerde akışkan olarak basınçlı hava kullanılır. Basınçlı ve kontrol edilebilen hava ile çalışan sistemlere “Pnömatik Tahrik Sistemler” denir. Pnömatik enerjinin kaynağı olan havanın atmosferde sınırsız olarak bulunması ve havanın sıkıştırılabilir olmasının sisteme pasif uyum özelliği kazandırması, aynı zamanda düşük basınçta çalıştılarından parçaların hafif olması gibi nedenlerle, pnömatik sistemler bir çok alanda tercih edilmektedir. Bu alanlardan biri de robotlar ve robotik sistemlerdir. Pnömatik sistemlerde kullanılan eyleyiciler bütün iyi özelliklerinden dolayı gıda sanayi, tıbbi endüstri malzemesi yapan yerlerde çalışan robot sistemlerde sıkça kullanılmaktadır. Pnömatik sistemlerin ana problemini havanın belli miktarda sıkıştırılabilmesi oluşturmaktadır. Bu durumdan dolayı yük altında hava sıkışarak istenen sonucu tam verememektedir [11,19].



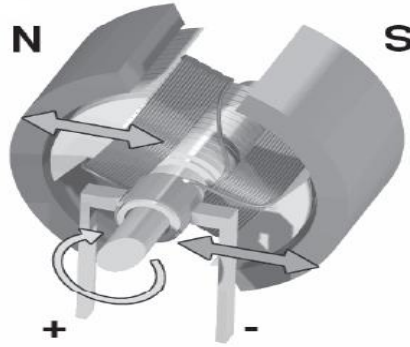
Şekil 1.19. Pnömatik eyleyiciler

1.4.2.3. Elektrik Motorlu Tahrik Sistemleri

Robot sistemlerinde hareket kabiliyeti, yetenekleri ve boyutları nedeniyle en fazla tercih edilen tahrik sistemlerindendir. Temel mantığında elektrik akımı geçen bir teli manyetik ortama koyduğumuzda oluşan kuvvetin teli döndürmesidir.

1.4.2.3.1. DC Motorlar

Genellikle tekerlek gibi silindirik cisimlerin döndürülmesinde ya da yaygın olarak bilgisayarımızın işlemcisini soğutan fan pervanesini döndürmek için kullanılan, çalışma gerilimleri ve güçlerine göre farklı akımlar çeken motorlardır. DC motorlar Sumo robotlar, çizgi izleyen robotlar ve daha fazla güç gerektiren robot uygulamalarında kullanmak için uygundur [29,30]. DC motorlar manyetik kutupların birbirleri ile etkisi üzerine kurulmuş, devamlı dönme hareketi sağlayan cihazlardır. Şekil 1.20.'de bir DC motorun iç yapısı verilmiştir.



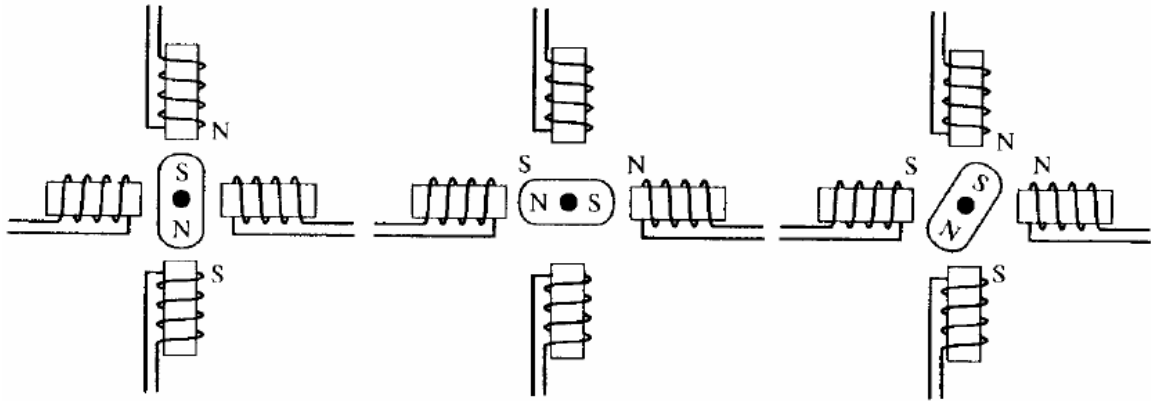
Şekil 1.20. DC motor iç yapısı

1.4.2.3.2. Adım Motorlar (Step Motorlar)

Adım motorlar girişlerine uygulanan lojik sinyalleri dönme hareketine çevirebilen motorlardır. Adım motorlar DC motorlar gibi devamlı dönmek için değil bobinlere uygulanan darbeler sayesinde belirli bir açıda hareket etmek için üretilen motorlardır. Yazıcılar, Harddiskler, Floppy disk sürücüler ve CNC tezgahları gibi cihazlarda kullanılır. Adım motorların içerisinde dört grup bobin bulunur. Bu bobinlerin bağlantı şekillerine

göre adım motorlar Bipolar ve Unipolar olmak üzere ikiye ayrılır. Bipolar iki yönlü beslenen anlamına gelir. Yani iki yönde de akım iletebilen motor demektir ve sadece dört ucu vardır. Unipolar ise tek yönde akım iletebilen step motor demektir [29,30].

Adım motorların açı değerleri, tam tur olan 360° 'nin katları şeklindedir. Örneğin $7,5^\circ$ ve $1,8^\circ$ gibi adım motor açıları vardır. $7,5^\circ$ 'lik bir adım motorun tam tur atabilmesi $360^\circ/7,5^\circ=48$ adım gerekirken, $1,8^\circ$ 'lik adım motorunun $360^\circ/1,8^\circ=200$ adım gerekmektedir. Adım motorlarının çalışma prensibi Şekil 1.21.'de görülmektedir.



Şekil 1.21. Step motorların çalışma prensibi [11].

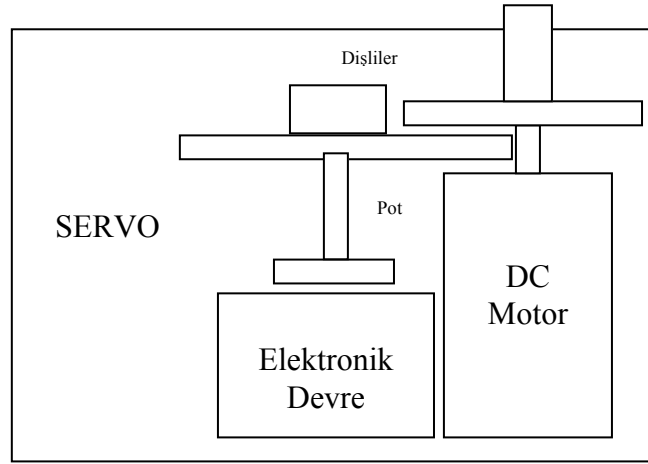
1.4.2.3.3. Servo Motorlar

Servo motorlar model uçak, araba, tekne ve küçük güçteki robot uygulamalarımızda kullanılan motor çeşitlerindedir. Servo motor içerisinde DC elektrik motoru, planetar dişli sistemi, geri besleme potansiyometresi ve DC motor pozisyon kumanda elektroniği bulunmaktadır.

Servo motorların devreye bağlantısında üç adet kablo kullanılır. Bu kablolardan ikisi enerji, diğeri ise sinyal girişi içindir. Artı hat genelde kırmızı renkte kablo ile, eksi hat kahverengi yada siyah kablo ile ve sinyal hattı ise genelde sarı, turuncu yada beyaz renkte kablo ile temsil edilir.

Servo motorun konumunun algılanabilmesi için PWM (Pulse Width Modulation) darbe genişliği modülasyonu tekniğinden yararlanmaktadır. Kumanda devresi kumanda çubuğunun konumuyla doğru orantılı olarak 1 ile 2 milisaniye arasında dalga genişliği değişen bir sinyali her 20 milisaniyede bir servoya gönderir. 1 milisaniye tam sol, 2

milisaniye tam sağ pozisyonu ifade eder. Servo içindeki elektronik devre önce gelen darbelerin genişliğini ölçer, daha sonra potansiyometre konumuna bakar ve kendi darbe osilatörünün darbe genişliği gelen darbelerle eşitlenene kadar motoru hareket ettirir [29,30].



Şekil 1.22. RC servo motorun iç blok diyagramı

1.4.2.3.4. Hidrolik, Pnömatik ve Elektrikli Tahrik Sistemlerin Karşılaştırılması

Kullanım alanlarına tercih edilebilecek olan bu sistemlerin, birbirlerine göre uygulama alanlarında farklılıklar vardır. Örneğin hidrolik sistemler ağır yük taşıma kapasitesine sahipken, diğer taraftan pnömatik sistemler ise yüksek hız kapasitesine sahiptir. Hem pnömatik hem de hidrolik sistemler çevre ve gürültü kirliliğine sebep olurken elektrikli sistemlerde böyle bir dezavantaj yoktur.

Araştırması yapılan ve yukarıdaki bölümlerde çalışma sistemlerinden bahsedilen tahrik sistemlerinin avantaj ve dezavantajları ile Tablo 1.2.'de bir karşılaştırma tablosu verilmiştir.

Tablo 1.2. Hidrolik, pnömatik ve elektrikli sistemlerin karşılaştırılması [11,19].

	Hidrolik Sistemler	Pnömatik Sistemler	Elektrikli Sistemler
Avantajları	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ağır yük taşıma kapasitesine sahiptir. ✓ Orta değerlerde süratlidir. ✓ Yağın basıncı azalmadığı için eklemler hareket olmaksızın sabit tutulabilir. ✓ Hassas kontrol imkanı sağlarlar. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hidrolik sistemlere göre ucuzdur. ✓ Yüksek hız kabiliyeti sağlayabilir. ✓ Akışkanlar ile çevre kirliliğine sebep olmaz. ✓ Laboratuvar çalışmalarında kullanılabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hızlı ve Hassastır. ✓ Karmaşık kontrol sistemlerinde uygulamaya daha elverişlidir. ✓ Kullanımı kolay ve diğerlerine göre maliyeti azdır.
Dezavantajları	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hidrolik sistemlerin maliyeti yüksektir. ✓ Gürültüye ve akışkanların sızması ile çevre kirliliğine neden olurlar. ✓ Yüksek hızda çalışması gereken sistemler için uygun değildirler. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Havanın yağa göre sıkıştırılabilir olma özelliğinden dolayı basınç kaybına neden olur. ✓ Gürültü kirliliği oluşabilir. ✓ Hava yağa göre daha fazla sızma özelliğine sahiptir. ✓ Sürekli bakım isteyen bir yapısı vardır. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dişli ve güç aktarma elemanlarına ihtiyaç duyarlar. ✓ Güç sınırlaması vardır. ✓ Meydana gelen elektrik arki sorunlara sebep olabilir.

1.4.2.3.5. Diğer Tahrik Sistemleri

Şekil Bellek Alaşımli Tahrik sistemleri ve Manyetostriktif Tahrik sistemleri bulunmaktadır. Şekil Bellek Alaşımında metallarin oluşturduğu alaşımların sıcaklık ile genişmesi ile elde edilen boyut farklılığından faydalanılmaktadır. Robot sistemlerde Biometal telden yapılmış insan kaslarına benzer yapılar bulunmaktadır.

Manyetostriktif sistemlerde ise Ternofel-D isimli madde bir mıknatısın yanına yaklaştırıldığında mıknatıssal bozulmaya (magnetostriktion) uğrayarak maddenin şekli değişir. Bu etki ile lineer motorda mikro inç düzeyinde yer değişimi sağlanmaktadır [11,18].

1.4.3. Robotik Sistemler İçin Kullanılan Algılayıcı Sistemler ve Özellikleri

Gezgin robotlar hareket kontrolü, konum ve çevre algılama gibi sorunlar için algılayıcı sistemlere ihtiyaç duyarlar. Algılayıcı sistemler için çok sayıda alternatifler bulunmaktadır. Bu alternatifler oluşturulurken doğadan faydalanıldığı görülmektedir. Konum ve çevre algılama sorunun çözüm arayışları doğada bulunan kadar etkili ve geçerli olmasa da Kızılötesi (Optik) algılayıcılar, Ultrasonik Algılayıcılar ve Lazer algılayıcılar

bunların başında gelmektedir [31]. Aşağıda öncelikle algılayıcı seçiminde dikkat edilecek önemli özellikler verilecek daha sonra farklı tiplerdeki algılayıcı sistemler anlatılacaktır.

1.4.3.1. Algılayıcı Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Oluşturulacak sistemin yapısına ve ihtiyacına uygun algılayıcıları seçebilmek için algılayıcıların (sensörlerin) özelliklerinin bilinmesinde fayda vardır. Çünkü oluşturulacak olan sistemin performansını doğrudan etkileyen kullanılacak olan sensördür. Ayrıca algılayıcıların maliyeti ve uygulanabilirlikte sağlamış olduğu kolaylıkları da göz önüne almak gerekir. Aşağıda algılayıcı seçiminde dikkat edilmesi gereken bazı önemli başlıklar verilmiştir.

1.4.3.1.1. Ölçüm Sınırları

Uzaklık algılayıcı sensörler, basınç algılayıcı sensörler ya da sıcaklık algılayıcı sensörler olsun her birinin ölçüm sınırları bulunmaktadır. Yani bir sensörün ölçebileceği değişkenin sınırlarıdır. Bu husus sensör çıkısındaki sinyalin olabilecek minimum ve maksimum uç noktalarını belirler [32].

1.4.3.1.2. Duyarlılık

Duyarlılık (sensitivity), giriş sinyalinde meydana gelen değişime bağlı olarak sensör çıkış sinyalinde meydana gelen değişimin oranı olarak tanımlanır. Yüksek duyarlı algılayıcılar giriş sinyalindeki küçük değişimlerinde bile çıkışta yüksek değişimler meydana getirirler. Böylece incelenen durumun en küçük değişimleri bile algılanabilmektedir [11].

1.4.3.1.3. Çıkış Sinyali Türü

Bazı algılayıcılar ölçtükleri değerlerin karşılığını dijital olarak verirken bazıları ise analog sinyal çıkışı verebilirler. Sensör seçiminde sisteminizin yazılımı ve donanımına bağlı olarak bu sinyal türlerinden bizlere uygun olanını seçmeliyiz.

1.4.3.1.4. Tekrarlanabilirlik

Farklı zamanlarda aynı giriş değeri için aynı çıkış değerini verme kabiliyetidir. Tekrarlanabilirlik (repeatability) sensörlerin kalitesinde önemli bir göstergedir. Çünkü mobil robot uygulamalarında konum ve cisim algılama esnasındaki hareket kabiliyetindeki başarı oranının yüksekliği sensörlerin yapısından kaynaklanan sonradan yazılım ile düzeltilmesi mümkün olmayan hatalara sebebiyet verebilmektedir.

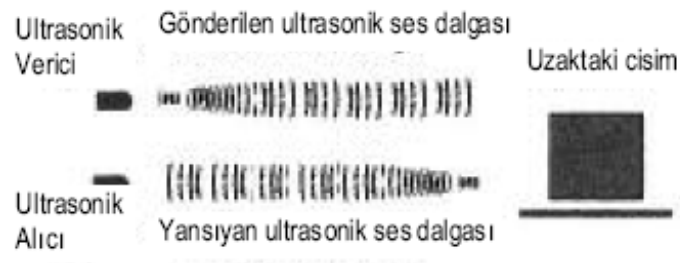
1.4.3.1.5. Doğrusallık

Genelde tekrarlanabilirlik ile aynı kavramlarmış gibi karıştırılsa da, doğrusallık kavramı giriş değişimleri ile çıkış değişimlerinin arasındaki ilişkiyi belirtir. Yani girişin her seviyesindeki değişimler ile çıkışta aynı değişimleri oransal olarak verebilme kabiliyetidir.

1.4.3.2. Gezgin Robotlarda Kullanılan Algılayıcı Sistemler

1.4.3.2.1. Ultrasonik Algılayıcılar

Gezgin robotlarda mesafe ölçme amaçlı olarak kullanılan sensörlerdir. İnsan kulağının duyamayacağı ses sinyallerinin yollanarak engelden geri yansımaya kadar geçen süre, süre ölçer tarafından hesaplanır. Daha sonra sesin havadaki hızı bilindiği için engelle olan mesafe hesaplanır [33].



Şekil 1.23. Ultrasonik algılayıcıların çalışma yapısı [33].

Ancak ultrasonik algılayıcıların bazı dezavantajları bulunmaktadır. Birden fazla ultrasonik algılayıcının bir arada kullanılması durumunda, diğer ultrasonik algılayıcıların ses sinyalleri karışmakta ve gezgin robotun hareketini yanlış yöne sevk etmektedir. Ayrıca

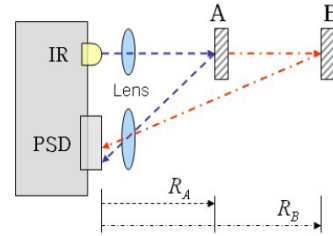
yine karşı tarafta bulunan cismin yapısına göre, yani ses sinyallerinin yansıma yapacağı cismin türüne göre hatalı ölçüm değerleri verebilmektedir. Örneğin; pamuk, tahta, pürüzlü yada pürüzsüz yüzeylerde farklı değerler verebilmektedir [6].

1.4.3.2.2. Kızılötesi (IR) Algılayıcılar

Kızılötesi veya Optik algılayıcılar, endüstride ve çeşitli robotik sistemlerle cisimlerin algılanmasında kullanılmaktadır. Ekonomik olmasından dolayı, uzaklık ölçmede kızılötesi (IR) algılayıcılar günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. IR algılayıcılar ile ölçülebilen mesafe, 10cm ila 80cm arasında değişebilir. Bu algılayıcılar yardımıyla bir nesnenin varlığı veya robota göre uzaklığı, IR uzaklık ölçme birimindeki fotodiyotun yaydığı kızıl ötesi ışık hüzmesinin geri yansırken algılayıcı üzerinde oluşturduğu üçgenin açısının değişmesine göre ölçülür. Şekil 1.25.'de sharp marka GP2Y0A21YK0F kızılötesi algılayıcı, Şekil 1.26.'da ise IR ışık hüzmesinin farklı uzaklıkta duran cisimden yansıması ile oluşan 2 farklı üçgen yardımıyla mesafe ölçümü veya engel algılama işlemi resmedilmiştir [34].



Şekil 1.24.SHARP marka IR algılayıcı



Şekil 1.25. IR algılayıcısının çalışması

Belli bir mesafeyi ölçmek veya bir engeli algılamak için, IR algılayıcı belirli aralıklarla anlık kızıl ötesi ışık hüzmesi atımları yapar. Işık hüzmesi, IR algılayıcının görüş alanında yol alır. Eğer IR algılayıcının görüş alanında bir nesne yoksa ışık hüzmesi kaybolur ve IR algılayıcı önünün boş olduğunu algılar. Ancak, IR algılayıcının önünde bir cisim varsa, kızıl ötesi ışık o nesneye çarparak geri yansır. Geri yansıması durumunda, ışığın çıkış noktası (emisyon), algılanan nesne üzerindeki yansıma noktası ve alıcı arasında bir üçgen oluşur. Böylece, üçgenin alıcı köşesindeki açısı, algılanan nesnenin uzaklığına göre değişir. Burada, detektörün merceği algılayıcının hassasiyetini belirler. Detektör,

yansıma açısını okur ve nesnenin uzaklığını hesaplar. Burada, uzaklık ve alınan değerler arasındaki ilişki doğrusal değildir [35]. Robot uygulamalarında kızıl ötesi ışığın görünür ışığa tercih edilmesinin nedeni, sistemin çevresel ışıktan daha az etkilenmesi, daha kolayca modüle edilebilmeleri ve görünmez olmalarıdır [36].

1.4.3.2.3. Çarpma Algılayıcıları

Gezgin robotlarda çarpmadan kaynaklanan hasarı azaltma amaçlı olarak kullanılırlar. Gezgin robotun etrafına halka halinde monte edilen bu algılayıcılar çarpma anında anahtar görevi görerek robotu durdururlar [6].

1.4.3.2.4. GPS (Global Konumlandırma Sistemi)

Uydulardan alınan sinyallerin kullanılarak gezgin robotun konumunun ve yönünün hesaplandığı sistemdir. Robot üzerindeki algılama sisteminin uyduya olan uzaklığı, gelen sinyallerin süresi ve sinyalin hızı gibi öğeler kullanılır.

1.4.3.2.5. Lazer Mesafe Algılayıcılar

Lazer Işın demetinin yollanıp yansıyor dönen ışınların seyir süresi elde edilerek, mesafe hesaplanır. Geniş görüş alanına sahiptir. Alan taranarak görüntüsü oluşturulur. Elde edilen görüntü kamera görüntüsünden farklı olarak derinlik içerir.

1.4.3.2.6. Adımsayar (Encoder) Algılayıcılar

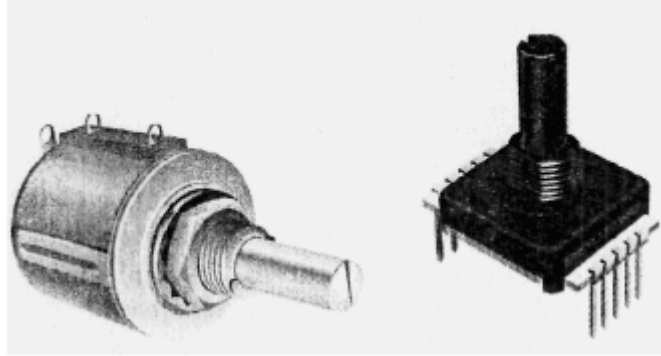
Gezgin robotların tekerlekleri veya motorlarına monte edilirler. Gezgin robotun hareketi esnasında teker yada motor dönüşünü sayarak gidilen mesafeyi verirler. Ancak tekerleklerin kayması ve zemindeki bozukluklar nedeniyle hatalı sonuçlar üretebilirler. Enkoder sensörleri doğrusal hareket değişimi ile açısal dönüş değişimini algılayabilir. Yapısında bir ışık kaynağı ve fototransistör içerir.

1.4.3.2.7. Kameralar

Kameralar gezgin robotlarda kullanımı gittikçe yaygınlaşan nesnelerin biçimsel olarak tanınması için kullanılan algılayıcı türlerindedir. Çalışma prensibi nesnelere yansıyan ışığın lens olarak adlandırılan delikten geçmesi ile iki boyutlu matris şeklinde dizilmiş olan ışık duyuuculardan geçmesi ile oluşur. Oluşan resimdeki her pikselin parlaklığı, nesnenin yüzeyinden kameraya ulaşan ışık miktarı ile doğru orantılıdır [6].

1.4.3.2.8. Potansiyometreler

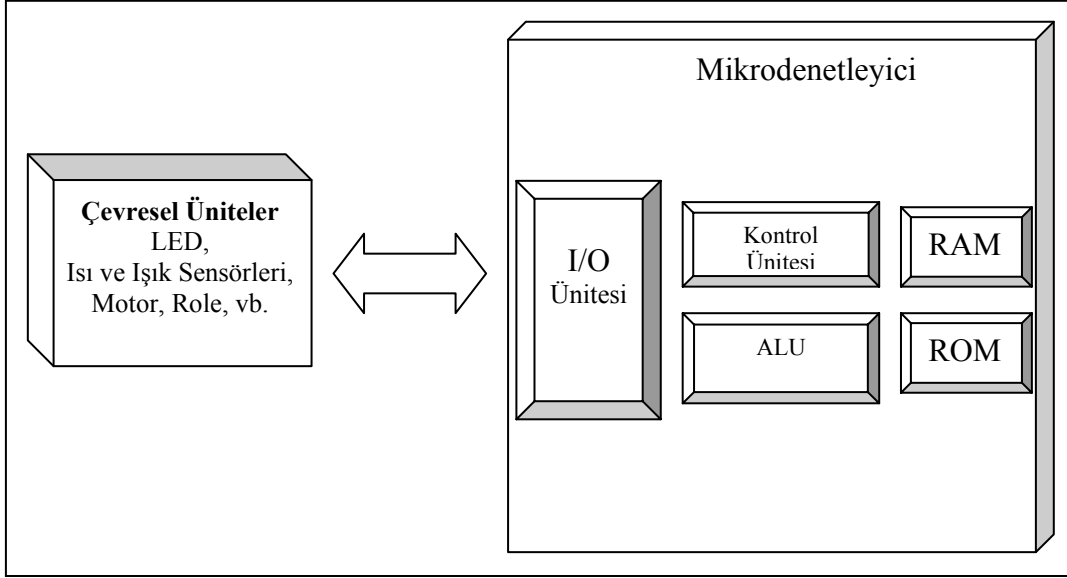
Direnç üzerinden elde ettiği farklı voltajlar ile pozisyon hakkında bilgilerini verir. Potansiyometre gezici kolu giriş büyüklüğü ile hareket ettirilerek potansiyometre direncinin değişimi sağlanır. Böylece çıkışta orantısal bir gerilim değişimi elde edilir.



Şekil 1.26. Bourns firmasının dairesel potansiyometreleri

1.4.4. Robotik Sistemler için Mikrodenetleyiciler

Mikroişlemcili bir sistemde bulunması gereken RAM, ROM, ALU, kontrol ünitesi ve I/O ünitesi gibi temel bileşenlerin hepsini bünyesinde barındıran entegre devreye mikrodenetleyici (microcontroller) denir. Mikroişlemciler göre çok daha basit yapıda üretilmişlerdir. Mikrodenetleyiciler “özel amaçlı bilgisayar” veya bazı kaynaklarda “gömülü denetleyici” (embedded controller) olarak adlandırılır ve genellikle tek bir programı hassas bir şekilde çalıştırmak amacıyla kullanılırlar. Örneğin; otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax cihazlarında, fotokopi makinelerinde, beyaz eşyalarda, oyuncaklarda vb. gibi pek çok alanda kullanılmaktadır [29,37].



Şekil 1.27. Bir mikrodenetleyici sistemin temel bileşenlerinin blok diyagramı [37].

1.4.4.1. Mikroişlemci ve Mikrodenetleyicinin Karşılaştırılması

Mikroişlemci ile kontrol edilecek bir sistemi kurmak için gerekli olan minimum donanımda CPU, RAM, ROM, I/O Ünitesi ve bu üniteler arası veri iletimini sağlayacak olan Veri Yolu, Adres Yolu ve Kontrol Yolu gerekmektedir. Ayrıca bu birimler arasında veri iletişimini sağlamak ve yerleştirmek için baskı devre tekniği ile üretilen anakartta gereklidir. Diğer taraftan mikrodenetleyici ile oluşturacağımız sistemde ise yukarıda belirtilen ünitelerin her biri mikrodenetleyici bünyesinde tek bir devrede bulunduğu için, maliyetinin düşük olacaktır. Ayrıca mikroişlemcili bir sistem olan masaüstü bilgisayarları şebekeden en az 50W harcarken, pil ile desteklediğimiz mikrodenetleyici 50 mW'lık bir güç harcar. Tablo 1.3.'te bir karşılaştırma tablosu verilmiştir [29,37].

Tablo 1.3. Mikroişlemci ve mikrodenetleyici karşılaştırma tablosu [37].

Özellikler	Mikroişlemci	Mikrodenetleyici
Program ve Veri Belleği	Aynı bellek bloğu içerisinde	Farklı bellek bloklarında
Komut Sayısı	Fazla	Düşük
Güç Tüketimi	Fazla	Az
Harici Donanım Desteği	Gerekir (Ram, Rom, ADC, DAC, I/O Gibi)	Çok az (Harici EEPROM gibi)
Mimari	Çoğunlukla CISC	Çoğunlukla RISC
Fiyat	Pahalı	Ucuz

1.4.4.2. Mikrodenetleyici Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Mikroişlemci üreten firmaların bir çoğu farklı yapı ve özelliklere sahip çok sayıda mikrodenetleyiciler üretmektedirler. Hangi firmanın ürünün tercih edileceği hususunda aşağıda verilen sistem özelliklerine göre ihtiyacı karşılayıp karşılamadığı belirlenmelidir.

- ✓ Programlanabilir sayısal paralel giriş/çıkış ucu sayısı.
- ✓ Programlanabilir analog giriş/çıkış ucu sayısı.
- ✓ Seri giriş/çıkış (senkron, asenkron ve cihaz denetimi gibi).
- ✓ Motor veya servo kontrol için saat sinyali çıkışı.
- ✓ Harici giriş ve Timer vasıtasıyla kesme yapılıp yapılamıyacağı.
- ✓ Harici bellek arabiriminin varlığı.
- ✓ Dahili bellek tipi seçenekleri (ROM, EPROM, PROM ve EEPROM) ve kapasiteleri.
- ✓ Dahili RAM bellek kapasitesi.
- ✓ Kesirli sayı (kayan nokta) hesaplaması

Aşağıda bazı mikrodenetleyici üretimi yapan firmaların ve mikrodenetleyicilerin isimleri verilmiştir. Tablo 1.4.'te de görüldüğü gibi mikrodenetleyici üretimi yapan birçok firma bulunmaktadır. Yukarıda verilen özelliklere dikkat edilerek bu firmaların ürünleri kıyaslanarak hangisinin daha avantajlı olduğu bulunabilir.

Tablo 1.4. Mikrodenetleyici üreten firmalar ve ürünlerinin isimleri.

Üretici Firmanın Adı	Ürün Adı
Microchip	PIC 12C508, PIC16F84, PIC 16C711, PIC 16F877, PIC 18C242, PIC 18F2550
Intel	Intel 8031AH, 8051AH, 8751AHP, 8052AH, 80C51FA
Motorola	HC05, HC11, 6800, 6801, 6804, 6805, 6809
Atmel	ATtiny10, AT90S1200, AT90LS8535, ATmega161
Zilog	Z8
SGS-Thomson	ST6
Scenix	SX18, SX28
Basic Stamp	BS1-IC, BS2-IC

1.4.4.3. Mikrodenetleyici Tercihinde Neden PIC ?

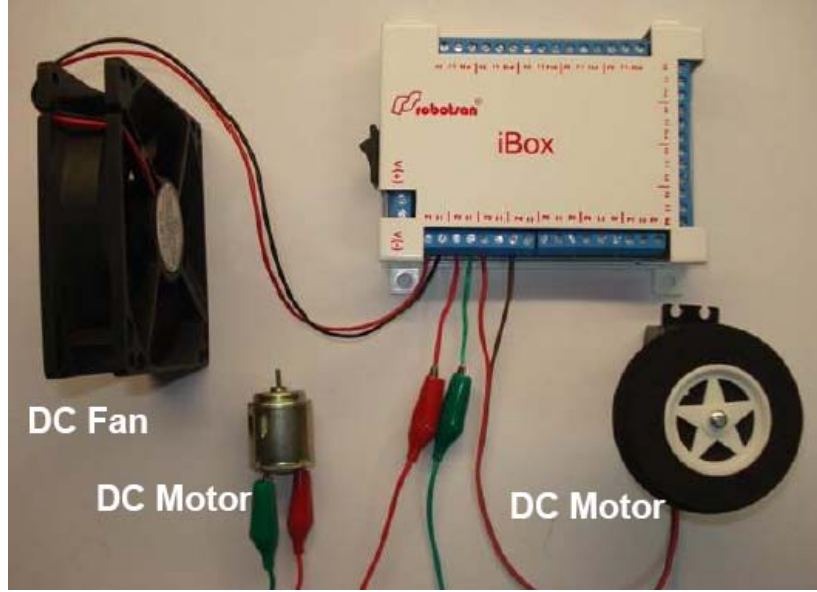
Microchip firmasının ürettiği PIC, adını İngilizce' deki Peripheral Interface Controller (Çevresel Birim Denetleme Arabirimi) cümlesinden almıştır. Günümüz elektronik piyasasında bu kadar geniş bir yelpazede üretici ve ürün varken neden PIC' lerin seçildiğine gelince nedenler şöyle sıralanabilir [37].

- ✓ Çok geniş bir kullanıcı kitlesinin bulunması nedeniyle PIC' i programlamak için üretilen yazılım ve donanımın çok fazla olması ve kolay elde edilir olması,
- ✓ PIC mikrodenetleyicilerin Türkiye' de çok kolaylıkla ve ucuza elde edilir olması,
- ✓ Çok karmaşık olmayan elektronik elemanlar kullanılarak yapılan donanımla programlanabilmesi,
- ✓ Çok basit reset, saat sinyali ve güç devreleri gerektirmeleri,
- ✓ Dünyada çok fazla kullanıcısı olması nedeniyle internet sitelerinde yayınlanan
- ✓ Örnek programların ve projelerin kolaylıkla elde edilebilmesi ve yardımlaşmanın yapılabilmesidir.

1.4.4.4. PIC 18F2550 mikrodenetleyici tabanlı iBox

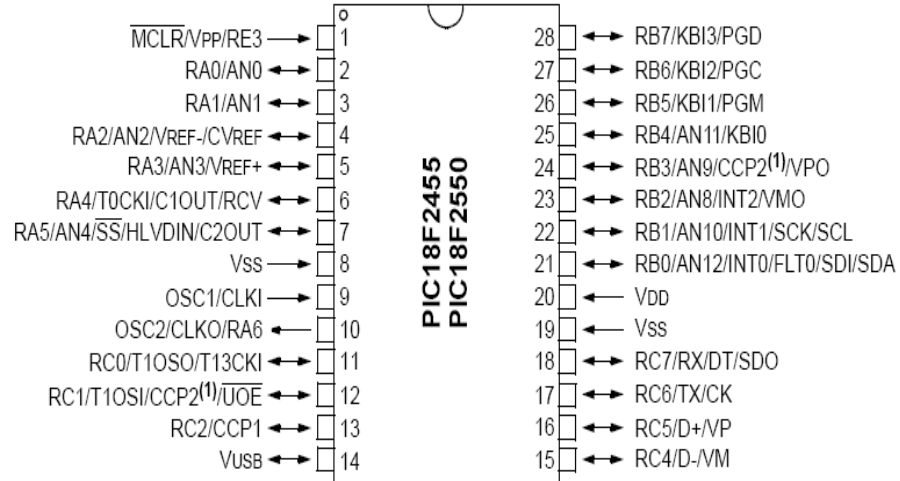
Microchip firmasının üretmiş olduğu PIC 18F2550 mikrodenetleyici tabanlı akıllı kutudur. Program belleği 32768 byte, veri belleği 2048 byte ve 10 giriş kanalı gibi öne çıkan özellikleri ile diğer PIC modellerine göre avantajlıdır [38].

Robotsan firmasının üretmiş olduğu PIC18F2550 mikrodenetleyici tabanlı iBox ile çeşitli giriş/çıkış çevre birimleri ile özellikle algılayıcı ve eyleyicileri direk bağlayabiliyoruz. Örneğin; DC motorlar, Solenoidler, DC Fanlar, Adım motorları, RC Servo motorlar sürebiliyoruz. Şekil 1.28.'de farklı amaçlar için kullanılan DC motorların iBox ile bağlantı şekilleri verilmiştir.



Şekil 1.28. DC motorların iBox'a bağlantısı [8].

PIC18F2550 mikrodnetleyicinin giriş/çıkış pinlerinin yapısı Şekil 1.29.'da verilmiştir. Ayrıca iBox'ın portlarının mikrodnetleyicinin pinlerinden hangilerine bağlantılarının yapıldığına dair bilgide Tablo 1.5.'te verilmiştir [8].



Şekil 1.29. PIC 18F2550 ve PIC 18F2455 mikrodnetleyicilerin pin diyagramları [38].

Tablo 1.5. iBox giriş/çıkışlarının bağlantı şeması [39].

ibox	İdea – Çıkışlar	İdea-Girişler	PIC 18f2550	Açıklama
P1	1	-	RC0	600mA analog çıkış
P2	2	-	RC2	600mA analog çıkış
P3	3	-	RC6	600mA analog çıkış
P4	4	-	RC7	600mA analog çıkış
P5	5	<i>readadc(0)</i>	<i>RA0</i>	<i>10 bit Analog/Sayısal Çevirici</i>
P6	6	<i>readadc(1)</i>	<i>RA1</i>	<i>10 bit Analog/Sayısal Çevirici</i>
P7	7	<i>readadc(2)</i>	<i>RA2</i>	<i>10 bit Analog/Sayısal Çevirici</i>
P8	8	<i>readadc(3)</i>	<i>RA3</i>	<i>10 bit Analog/Sayısal Çevirici</i>
P9	9	Pin0	RB0	25mA TTL Sayısal Giriş Çıkış
P10	10	Pin1	RB1	25mA TTL Sayısal Giriş Çıkış
P11	11	Pin2	RB2	25mA TTL Sayısal Giriş Çıkış
P12	12	Pin3	RB3	25mA TTL Sayısal Giriş Çıkış
P13	13	Pin4	RB4	25mA TTL Sayısal Giriş Çıkış
P14	14	Pin5	RB5	25mA TTL Sayısal Giriş Çıkış
P15	15	Pin6	RB6	25mA TTL Sayısal Giriş Çıkış
P16	16	Pin7	RB7	25mA TTL Sayısal Giriş Çıkış
P17	17	-	RA4	LED_Yeşil (P18 etkin değilken)
P18	18	-	RA5	LED_Kırmızı (P17 etkin değilken)
P19	19	-	RC1	Ses Üretici

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

2.1. Giriş

Bu çalışmada gerçekleştirilen gezgin robot uygulamasının ana hedefi hassas bir cisim olan yumurtanın geniş bir ortamda yerinin belirlenmesi ve daha sonra bulunduğu yerden gezgin robot üzerinde bulunan robot kol vasıtasıyla alınarak başka bir yere taşınmasıdır. Bu amaca yönelik olarak çeşitli mekanik ve elektronik elemanlar temin edilmiş ve daha sonra gezgin robotun montajı yapılmıştır. Son olarak tasarlanan robotun, amaçlanan fonksiyonları gerçekleştirmesi için programlanması yapılmıştır. Bu kısımda robotun mekanik aksamın nasıl oluşturulduğu, konum algılamada kullanılan algılayıcıların sistemdeki yapısı, iBox adı verilen akıllı kutunun yapısı ve gezgin robotun üzerine monte edilen MR-999 robot kolu hakkında bilgiler verilecek ve sistemin bir bütün olarak nasıl çalıştığı açıklanacaktır.

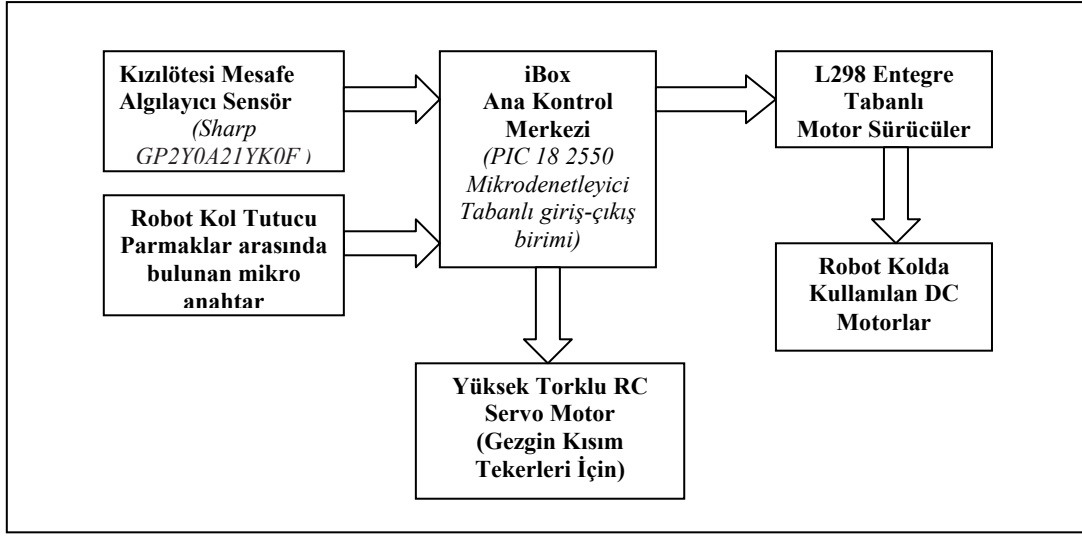
2.2. Yumurta Toplayan Robotun Tasarımı ve Gerçeklenmesi

2.2.1. Sistemde Kullanılan Mekanik, Elektronik ve Donanımsal Birimler

Tasarlanan sistemin gezgin kısmı için üç adet metal plakanın üst üste getirilmesi ile fiziksel olarak üç katlı olarak tasarlanmıştır. Birinci katında gezgin robotun hareketini sağlayan iki adet teker ve bu tekerlerin bağlı bulunduğu iki adet RC servo motor bulunmaktadır. Gezgin robotun gerek dengesi açısından gerekse de dönüşlerini kolaylaştırmak için birinci kata monte edilmiş olan iki adet bilye teker bulunmaktadır. Ayrıca bu katta robot kolun kontrolünü sağlayan motor sürücülerde yer almaktadır.

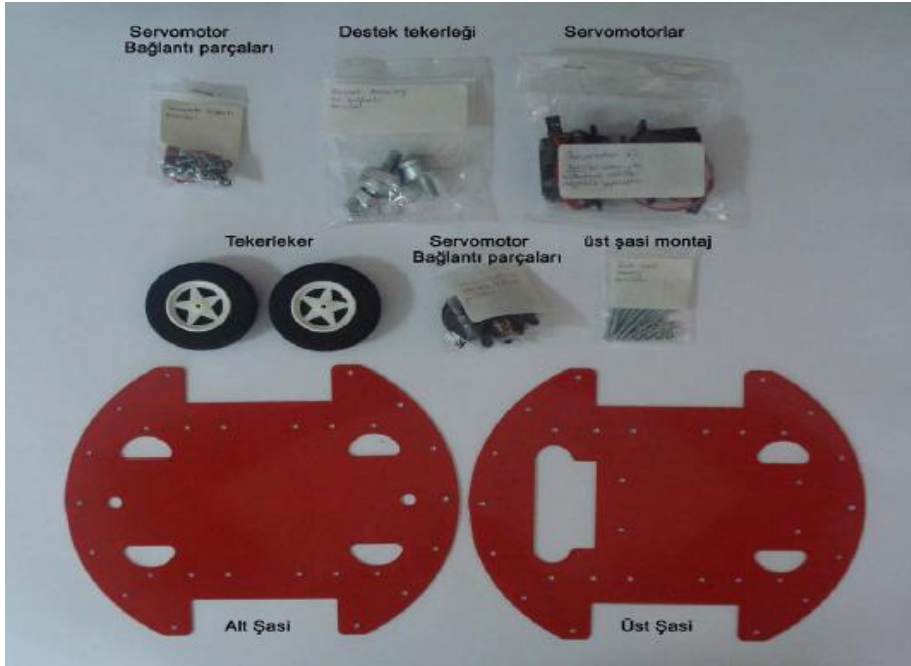
Gezgin robotun ikinci katında ise Robotsan firmasının üretmiş olduğu PIC 18F2550 mikrodenetleyici tabanlı iBox adı verilen akıllı kutu bulunmaktadır. iBox'a motor sürücüler, sensörler ve kullanılan devre elemanları bağlanmıştır. Yine ikinci katta gezgin robotu ve robot kolu besleyen piller (6xAA) ve pil yuvası bulunmaktadır.

Gezgin robotun üçüncü katında ise, üzerinde yapısal değişiklikler yapılarak kullanılan MR-999 isimli robot kol bulunmaktadır. Bu kolun standart hali kablolu kumandalı iken sistemimizle uyumlu çalışması için iBox'a bağlantısı yapılmıştır. Bunun için kontrol kumandası ve devresi sökölüp sistemimizle uyumlu hale getirilerek iBox'a bağlantısı yapılmıştır. Şekil 2.1.'de sistemin basitleşmiş diyagramı verilmiştir.



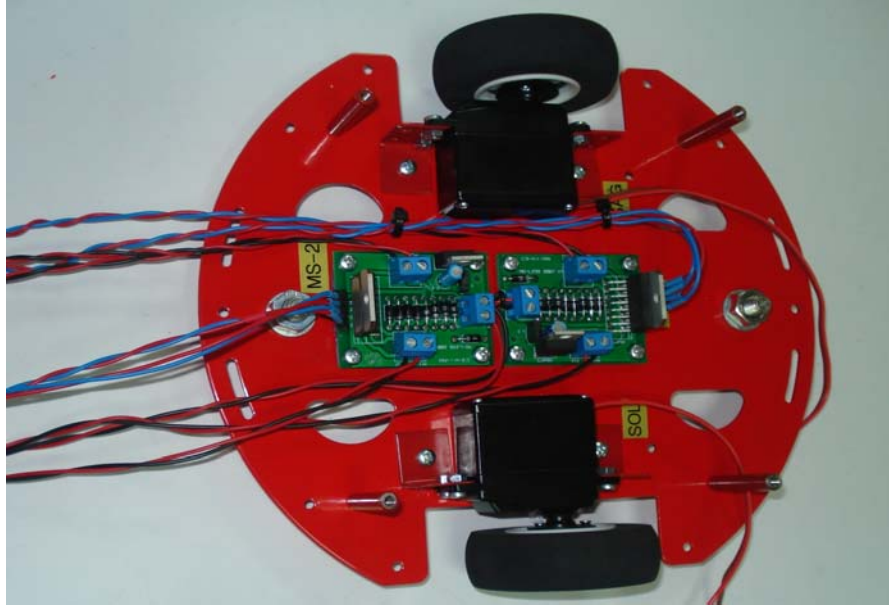
Şekil 2.1. Tasarlanan gezgin robotun basitleştirilmiş diyagramı.

Gezgin robot kısmında kullanılan parçalardan bir kısmı Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Gezgin robot kısmını oluşturan parçalar [39].

Gezgin robotun birinci katında bulunan elemanların monte edilmiş şekildeki görünümü Şekil 2.3.'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Gezgin robotun 1.katını oluşturan motor sürücüler ve servo motorlar

Gezgin robotun ikinci katında iBox ve pil bloğunun yanı sıra konum algılama ve yumurtanın yerini tespit etmede kullanılan IR (kızılötesi) sharp marka sensörlerden üç tanesi bu katın ön kısmına monte edilmiştir.



Şekil 2.4. Gezgin robotun ikinci katına monte edilen sensörler ve iBox

Sistemin son katı, MR-999 robot kolunun montajının yapıldığı platformdur. Robot kol üzerinde gerekli bağlantılar yapılarak, PIC 18F2550 mikrodenetleyici tabanlı iBox'a

bağlanmıştır. Bu sayede gezgin kısım ile robot kol eş zamanlı çalışacak hale getirilmiştir. Robot kol'un motorlarının kontrolü için L298 entegresine göre tasarlanmış birinci katta bulunan motor sürücüler ile bağlantıları yapılmıştır. Böylece, standart hali kumandalı olan MR-999 robot kolun, kumandasız olarak, gezgin kısımla uyumlu bir şekilde PIC mikro denetleyici kontrolünde çalışması sağlanmıştır. Beş eksenli robot kolunun iBox'taki yetersiz portlardan dolayı sadece üç eksenli kullanılabilmektedir. Robot kolun yumurta gibi hassas ürünleri tutması ve taşıması için parmakları arasına mikro anahtar eklenmiş ve bu sayede robotun yumurtayı hassas bir şekilde kırmadan tutması sağlanmıştır. Şekil 2.5.'te robot kolun standart hali ve sistemimize uyarlanmış halinin resimleri verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 2.5. a) MR-999 robot kol'un standart durumu. b) Gezgin robot ile bütünleştirilmiş durumu.

2.2.1.1. MR-999 Robot Kolda Yapılan Yapısal Değişiklikler

MR-999 robot kol Elekit EK Japan Co., Ltd. [9] şirketi tarafından motor kontrolü kablolu kumandaya sahip bir şekilde üretilmiştir. Ancak kendi sistemimizde kullanabilmek için robot kolun motor kontrol kısmı motor sürücülere bağlanmış ve robot kolun güç kaynağı olarak gezgin robot ile ortak bir şekilde kullanabileceği pillere bağlanmıştır. Ayrıca tutucu kısmın (gripper) hassaslığı açısından parmaklar arasına mikro anahtar yerleştirilmiş ve bu sayede cisim tutulduğu anda tutucu kısmın motoru durdurulmuştur. Şekil 2.6.'da mikro anahtarın yerleştirilmiş hali verilmiştir.



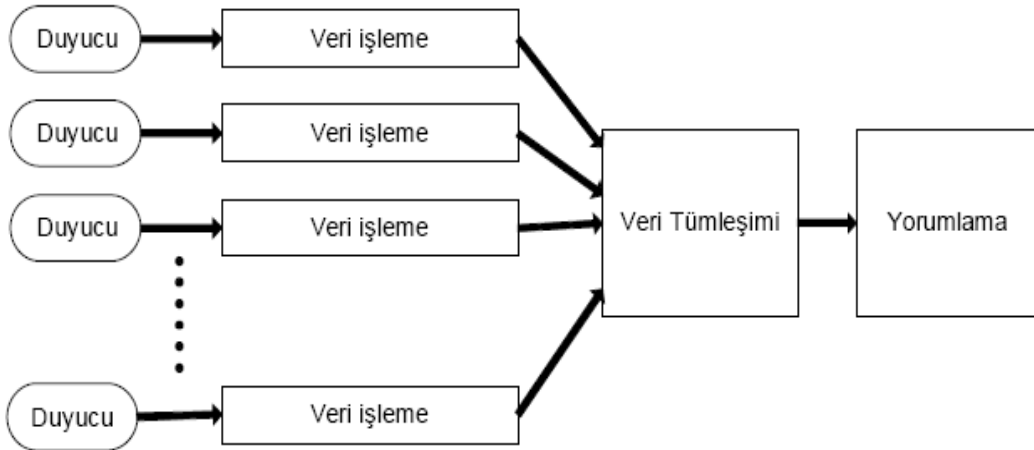
Şekil 2.6. Mikro anahtar yerleştirilmiş gripper(tutucu parmak) kısmı

2.2.1.2. Sistemde Engel ve Cisim Algılama Amaçlı Kullanılan Kızılötesi Algılayıcılar

Gezgin robotun geniş bir alanda görev yapmasının amaçlanması ve robot tarafından taşınması gereken cisimlerin farklı yerlerde bulunabilmesi tasarımda önemli zorluklara sebebiyet vermektedir. Bir cismin algılanması ve bulunması için endüstride geliştirilmiş farklı algılayıcılar mevcuttur. Ultrasonic algılayıcıların kullanılması durumunda ortamdaki cisimlerden yansıyan sinyaller algılamada hataya neden olabilmektedir. Diğer taraftan kamera kullanılması durumunda ise elde edilen görüntüyü işlemek için mikrodenetleyici yerine mikroişlemci kullanıma gerek duyulmakta ve bu yüzden sistemin maliyetinin artmasının yanında başka araçlara ve daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntülerin işlenmesi zaman açısından da bir maliyete sebep olacağından gerçek zamanlı (*real time*) çalışmalarda önemli zorluklar doğuracaktır [4,5].

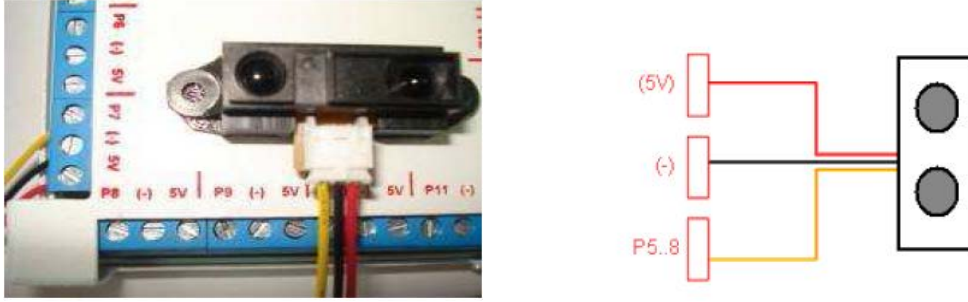
Kızılötesi veya Optik algılayıcılar, endüstride ve çeşitli robotik sistemlerle cisimlerin algılanmasında kullanılmaktadır. Ekonomik olmasından dolayı, uzaklık ölçmede kızılötesi (IR) algılayıcılar günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. IR algılayıcılar ile ölçülebilen mesafe, 10cm ila 80cm arasında değişebilir. Bu algılayıcılar yardımıyla bir nesnenin varlığı veya robota göre uzaklığı, IR uzaklık ölçme birimindeki fotodiyotun yaydığı kızıl ötesi ışık hüzmesinin geri yansırken algılayıcı üzerinde oluşturduğu üçgenin açısının değişmesine göre ölçülür. Kızılötesi algılayıcıların çalışma yapısı Bölüm 1.4.3.2.2’de detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Gezgin robotlarda algılayıcılardan tek bir tane kullanmak ortamın tam ve güvenilir bir şekilde algılanmasına yeterli gelmez. Bu durumda veri tümleşimi kavramı ortaya çıkar. Bu kavram çok sayıda algılayıcıdan gelen verileri birleştirerek, tek bir algının elde edilmesi işlemini sağlar [6]. Şekil 2.7.'de veri tümleşimi işlemi şema halinde gösterilmiştir. Oluşturmuş olduğumuz gezgin robot sisteminde dört adet sharp marka GP2Y0A21YK0F kızılötesi algılayıcı kullanılmıştır [40].



Şekil 2.7. Veri tümleşimi işlemi [6].

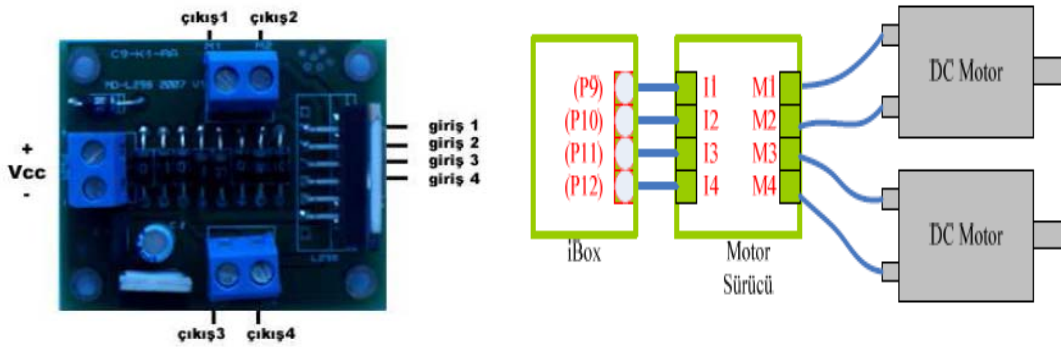
Sistemimizde kullanmış olduğumuz algılayıcıların Şekil 2.8.'deki gibi iBox'a bağlantısı yapılmıştır. Kızılötesi algılayıcıların çıkış tipi analog olduğu için iBox'ın P5-P8 arasındaki bağlantıları kullanılmıştır. P9-P16 arasındaki bağlantılar ise sayısal tipteki algılayıcıların bağlantısı için kullanılabilir. Sharp marka IR algılayıcının üç çıkışı vardır. +5v'luk besleme kablosu kırmızı renkte, sarı renkteki sinyal kablosu ve siyah renk ise topraklama kablosudur. Bu kabloların bağlantıları iBox'a uygun şekilde yapılmıştır.



Şekil 2.8. Uzaklık algılayıcının iBox'a bağlantı şekli [39].

2.2.1.3. Robot Koldaki DC Motorların Kontrolü İçin Kullanılan Motor Sürücüler

Robot kolda bulunan DC motorları kontrol etmek için, L298 entegre tabanlı RS-MD02 kullandık. Dört kontrol hattı ile tek motor sürücüsünde iki DC motoru kontrol edebiliyoruz. Bunun için Şekil 2.9.'da verilen bağlantıları yapmamız gerekiyor. İBox'ın P9-P16 arasındaki sayısal çıkışlar kullanılarak harici motor sürücü devreler yardımıyla 600mA veya 2A limitine kadar çok farklı tipte motorlar kontrol edilebilmektedir.



Şekil 2.9. RS_MD02 motor sürücü bağlantı şekli [39].

2.2.2. Tasarlanan Gezgin Robot için Gerçeklenen Yazılım

Gezgin Robot Sistemin yazılımının geliştirilmesinde, Robotsan firmasının üretmiş olduğu rsBasic tabanlı iDea [41] isimli editörden yararlanılmıştır. Bu amaçla, iDea'da yazılarak derlenmiş olan programlar, iBox'ın USB arabirimi sayesinde PIC 18F2550'ye yüklenmiştir. Gerçeklenen yazılımı üç alt grupta inceleyebiliriz. Bunlar cisimlerin

algılanması, alınan değerlere göre gezgin robotun yönlendirilmesi ve yeri tespit edilen cisim robot kol sayesinde kavranarak tutulması şeklindedir.

2.2.2.1. Ortamdaki Cisimlerin Gerçeklenen Yazılım ile Algılanması

Algılayıcıların ürettikleri analog çıkışlar, Analog Dijital Dönüştürücü (ADC) kullanılarak sayısal olarak dönüştürülür. Algılayıcılar 0-5V analog çıkış değeri ürettikleri için bu çıkışların kuantalama seviyeleri 5V/1024 'tür. Tablo 2.1.'de verilen listede algılayıcıların ürettikleri çıkış değerleri ve bu çıkış değerlerine karşılık ölçülen uzaklıkları değerleri verilmiştir. Algılama işleminde kullanılan Sharp marka GP2Y0A21YK0F kızılötesi (IR) sensörler, tasarlanan sistemin gezgin platform kısmına monte edilmiştir. Alt kısımda üç adet ve üst kısımda bir adet olmak üzere toplam dört adet kullanılmıştır. Gerçeklenen yazılımla algılayıcılardan veriler okunarak gezgin platformun yönlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Tablo 2.1.'de algılayıcılardan okunan verilerin santimetre türünden uzaklıkları verilmiştir.

Tablo 2.1. Algılayıcıların ürettiği analog çıkışların sayısal karşılığı ve cm türünden uzaklıkları

UZAKLIK TABLOSU	
Sayısal Değer (1024)	Cm Türünden Karşılığı
490	10
180	28
150	35
72	70

2.2.2.2. Gezgin Robotun Gerçeklenen Yazılım ile Hedef Cisme Yönlendirilmesi

Gezgin robotun yönlendirilmesi esnasında kullanılan temel yöntemler şunlardır. Birincisi karşılaşılan nesnenin duvar olup olmadığının anlaşılması; bu durumu anlayabilmek için tüm robot üzerindeki tüm algılayıcılar kontrol edilmiştir, eğer tüm algılayıcılardan gelen veriler eşit ise bunun bir duvar olduğu anlaşılmış ve gezgin robotun geri gelmesi ya da biraz sağ tarafa yönlendirilerek duvardan kurtulması sağlanmıştır.

İkinci durum; karşılaşılan nesnenin yumurta olup olmadığının anlaşılması durumudur. Bu durumda ise altta bulunan üç algılayıcı ortalama yumurta boyutuna göre ayarlanmış ve eğer bu boyutlarda bir nesne ile karşılaşırsa ve bu nesnenin yumurta veya bu ebatlarda bir cisim olduğu robot tarafından algılanarak gezgin robotun cismin tam ortasında durması ve robot kol tarafından tutulması yazılım ile sağlanmıştır.

Üçüncü durum ise; robot kol tarafından tutulan nesnenin ya da yumurtanın, toplama amaçlı olarak kullanılacak olan depolama alanına bırakılması durumudur. Bu durumda depolama amaçlı kullanılan kutunun fiziksel özelliğinden faydalanılmıştır. Depolama amaçlı olarak kullanılan kutunun alt kısmı ince ayaklardan oluştuğu için, alt kısımdaki algılayıcılar yeterli değeri üretemez, yani algılayıcılar gezgin robotun önünün boş olduğunu belirtmiş olur. Fakat üst kısımda bulunan dördüncü algılayıcı, gezgin robotun önünde bir engel olduğunu gösteren sinyaller üretiyorsa, bu durumda üst kısımda bulunan algılayıcı sayesinde kutunun kenar kısmından gelen veriler okunmuş ve bu sayede depolama alanı olarak kullanılacak kutunun yeri robot tarafından tespit edilmiş olmaktadır. Gerçeklenen yazılım sayesinde, depolama alanını algılayan gezgin robot, depolama alanına belirli bir mesafede durarak, robot kol tarafından tutulmuş olan yumurtanın ya da nesnenin kutuya bırakılması sağlanmış ve görev tamamlanmış olmaktadır.

2.2.2.3. Gezgin Robot Üzerine Monte Edilen Robot Kol İçin Gerçeklenen Yazılım

Robot Kol için hazırlanan yazılım iki temel aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama taşınması düşünülen hedef cismin gezgin robot tarafından yerinin tespit edilerek cisme uygun bir mesafede durulmasından sonra ortaya çıkan aşamadır. Bu aşamada ilk olarak robot kolun tutucu parmakları (gripper) yumurtayı kavrayacak şekilde açılır, daha sonra dik pozisyonda duran kol dirsekten aşağıya doğru eğilerek yumurtayı içine alacak şekilde uygun bir mesafede durur, sonrasında tutucu parmaklar arasında bulunan mikro anahtar devreyi kapatıncaya kadar parmaklar yumurtayı kavramaya çalışır. Bu kavrama esnasında mikro anahtarın hassasiyet oranından dolayı yumurta kırılmadan tutulmuş olmaktadır.

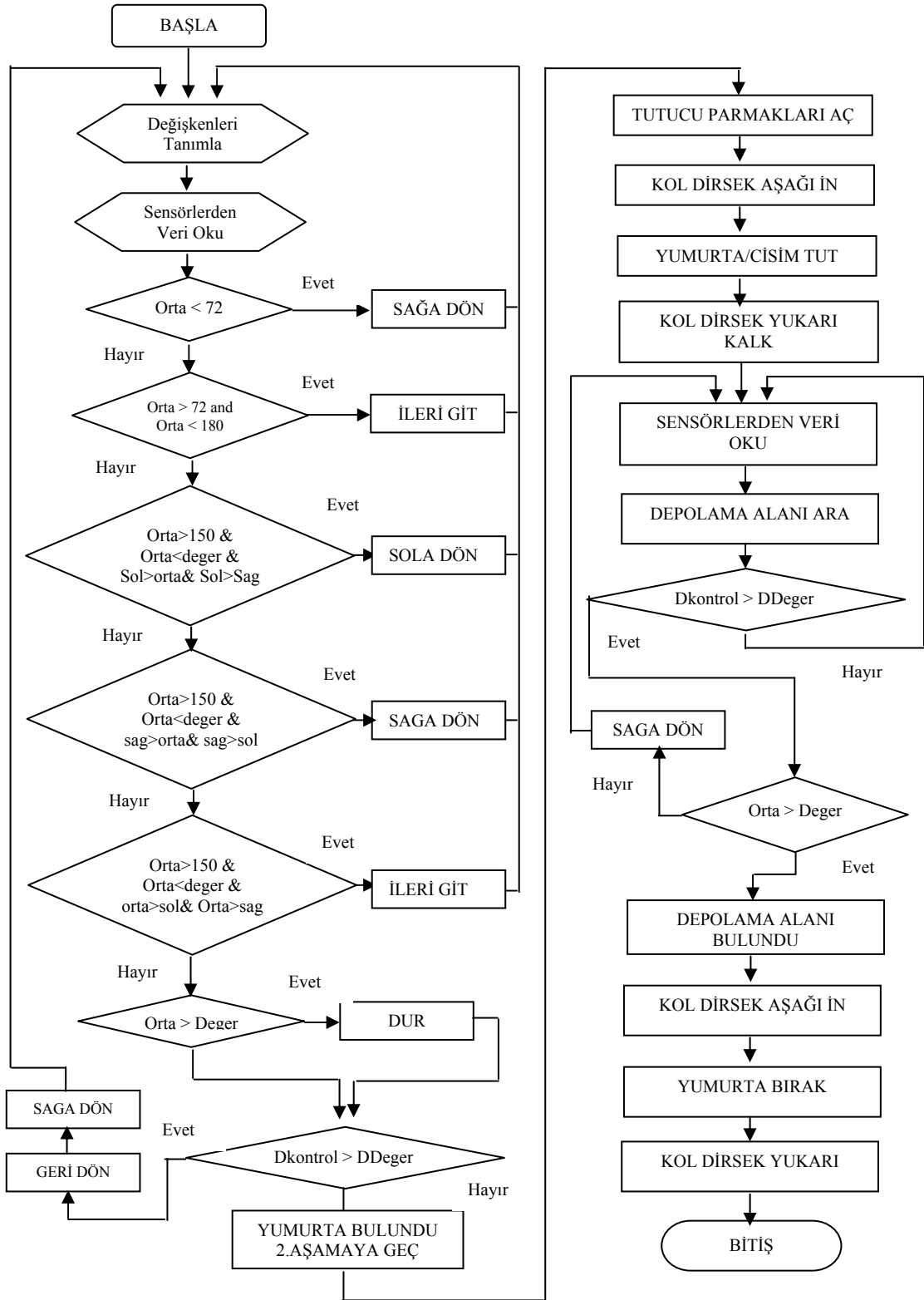
İkinci aşama ise tutulan yumurtanın depolama alanına bırakılması durumudur. Bu durumda gezgin robotun depolama alanına uygun bir mesafede durdurulması sağlanmıştır. Gezgin kısım durdurulduktan sonra, yumurtayı yüksek bir mesafeden bırakmamak için robot kolun dirsekten aşağıya doğru eğilmesi sağlanmış ve depolama kutusunun zeminine yakın bir yerde tutucu parmakların açılması sağlanmıştır. Tutucu parmaklar arasında

bulunan yumurta tutucu parmakların gevşemesi ile yumurtanın bırakılması işlemi de tamamlanmış olmaktadır. Ayrıca sistemde kullanılan algılayıcılara yazılımda verilen değişken isimleri Tablo 2.2.'de verilmiştir. Bölüm 7.EKLER kısmında kodlardan örnekler verilmiştir.

Tablo 2.2. Sistemde kullanılan sensörlere yazılımda verilen isimler.

Sensörün Robot Üzerindeki Konumu	Yazılımdaki Değişken Adı
Üst Sensör	Duvar Kontrol
Alt Sağ Sensör	Sag
Alt Sol Sensör	Sol
Alt Orta Sensör	Orta

Tablo 2.2.'de akış diyagramında da kullanılan algılayıcıların isimleri verilmiştir. Bu sayede algılayıcılardan gelen veriler okunarak sistem yazılım sayesinde kontrol edilmiştir. Gezgin robot sistem ve robot kol için geliştirilen programın akış diyagramı Şekil 2.10.'da verilmiştir.



Şekil 2.10. Engel, yumurta algılama ve taşıma için geliştirilen yazılımının akış diyagramı.

3. TARTIŞMA

Yapılan çalışmanın, literatür incelendiğinde robotik alanında ileri düzey çalışmalar yapan ülkelerin standartlarına uygun olduğu ve çalışmanın gezgin robotlara endüstriyel alanda farklı bir işlev kazandırılması sağlanmıştır. Japon Endüstrisi Robot Birliği'nin (Japanese Industrial Robot Association-JIRA) standardında 6. Sınıf yani Akıllı Robot (Intelligent Robot) tanımlamasına uygunluğu, aynı şekilde Amerika Robotik Enstitüsü'nün (The Robotics Institute of America – RIA) 4.sınıf standardına uygun olduğu ve yine Fransız Sanayi Robotları Birliği'nin (The Association Française de Robotique – AFR) TİP D sınıfına uygun olduğu yani çevresinden edindiği bilgiler vasıtasıyla hareketini yönlendirebilen, programlanabilir, devamlı veya noktadan-noktaya yörüngeli robotlar sınıfına uygun olduğu görülmektedir.

Şuana kadar yapılan çalışmaların genelinde Robot Kol ve Gezgin Robotlar iki ayrı konu olarak ele alınmıştır. Robot Kol ile yapılan uygulamalar sabitlenmiş platformlarda kullanılmıştır. Yapmış olduğumuz çalışma ile Gezgin Robot'a eklediğimiz “Robot Kol” sayesinde, Gezgin Robotlara etkili ve kullanım alanı çok geniş olan bir özellik katılmıştır. Yine Robot Kol'a eklemiş olduğumuz “mikro anahtar” sayesinde, yumurtanın robot kolun tutucu parmakları tarafından kırılmadan tutulması sağlanmıştır.

Kızılötesi (IR) algılayıcı, cisim ve konum algılama yeteneği açısından, farklı Işık düzeylerine sahip ortamlarda test edilmiştir. Aşırı güneş ışığına maruz kalan ortamlarda, robotun, yumurta önünde istenilen mesafede durmada farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, IR algılayıcısının, farklı renklerdeki cisimlerden farklı değerlerde yansıma aldığı için, özellikle koyu renkli cisimleri geç algıladığı ve dolayısıyla robotun durması gereken mesafeden daha yakında durduğu görülmüştür.

Gerçeklenen sistemdeki robot kolda denetimi oldukça zor olan “DC Motor” kullanılmasına rağmen kolun, istenen hareketleri en uygun biçimde yapması ve kolun tutucu kısmının en uygun şekilde açılıp kapanması gerçekleştirilen yazılımla sağlanmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmayla gezgin robotlara endüstriyel alanda farklı bir işlevin kazandırılması amaçlanmıştır ve ortaya konulan tasarım ile bu sağlanmıştır. Bu amaçla çiftlik ortamında yumurta toplayan bir gezgin robotun tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu robot, gezgin kısım, yumurta toplayan kol ve algılayıcı sistemlerden oluşmaktadır. Bu uygulamada yumurtanın IR algılayıcılar vasıtasıyla algılanması, robot kolun tutucu parmakları ile kavranması ve gezgin birimle taşınması sağlanmıştır. Algılayıcılar ayrıca belli bir mesafedeki engelleri algılayarak, oluşturulan yazılım sayesinde bu engellerden başarı ile kurtulabilmektedir. Yine algılayıcılardan alınan veriler kullanılarak robot kolun tutucu parmakları tarafından kavranan yumurtanın taşınacağı depolama kutusunun algılanması sağlanmıştır.

Gerçeklenen gezgin robotun ortamda engellere takılmadan rahatlıkla arama yapılabildiği, duvarlara çarpmadan yumurta şeklindeki veya aynı ebatlardaki cisimleri arayarak bulduğu ve bu yumurtaları kırmadan başarılı bir şekilde kavradığı görülmüştür. Daha sonra robot kol tarafından tutulan bu yumurtalar, ortamda farklı alanlarda konumlandırılmış 10cm yüksekliğindeki kutuya başarı ile bırakılmıştır.

Algılamada kullanılan sharp marka IR sensörlerden dört adet kullanılmasına rağmen, hareket kabiliyetinin hassas olmasına aşırı ihtiyaç duyulan yerlerde yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu çalışmanın bazı özellikleri geliştirilerek, günlük yaşamımızın her alanında insan sağlığını olumsuz etkileyecek maddelerin taşınması mümkün olabilecektir. Yaşam kalitesini artırma amaçlı olarak farklı görevler üstlenebilecek yapıdadır.

5. ÖNERİLER

Gerçeklenen bu çalışma ile “Avrupa Birliğinde Yumurta Pazarlama Standartları” çerçevesince belirlenen üç farklı yumurta üretim çiftliğinden biri olan “Serbest Yetiştirme” tipindeki çiftliklerde yumurtanın robotla taşınması amaçlanmıştır. Geliştirilen robotun, bazı özelliklerinin iyileştirilmesi ile bu tip çiftliklerde pratik olarak kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Ayrıca taşınması insan sağlığı açısından tehlike arz eden tıbbi atıklar, kimyasal ve radyoaktif maddeler gibi nesnelere, taşınması tasarlanan robot üzerinde fiziksel bazı özelliklerinin değiştirilmesi ile mümkün olabilecektir.

Yapılan çalışma sonucunda kızılötesi algılayıcıların bazı avantaj ve dezavantajları olduğu görülmüştür. Dezavantaj olarak ortamdaki ışık yoğunluğuna bağlı olarak sensörlerden gelen verilerin değişkenlik gösterdiği görülmüş ve bu yüzden robotun yerini tespit ettiği yumurtaya durduğu uzaklık ışık yoğunluğuna göre bazen farklılık göstermiştir. Diğer taraftan kızılötesi algılayıcıların alternatifi olarak ultrasonik algılayıcılar düşünüldüğünde bu tip algılayıcıların da rüzgâr durumunda, ses yansıtma özelliği olmayan nesnelere ve cismin renginin önemli olduğu durumlarda yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu nedenlerden dolayı, robotik sistemlerde kızıl ötesi ve ultrasonik algılayıcıların ihtiyaca ve ortama göre birlikte kullanılması bazı durumlarda daha iyi sonuçlar verebilir. Buna ek olarak robotun kullanılacağı ortam değişkenlik göstermeyecekse kızılötesi ya da ultrasonik algılayıcılardan ortama uygun olan tek başına tercih edilebilir.

Tasarlanan sistemde kullanılan kızılötesi algılayıcıların sayılarının artırılması gezgin robota olumlu yönde katkı sağlayacaktır. Özellikle taşınması düşünülen cisme göre gezgin robotun uygun pozisyonu almasında yaşanan sıkıntıları azaltabilecektir. Diğer taraftan robot kolda, tutucu parmakların kavrama yeteneğini artırmak için tutucu (gripper) kısmına ilave parmakların eklenmesi tutma hareketi esnasında meydana gelen kaymaları önlemede yardımcı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Yılmaz N., Sağıroğlu Ş., ve Bayrak M., Genel Amaçlı Web Tabanlı Mobil Robot (Sunar), Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 21, 4 (2006) 745-752.
2. Streim D., Robotics at Boston Dynamics, <http://www.bostondynamics.com/content/sec.php?section=robotics>, 21.10.2008
3. Parlaktuna, O., M. Özkan, ve A. Yazıcı., Kamera Yardımı ile Gezgin Robotun Çizgi Takibi Uygulaması, MDM 2004, 7. Ulusal Mekatronik Tasarım ve Modelleme Kongresi, 2004, Ankara, 33-38.
4. Berkay A., Şeker M., ve Esin M., Ultrasonik Sonar ile Mesafe ve Nesne Algılama, II. Otomasyon Sempozyumu, 2003, Manisa.
5. Joo C.K, Kim Y.C, Choi M.H, and Ryoo Y.J., Self Localization for Intelligent Mobile Robot Using Multiple Infrared Range Scanning System, International Conference on Control, Automation and Systems, Oct. 17-20, 2007 in COEX, Seoul, Korea
6. Özkan M., Farklı Özelliklere Sahip Gezgin Robot Grubunun Dağıtık Kontrolü, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2007.
7. Zhu W. H., and Schutter J. D., Experiment with two industrial robot manipulators rigidly holding an egg, Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Robotics & Automation, 16-20 May 1998, Leuven, Belgium, Vol 2- Page(s):1534 – 1539.
8. <http://www.robotsan.com.tr/products/?p=denetim&sub=1>, Robotik ve Mekatronik Teknolojileri (Robotsan), İbox Doküman, 11 Ağustos 2008.
9. http://www.elekit.co.jp/material/english_product_html/MR-999.php, Elekit Company, Japanese, 11.11.2008.
10. http://robot.cmpe.boun.edu.tr/593/history/1_Giri_c_s.html, Boğaziçi Üniversitesi Robot Sitesi, 23.02.2009.
11. Çiçek S., Renge Göre (Kırmızı, Yeşil, Mavi) Malzeme Taşıyan Robot Kolu Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
12. Bayrak A., Beş Eksenli Bir Robot Kolunun Simülasyonu ve Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
13. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bdergi/yeniufuk/icerik/robotik1.pdf>, Bilim ve Teknik Dergisi, 14.05.2009.
14. Bruno, S., Lorenzo, S., Luigi, V., and Giuseppe, O., Robotics Modelling, Planning and Control, Professor Michael J. Grimble, Professor of Industrial Systems and Director, Springer-Verlag London Limited, ISBN 978-1-84628-641-4, © 2009.

15. Bayram M. Z., Ultrasonik Mesafe Algılayıcıları ile Mobil Robot Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2006.
16. Ersöz H., Endüstriyel Robotlar ve Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
17. <http://robotics.megagiant.com/history.html>, Robotics Laboratory, 05.12.2008.
18. Niku, S. B., "Introduction to Robotics : Analysis, System, Applications, 1st ed.", Prentice Hall, New Jersey, 2-6, 11-15, 29-87, 186-193, 198-201, 210-212, 219-237, 2001.
19. Saygılı Ç., Scara Tipi Bir Robotun Tasarımı ve Animasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2006.
20. Kayman İ., Eğitim Amaçlı 3 Serbestlik Dereceli Bir Robotun Yapımı ve Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1996.
21. <http://www.mobilerobots.com>, Pioneer 3-DX tekerlekli robot, 23.12.2008.
22. <http://world.honda.com/ASIMO/>, Honda Motor, 21.01.2009.
23. <http://www.irobot.com>, IRobot Corporation, PackBot paletli robot, 23.01.2009.
24. <http://www.engin.umich.edu/research/mrl/urpr/Presentations/2005-06.pdf>,
25. <http://mechatronics.poly.edu>, Polytechnic Institute of Nyu, Six-legged Robot 23.01.2009
26. Hayashibe M., Suzuki N., Hashizume M., Konishi K., Hattori A. "Robotic surgery setup simulation with the integration of inverse-kinematics computation and medical imaging", Computer methods and programs in biomedicine, 83: 63–72, 2006.
27. Jakopec M., Baena F. R., Haris S. J., Gomes P, Cobb J. Davies B. L., "The Hands-On Orthopaedic Robot "Acrobot": Early Clinical Trials of Total Knee Replacement Surgery", IEEE Transactions On Robotics And Automation, 19(5):902-911, 2003.
28. Bozdemir M., Robot Sistem Elemanları ve Hareket Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 11-13, 17-32, 1996.
29. JAL ile PIC Programlama, Serkan AYYILDIZ, ALTAŞ Yayıncılık
30. Elektronik Hobi, Güçlü Tuğay, ALFA YAYINLARI
31. Eroğlu E., Gezgin Robotlarda Ultrasonik mesafe Algılayıcılarla Robot davranışlarının kontrolü ve Çevre Haritalama, Yüksek Lisans Tezi, Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2006.

32. Yalçın M.K., Mobil Robot Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde,2003.
33. <http://www.elektromed.com.tr/pdffosya/ultrasonik.pdf>, ELEKTROMED, 10.01.2009.
34. <http://www.robot.metu.edu.tr/dosya/sharp.pdf>, Odtü Robot Topluluğu, 27.12.2008
35. Kaya T., Boğaziçi Üniversitesi Robot Sitesi, Duyular ve Algılayıcılar. <http://robot.cmpe.boun.edu.tr/593/algilayicilar/index.html> 20.10.2008
36. http://www.societyofrobots.com/sensors_sharpirrange.shtml, Society of Robots, Sensors Sharp IR Range Finder. 20.11.2008.
37. Altınbaşak, O., Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama, İkinci Baskı, Atlas Yayıncılık, İstanbul, 2006.
38. <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010280>, Microchip Company, Datasheet PIC 18F2550, 12.03.2009.
39. www.robotsan.com.tr, Robotik ve Mekatronik Ltd.Şti, 10.10.2008
40. http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf, Sharp marka GP2Y0A21YK0F kızılötesi algılayıcı, 12.03.2009.
41. <http://www.robotsan.com.tr/products/?p=yazilim&sub=1>, ROBOTSAN, idea yazılımı, 29.01.2009.
42. Sungur H., (2008), Avrupa Birliğinde Yumurta Pazarlama Standartları, Erişim Tarihi(20.12.2008), <http://www.yum-bir.org/>

7. EKLER

Ek 1. Gezin Robot için Gerçeklenen Program Kodundan Örnekler

bastan:

'yumurta bulmaya yönelik program

symbol i=b0

symbol tutbut=pin2

symbol sol=w0 'değişkenleri atıyoruz

symbol orta=w1

symbol sag=w2

symbol deger=w3

symbol duvarkontrol=w4

symbol duvarDeger=w5

symbol dirsekSay=b13

symbol gripSay=b14

pause 5000

deger=490

duvarDeger=160

dirsekSay=50

gripSay=25

'çalışmaya başladığını anlamak için Led'i kırmızı yakıyoruz

low 17

high 18

'Sensörlerin algıladıkları değerleri okuyoruz

algi:

readadc 0, sol

pause 1

readadc 1, orta

pause 1

readadc 2, sag

pause 1

readadc 3,duvarkontrol

pause 1

if orta < 72 then

'70 cm'den yakında birşey göremiyorsan ara

forward a

backward b

pause 1

elseif orta > 72 and orta < 180 then

'75cm'den küçük birşey varsa 35 cm'ye kadar dümdüz git

```

    forward a
    forward b
    pause 1
elseif orta >150 and orta < deger and sol > orta and sol > sag then
'35 cm'den yakınsan artık yan sensörleri işin içine kat, sola yakınsa sola dön
    backward a
    forward b
    pause 1
elseif orta >150 and orta < deger and sag > orta and sag > sol then
,
    forward a
    backward b
    pause 1
elseif orta >150 and orta < deger and orta > sol and orta > sag then
    forward a
    forward b
    pause 1
elseif orta > deger then
    halt a
    halt b
    goto duvar
elseif duvarkontrol>duvarDeger then
duvar:
    if duvarkontrol>duvarDeger then
        backward a
        backward b
        pause 1000
        backward a
        forward b
        pause 1000
    else
        goto ikinciasama
    endif
'Yumurtaya yeteri kadar yaklaşınca almak için gerekli algoritmayı çalıştıracak.

```

```

endif
goto algi

```

ikinciasama:

```

gosub gripAc
gosub dirsekAsagi
gosub butonBas

```

```

'***** KUTUYU BUL, YUMURTAYI BIRAK*****
'Sensörlerin algıladıkları değerleri okuyoruz

```

```

algı2:
readadc 0, sol
pause 1
readadc 1, orta
pause 1
readadc 2, sag
pause 1
readadc 3,duvarkontrol
pause 1

```

```

if duvarkontrol > duvarDeger then
  if orta > duvarDeger then
    pause 120 'pause 120 denemesi yapalım
    forward a
    backward b
    pause 200

```

```

  else 'ÜSTÜ DOLU,ALTI BOŞSA
    halt a
    halt b

```

```

    pause 1000
    dirsekSay=30
    gosub dirsekAsagi
    gripSay=10
    gosub gripAc
    gosub dirsekYukari

```

```

    goto bitir
    'Bitir gidip biraz bekleyip tekrar aramaya başlayacak basa gidecek

```

```

  endif
else
  forward a
  forward b
  pause 1000
endif

```

```

goto algı2

```

```

gripAc:
for i=1 to gripSay
  low 9
  high 10
  pause 100
  low 9
  low 10

```

```
next  
return
```

```
dirsekAsagi:  
for i=1 to dirsekSay  
high 15  
low 16  
pause 100  
next  
low 15  
low 16  
pause 1000  
return
```

```
butonBas:  
if tutbut=0 then  
    goto dirsekYukari  
    'low 11  
else  
    gripKapat:  
    high 9  
    low 10  
    pause 1000  
    low 9  
    low 10  
    goto butonBas  
endif  
return
```

```
dirsekYukari:  
for i=1 to dirsekSay  
low 15  
high 16  
pause 100  
next  
low 15  
low 16  
return
```

```
bitir:  
pause 7000  
goto bastan
```

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Kütahya'da doğdu. İlk öğrenimini Kütahya Merkez Atatürk İlkokulunda orta öğrenimini Kütahya Kılıçarslan Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında mezun olduğu Bilgisayar Programcılığı bölümü sonrasında, 2001 yılı DGS (Dikey Geçiş Sınavı) ile Lefke Avrupa Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı ve 2004 yılında mezun oldu. 2005 yılında Muhabere Asteğmen olarak askerlik hizmetini tamamladı. Aynı yılın Aralık ayında Atatürk Üniversitesi Kelkit Aydın Doğan MYO'da Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Şuan Erzincan Üniversitesi Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve 1 çocuk babasıdır. Yabancı dili İngilizcedir.