



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ROBOTLAR VE UYGULAMALARI

Emrah OZAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Anabilim Dalı

Mart-2020
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Emrah OZAN tarafından hazırlanan "Robotlar ve Uygulamaları" adlı tez çalışması 13/03/2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

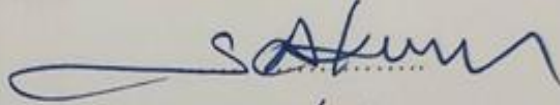
Başkan

Prof. Dr. Saadettin AKSOY



Danışman

Prof. Dr. Saadettin AKSOY



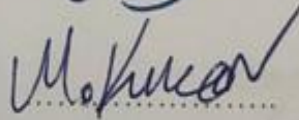
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hakan KIZMAZ



Üye

Dr. Öğr. Üyesi Melih KUNCAN



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sahnaz TIGREK
EBE Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Emrah OZAN

13/03/2020

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ROBOTLAR VE UYGULAMALARI

Emrah OZAN

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Saadettin AKSOY

2020, 113 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Saadettin AKSOY
Dr. Öğr. Üyesi Hakan KIZMAZ
Dr. Öğr. Üyesi Melih KUNCAN**

Bu çalışmada; Geçmişten günümüze gelişimini arttıran robotlaşma süreci araştırılmış, robotlar kullanım alanlarına göre incelenmiş, robotların parça ve mekanik yapıları araştırılmıştır. Sanayi alanında sıkça kullanılan paralel robot tipleri arasında yer alan delta robotların çalışma prensipleri incelenmiştir. Delta robotlarının çalışma koşullarına göre tasarlanması için kinematik hesaplamalar araştırılmıştır. Delta robotun katı modeli hesaplamalara göre tasarlanmıştır. Gerekli elektronik kartlar tedarik edildikten ve robot monte edildikten sonra delta robota ait örnek uygulamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Robotlar, Robotik, Paralel Robot, Delta Robot, Kinematik

ABSTRACT

MS THESIS

ROBOTS AND THEIR APPLICATIONS

Emrah OZAN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Saadettin AKSOY

2020, 113 Pages

Jury

Prof. Dr. Saadettin AKSOY

Asst. Prof. Dr. Hakan KIZMAZ

Asst. Prof. Dr. Melih KUNCAN

In this study; The robotization process, which has increased its development from the past to the present, has been researched, robots have been examined according to their usage areas and the parts and mechanical structures of the robots have been investigated. Working principles of delta robots, which are among the parallel robot types which are frequently used in the industrial field, have been examined. Kinematic calculations for the purpose of designing delta robots in accordance with the working conditions have been investigated. The solid model of the delta robot is designed in accordance with the calculations. After the necessary electronic cards were supplied and the robot has been assembled and sample applications of the delta robot were made.

Keywords: Robots, Robotics, Parallel Robot, Delta Robot, Kinematics

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca, ilgi, destek, bilgi-birikim ve sabrını benden esirgemeyen kıymetli danışman hocam sayın Prof. Dr. Saadettin AKSOY' a, tez süreci boyunca her türlü desteğini gördüğüm değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Melih KUNCAN' a, laboratuvar ortamında yanımda olan Arş. Gör. Necati DEMİR' e, kıymetli arkadaşım Hakan ALTAŞ' a, manevi desteklerini üzerimden esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Emrah OZAN
BATMAN-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. ROBOT KAVRAMI	9
3.1. Robot Nedir?	9
3.2. Robotik Nedir?	9
3.2.1. Dünya’da ve Türkiye’de Robotik	10
3.3. Robotların Tarihçesi	14
3.4. Robotların Sınıflandırılması	20
3.4.1. Sektörel Amaca Göre Robotlar	21
3.4.2. Hareket Durumlarına Göre Robotlar	22
3.4.3. Kontrol Yöntemlerine Göre Robotlar	24
3.4.4. Yeteneklerine Göre Robotlar	24
3.4.5. Güç Kaynaklarına Göre Robot Türleri	26
3.4.6. Kullanım Alanlarına Göre Robotlar	28
3.4.6.1. Endüstriyel Robotlar	28
3.4.6.2. Gezgin Robotlar	29
3.4.6.2.1. İnsansı Robotlar (Hümanoidler)	30
3.4.6.2.2. Çoklu Robotlar	32
3.4.6.2.3. Sürü Robotları	32
3.4.6.2.4. Mikro-Nano Robotlar	34
3.4.6.2.5. Biyo-İlhamlı Robotlar	35
3.4.6.2.6. İşbirlikçi Robotlar	35
3.4.6.3. Haptik Sistemler	36
3.5. Isaac Asimov’un Üç Robot Yasası	37
3.6. Robotların Temel İşlevleri	40
3.7. Robotların Bileşenleri	40
3.7.1. Yapısal Bileşenler	41
3.7.1.1. Yapısal Bileşenlerin Görevleri	42
3.7.2. Mekanik Hareket / Eylem Bileşenleri	43
3.7.2.1. Mekanik Bileşenlerin Görevleri	43
3.7.3. Montaj Bileşenleri	43
3.7.3.1. Montaj Bileşenlerinin Görevleri	44
3.8. Robotlar Nasıl Çalışır?	44
3.9. Robotların Tasarımlarındaki Önemli Hususlar	46

3.10. İnsan ve Robot Etkileşimi	47
3.11. Robotik Sistemlerin Geleceği	47
4. ENDÜSTRİYEL ROBOT SİSTEMLERİ	50
4.1. Eksen Sayıları	51
4.2. Alet Yönlendirme	51
4.3. Serbestlik Derecesi	53
4.4. Endüstriyel Robotların Avantajları ve Dezavantajları	54
4.5. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması	56
4.5.1. Kartezyen Robotlar	56
4.5.2. Silindirik Robotlar	56
4.5.3. Küresel Robotlar	57
4.5.4. Mafsallı Robotlar	58
4.5.5. Scara Robotlar.....	58
4.6. Seri ve Paralel Manipülatörler	59
4.6.1. Seri Manipülatörler	59
4.6.2. Paralel Manipülatörler	59
4.6.3. Seri ve Paralel Manipülatörlerin Karşılaştırılması.....	60
4.7. Delta Robotlar	61
4.7.1. Delta Robotların Kullanım Alanları	63
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	66
5.1. Kinematik Tasarım	67
5.1.1. Robotların İleri Yön Kinematığı	67
5.1.1.1. Eklem Değişkenlerinin Belirlenmesi	67
5.1.1.2. D-H (Denavit-Hartenberg) Yöntemi.....	67
5.1.1.3. Koordinat Sistemlerinin Eklemlere Yerleştirilmesi.....	68
5.1.1.4. Robot Kinematığı Çıkarılırken Uygulanması Gereken Kurallar	69
5.1.2. Robotların Ters Kinematığı	70
5.1.2.1. Ters Kinematik Problemler.....	70
5.2. Delta Robot Kinematığı	71
5.3. Serbestlik Derecesinin Hesaplanması	76
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	78
6.1. Delta Robota İlişkin Test Yazılımları Akış Diyagramları	80
6.1.1. Kolların Merkezden Maksimum Uzaklıklarının Gerçekleştirilmesi	80
6.1.2. Robota İlişkin Kolların Dört Farklı Yere Konumlandırılması.....	82
6.1.3. Örnek Uygulama.....	83
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	86
KAYNAKLAR	87
EKLER	95
ÖZGEÇMİŞ	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Mekatronik Mühendisliği Araştırma Alanları	1
Şekil 3.1. Otomobil Üretim Fabrikası	11
Şekil 3.2. Küresel Robot Piyasası.....	12
Şekil 3.3. 2016 Yılı Ülkelere Göre Robot Yoğunluğu	13
Şekil 3.4. Ülkeler Bazında Robot Kurulum Sayısı	14
Şekil 3.5. Çek Oyun Yazarı Karel Capek	15
Şekil 3.6. Karel Capek' in Oyunundaki Robot	15
Şekil 3.7. El Cezeri' nin Abdest Alma Makinesi	16
Şekil 3.8. Işığa Duyarlı İlk Otonom Robot Elsie.....	17
Şekil 3.9. 6 Eksenli İlk Yapay Kol Rancho	18
Şekil 3.10. İnsansı Robot Wabot 2	19
Şekil 3.11. İlk Sosyal Robot Aibo	19
Şekil 3.12. Sabit Robot Örnekleri.....	23
Şekil 3.13. Paletli Mobil Robot Örnekleri	23
Şekil 3.14. Kaynak Robotu.....	24
Şekil 3.15. Servo Motorlu Engelden Kaçan Robot	26
Şekil 3.16. Pnömatik Pantolon Şişirme Robotu	27
Şekil 3.17. Dört Bacaklı Hidrolik Robot	28
Şekil 3.18. Scara Robot Uygulama Örneği.....	29
Şekil 3.19. SDR-4X	30
Şekil 3.20. ASIMO	31
Şekil 3.21. Türkiye'nin İlk İnsansı Robotu SURALP.....	32
Şekil 3.22. Kilobot İsimli Robot Topluluğu	33
Şekil 3.23. Kilobotların Birleşerek Oluşturdıkları Denizyıldızı	33
Şekil 3.24. Medikal Nano Robotlar	34
Şekil 3.25. Balık Robot.....	35
Şekil 3.26. İşbirlikçi Endüstriyel Robotlar	36
Şekil 3.27. Doktor Adayları İçin Yapılan Haptik Sistem Simülasyonu	36
Şekil 3.28. TeslaSuit Giysisi.....	37
Şekil 3.29. Isaac Asimov	38
Şekil 3.30. Asimov' un Ben Robot İsimli Kitabı	38
Şekil 3.31. Robotların İşlev Şeması.....	40
Şekil 3.32. İnsan ve Robot Arasındaki Benzer Uzunluklar	41
Şekil 3.33. Şase Örnekleri	41
Şekil 3.34. Mekanik Kol ve Aktüatör Örnekleri	42
Şekil 3.35. Tekerlekli Robotun Eklemelerle Ayaklı Robota Dönüştürülmesi	42
Şekil 3.36. Paletli ve Ayaklı Mekanik Bileşen Örnekleri.....	43
Şekil 3.37. Çeşitli Montaj Bileşenleri.....	44
Şekil 3.38. CNC Ahşap İşleme Makinesi	45
Şekil 3.39. Çeşitli Sensörler	45
Şekil 3.40. İnsan-Robot İş Birliği	47
Şekil 3.41. İnsansı Robot NAO	48
Şekil 4.1. Endüstriyel Robot Sistemi.....	50
Şekil 4.2. Robot Bilek Hareketleri.....	52
Şekil 4.3. 3 (Üç) Eksenli Robot Örneği.....	53
Şekil 4.4. 4 (Dört) Eksenli Scara Robot	54
Şekil 4.5. Endüstriyel Robot Otomasyonu	55

Şekil 4.6. Kartezyen Robot Çalışma Alanı.....	56
Şekil 4.7. Silindirik robotun Çalışma Alanı	57
Şekil 4.8. Küresel Robot Çalışma Alanı.....	57
Şekil 4.9. İnsan Kolu İle Mafsallı Robot Kolunun Çalışma Alanı	58
Şekil 4.10. Scara Robot Çalışma Alanı	59
Şekil 4.11. Delta Robotun Mekanik Yapısı.....	62
Şekil 4.12. Delta Robotu Oluşturan Kısımların Şematik Gösterimi.....	63
Şekil 4.13. Paketleme Yapan Delta Robot	64
Şekil 4.14. Cerrahi Uygulamalarda Kullanılan Delta Robot	65
Şekil 4.15. Elektronik Devre Kartı Hazırlayan Delta Robot	65
Şekil 5.1. Sketchup Programında Çizilen Robotun Katı Modeli.....	66
Şekil 5.2. Eklem Değişkenlerinin Gösterimi	68
Şekil 5.3. İleri ve Ters Kinematik Problemin Şematik Gösterimi.....	70
Şekil 5.4. Delta Robot Orijinal tasarımı	71
Şekil 5.5. Delta Robot Ticari Tasarımı.....	72
Şekil 5.6. Delta Robot Şematik Gösterimi	72
Şekil 5.7. Delta Robot Kinematik Diyagramı.....	73
Şekil 5.8. Sabit Platformun Geometrik Gösterimi.....	73
Şekil 5.9. Hareketli Platformun Geometrik Gösterimi	74
Şekil 6.1. Prototipi Gerçekleştirilen Delta Robot	78
Şekil 6.2. Sabit Platforma Yerleştirilen Elektronik Kartlar ve Motorlar.....	79
Şekil 6.3. Kolların Merkezden Maksimum Uzaklıklarını Gerçekleştiren Programın Akış Diyagramı	80
Şekil 6.4. Robota İlişkin Kolları 4 (Dört) Farklı Yere Konumlandıran Programa İlişkin Akış Diyagramı.....	82
Şekil 6.5. Uygulamanın Şematik Diyagramı	83
Şekil 6.6. Uygulamaya İlişkin Programın Akış Diyagramı.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Dünya’da Önde Gelen Endüstriyel Robot Üreticileri ve Ar-Ge Verileri ...	11
Çizelge 3.2. Google Tarafından Satın Alınan Bazı Robotik Firmaları	12
Çizelge 4.1. Endüstriyel Robot Eksenleri.....	51
Çizelge 4.2. İnsan Elinin Hareket Durumları	52
Çizelge 4.3. Seri ve Paralel Robotların Karşılaştırılması	60
Çizelge 5.1. D-H Değişkenlerinin Belirlenmesi	69
Çizelge 5.2. Semboller ve Anlamları.....	74
Çizelge 5.3. Kutzbach Denklemi Parametreleri	76

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a_{i-1}	: İki eksen arasındaki bağ uzunluğu
B	: Sabit platforma ait eklem noktası
d_i	: Çakışan bağların arasındaki eklem kaçıklığı
h	: İki uzuv arasındaki mesafe
I	: Alt bacak uzunluğu
J_1	: Tek eksenli eklem sayısı
J_2	: İki eksenli eklem sayısı
J_3	: Üç eksenli eklem sayısı
L	: Üst bacak uzunluğu
M	: Serbestlik derecesi
N	: Toplam uzuv sayısı (platformlar dahil)
P	: Hareketli platforma ait eklem noktası
s_B	: Sabit platforma ait eşkenar üçgenin bir kenarı
s_P	: Hareketli platforma ait eşkenar üçgenin bir kenarı
u_B	: Sabit platformun orta noktasının köşegene olan uzaklığı
u_P	: Hareketli platformun orta noktasının köşegen olan uzaklığı
w_B	: Sabit platformun orta noktasının üçgenin bir kenarına olan uzaklığı
w_P	: Hareketli platformun orta noktasının üçgenin bir kenarına olan uzaklığı
α_{i-1}	: İki eksen arasındaki bağ açısı
θ_i	: İki bağ arasındaki eklem açısı
${}^{i-1}_iT$	: Eklem Dönüşüm (Transformasyon) Matrisi

Kısaltmalar

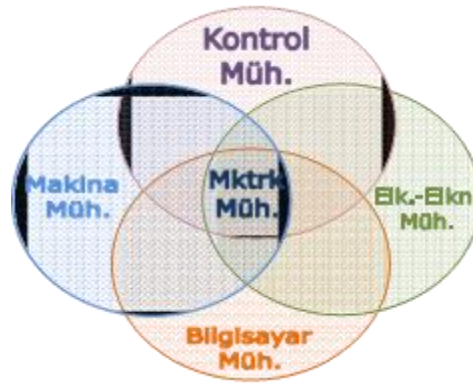
AC	: Alternating current
Ar-Ge	: Araştırma Geliştirme
CNC	: Computer Numerical Control
DC	: Direct Current
D-H	: Denavit-Hartenberg
DOF	: Degrees Of Freedom
IFR	: International Federation of Robotics
MES	: Manufacturing Execution System
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
PLC	: Programmable Logic Controller
PLM	: Product Lifecycle Management
RUR	: Rossum's Universal Robots
YSA	: Yapay Sinir Ağı

1. GİRİŞ

İnsanlık var olmaya başladığı günden itibaren sürekli olarak kendini geliştirmeye ve günlük yaşantılarını kolaylaştırmaya yönelik olgu ve atılımlar içinde olmuştur. İnsanlığın tarihi incelendiğinde, döngüsel olarak çağlar incelenirse, toplumsal yaşamın öncelikle taş çağını, sonrasında ise metali ateşle şekillendirmeyi öğrenerek maden çağını yaşamış olduğu literatürde kabul gören gerçeklerdir. Sürekli gelişen ve elindekiyle yetinmeyi reddeden insanlık, çağlar boyunca süregelen yeniliklerin kapılarını aralamış ve kendinden sonraki nesillere örnek model olmuşlardır. Yaşanan gelişim ve değişimler zamanla bilim dallarının ortaya çıkmasına neden olmuşlardır.

İnsanoğlunun hizmetine adanmış bilim dallarından biri olan fiziğin, kuvvetlerin tesiri altındaki cisimlerin statik ve dinamik tepkilerini inceleyen mekanik bilimi dalı Arşimet’le başlayan macerasıyla, sıvı maddelerde akışkanlar mekaniğini, havanın hareketlerini inceleyerek aerodinamiği insanlık tarihinin hizmetinde yer almış, günümüzde ise bir başka fizik dalı olan elektronik ile birleşerek mekatronik adı altında bambaşka bir bilim dalı olmuştur.

İlk olarak 1969 yılında Japonya’da temelleri atılan “*Mekatronik*” bilimi; Akıllı makineler tasarlamak için, tasarım ile süreç ve ürün üretiminde, makina mühendisliğinin, elektronik ve bilgisayar ile sıkı ilişkisi olarak da ifade edilebilir. Mekatroniğin içeriği, mekanik tasarım ve analiz, robotik sistemler, görüntü işleme, kontrol mühendisliği, yapay sinir ağları ve yapay zekâ ile sanal gerçeklik olarak sıralanabilir (İlken, 2002).



Şekil 1.1. Mekatronik Mühendisliği Araştırma Alanları (Gören ve Başer, 2008)

Elektro-mekanik bir cihaz olan robotlar mekatroniğin en temel bölümüdür aslında. Yapay sistemlere hayat verme isteği, insanlık tarihinin en eski dönemlerinde, tarihin derinliklerinde yatmaktadır. “Yunan mitolojisinde, topraktan insanın kalıbını

yapan titan Prometheus ve Hephaestus tarafından işlenmiş bronz köle olan büyük Talus, işgalcilerden Girit adasını korumak için görevlendirildiler ve bu görevi yapmayı üstlendiler” (Kyriakopoulos ve Loizou, 2006).

Robot denildiğinde öncelikle insanların büyük bir bölümünün zihninde gerçekleşen temel görüntüde insani özellikler taşıyan cihazlar vardır. Aslında oluşan bu görüntünün aksine asıl robotlar, endüstride hızlı, seri ve güvenilir üretimde kullanılan endüstri robotlarıdır. İnsanoğlunun yaşamı boyunca sürekli gelişen ve değişimler gösteren dünyada, sanayinin de buna bağlı olarak aynı düzeyde teknolojik anlamda gelişimi söz konusudur. Bu bağlamda insanlık gün geçtikçe ve teknoloji geliştikçe kendilerini bedenen çalıştırmak yerine beyinsel fonksiyonlarını çalıştırmayı yeğlemişlerdir (Ersöz, 2007).

İnsanlığın zihinsel anlamda kendilerini çalıştırmaları neticesinde bazı olumsuz durumlarında önüne geçilmiştir aslında. Bu olumsuzlukların arasında en başta gelen durum tabi ki iş kazalarıdır. İnsanlığın üretim aşamasında ki etkin rolü azaldıkça kazalarında önüne geçilmiştir. Robotların yaşamımıza girmesiyle seri, hızlı ve güvenilir üretimde bu bağlamda sağlanmış oldu.

Bu çalışmamızda üretimde etkin rol oynayan endüstriyel robotlar içerisinde delta robotları konu alıyoruz. Aslında uzun zamandır sanayi üretimi içinde aktif bir şekilde bulunan bu robotlar teknolojiye bağlı olarak kendini sürekli geliştirmiştir. Çalışma alanı olarak son zamanlarda daha da çeşitli alanlarda görülen delta robotlar sanayi robotları arasında ön plandadır. Delta robotların uzuvları, çalışma alanları ve prensipleri, çeşitleri ve kinematiği bu çalışmamızda incelenmiştir. Örnek delta robot uygulaması da yapılarak araştırmaların doğruluğu kuvvetlendirilmiştir. Ayrıca endüstride birçok alanda kullanılan delta robotların ekonomik ve zaman bakımından da incelenmesi yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gül (2019), “*Bir delta robotun teleskopik mast sistemleri için yörünge kontrolü*” başlıklı bir çalışma hazırlamıştır. Bu çalışmada, üç derece serbestlik derecesine sahip bir Delta Robotun yörünge kontrolü gerçekleştirilmiştir. Delta Robot tasarımı incelenmiştir. Robotu oluşturan bileşenlerin tanımlanmış ve görevleri anlatılmıştır. Teleskopik Mast Sistemi incelenmiş ve Delta Robot' un sisteme katkısı analiz edilmiştir. Delta Robot' un "Çalışma Alanı Analizi " yapılmıştır. Yörünge kontrolü ve bu yörünge kontrolünün nasıl yapılacağı anlatılmıştır. En verimli yol seçilmiş ve belirlenen bir yolda bir yörünge kontrolü yapılmıştır. MATLAB Simulink Multibody ortamında bir simülasyon oluşturulmuş, ters kinematik kodları sisteme yerleştirilmiş ve bir PID kontrol sistemi eklenmiştir. PID optimizasyonu, MATLAB Optimization Toolbox kullanılarak yapılmıştır. Bu montaj sistemi MATLAB Simulink programı ile simüle edilmiş ve sonuçlar paylaşılmıştır.

Dirin (2014), “*Paralel robot kinematiği, yörünge planlaması ve 3-UPS, 1-RU paralel robot uygulaması*” başlıklı bir çalışma hazırlamıştır. Bu çalışmada Son yıllarda paralel mekanizmalar üzerine yapılan çalışmalar ve endüstride kullanım alanlarının artması ile birlikte, bu mekanizmalar önem kazanmıştır. Genelde altta sabit bir platform ve üzerinde paralel eklemelerin bağlı olduğu hareketli bölümlerden oluşmaktadırlar. Birden fazla seri mekanizmanın birleştirilerek kapalı çevrim bir yapı oluşturmaları ile elde edilirler. Özellikle yüksek kinematik hassasiyeti, kararlılıkları, yüksek yük kapasitesi, hassas pozisyon kontrolü gibi avantajları, paralel mekanizmaların tercih sebeplerindendir. Bunun yanında seri mekanizmalara göre kinematik denklemlerinin zorluğu ve çalışma uzayının sınırlı olması hala paralel mekanizmaların üzerinde çalışılan dezavantajlarıdır. Bu çalışmada 3-UPS, 1-RU paralel bir robot uygulaması üzerine yoğunlaşmıştır. Robotun mekanik yapısı gereği oluşan kinematik denklemleri incelenmiştir. Kinematik denklemleri ile elde edilen varılacak konuma yörünge planlaması yapılmıştır. Beji ve Pascal modeline eklemeler yapılarak yeni bir model önerilmiştir. Robotun teorik kavramlarda belirtildiği şekilde mekanik uygulaması yapılmış, kinematik ve yörünge planlaması denklemlerine göre kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Doğan (2010), “*Delta paralel robot ileri ve ters kinematik hesaplamaları*” başlıklı bir çalışma yapmıştır. Yapılan bu çalışmada Bu çalışmada, endüstrinin vazgeçilmez cihazları arasında olan robotların farklı bir türü olan delta robotların ileri ve

ters kinematik hesaplamaları yapılmıştır. Bu çalışmada ilk olarak robot eklemlerine eksen konumlandırma ve eksenler arası dönüşüm matrisi oluşturma kavramları için altyapı sunulmaktadır. Oluşturulan alt yapı ile delta robot eklemlerine koordinat sistemleri ilişkilendirilerek, ileri ve ters kinematik hesaplamaları çözümlenmektedir.

Maya ve ark. (2013), “*Yeniden Yapılandırılabilir Delta Paralel Robotun Çalışma Alanı ve Yük Kapasitesi*” başlıklı çalışmaları vardır. Bu çalışmalarında yeniden yapılandırılabilir bir delta robotun tasarımının çalışma alanı ve taşıma kapasitesi analiz edilmiştir. Çalışma alanının şekil ve hacmindeki değişimin ve robotun taşıma kapasitesinin sayısal bir analizi sunulmuştur.

Erdoğan (2012), “*Hareketli Konveyör Üzerinde Kamera Görüntüsü ile Nesne Tanıma ve Nesneleri Yerine Koyma Uygulaması*” başlık bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, nesnelerin görüntü içerisindeki durumunun önemine bakılmaksızın yani görüntü içindeki yerleri, konumları ya da açılarının öneminin olmadığı durumlarda bu nesnelerin tanınması, sınıflandırılması ve robot ile belirlenen yerlerine taşınması hedef olarak görülmüştür. Bu çalışmada düzenek olarak kamera sistemi, Yapay Sinir Ağı (YSA), algoritması, görüntülerin işlenmesi için algoritma, nesnelerin yerlerine taşınması için bir robot kol ve kontrol ünitesi bulunmaktadır. Çalışmada konveyörün hız kontrolü, robot kolunun açısı değerlerinin gerçekleştirilmesi ve haberleşme için mikroişlemci kullanılarak kontrol ünitesi yapılmıştır.

Şanlıtürk (2012), “*Görerek İşlem Yapabilen Delta Robotun Tasarımı ve Performans Karakteristiklerinin Araştırılması*” başlıklı çalışma yapmıştır. Bu çalışmada tasarlanacak olan delta robotun görerek işlem yapabilmesi ve performans karakteristiklerinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu hedefler için öncelikle robotun analitik modeli elde edilmiş, bu model yardımı ile boyutları uygun hale getirilmiştir. Gerilme analizleri yapılarak hedeflenen koşullarda çalışma düzeni incelenmiştir. Yerçekimi ve atalet kuvvetleri de modelle ilişkilendirilmiştir. Son olarak robotun çalışma prensibine uygun yazılımları da hazırlanarak imalat kısmına geçilmiştir. Deneysel çalışmalar tamamlanarak görme koşullu işlem gerçekleştiren bir sistem hazırlanmıştır.

Rey ve Clavel (1999), “*Delta Paralel Robot*” hakkında bir araştırma çalışması yapmışlardır. Bu araştırma çalışmalarında delta robotun çalışma alanları, çeşitleri, özellikleri ve modellemelerinin yapılması, delta robotun yapısı, kullanılan kontrol şemaları, örnek uygulamalar, delta robotun potansiyelinin diğer araştırma alanlarındaki önemi, gerçek uygulamalarda ki kullanımı ve gelecekteki önemi hakkında bilgiler verilmiştir.

Liu ve ark. (2004), “İstenilen Çalışma Alanına Sahip Bir Delta Robotun Tasarımına Yeni Bir Yaklaşım” başlıklı çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarında arzu edilen bir çalışma alanı ve delta robotun küresel mafsallarının döner aralıklarının dikkate alındığı yeni bir tasarım çalışması sunmuşlardır. Öncelikle çalışmalarında delta robotun çalışma alanının geometrik açıklamaları tartışılmıştır. Uygulama örneği olarak tasarım sonucu sunulan paralel robotun tasarımının ve uygulanmasının olumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Afroun ve ark. (2006), “Bir Delta Paralel Robotu İçin Optimal Hareketleri Planlama” başlıklı çalışmaları vardır. Bu çalışmalarının amacı bir delta robotun en uygun yörüngeleri planlama problemi ile ilgilidir. Planlama süreci, verilen görevin yerine getirilmesini sağlayan, bir maliyet fonksiyonunu en aza indiren ve robot kinematiğine, dinamiğine özgü çeşitli kısıtlamaları sağlayan bir hareket aramaktan oluşur. Sıralı ikinci dereceden bir programlama yönteminin kullanılmasıyla ele alınmıştır. Önerilen yaklaşım, bir noktadan başka noktaya hareketleri ve ya belirtilen yollar boyunca hareketleri içeren görevlere uygulanır.

Angel ve ark. (2013), “Paralel delta tipi bir robotun dinamik optimizasyonu ve inşası” başlıklı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında Kolombiya sanayisinin robotikteki kaygılarından doğan endişe neticesinde delta robotun bu süreçteki kaygılarını iyileştirici olarak görmektedirler. Kolombiya endüstrisi için delta robotun hızı ve güvenilirliği, ürün paketleme ve seçiminde avantajlı görünmektedir. Tasarladıkları prototip ile bölgesel endüstride gelecekteki uygulamalara ilham olacaklarını söylemektedirler.

Huang ve ark.(2004), “Alma ve Yerleştirme İşlemleri İçin Yeni Bir İki serbestlik Derecesine Sahip Paralel Robotun Kavramsal Tasarımı ve Boyutsal Sentezi” başlıklı çalışmaları vardır. Bu çalışmaları, alma ve yerleştirme işlemleri için iki serbestlik derecesine sahip paralel robotun kavramsal tasarımı ve en uygun şartlarda boyutsal sentezi ile ilgilidir. Tek serbestlik derecesine sahip besleme mekanizması ile birleştirilerek, biz düzlemde nesnelerin çok yüksek hızda ve nispeten yavaş ya da adım adım fakat uzun mesafe hareketlerini normal bir şekilde taşımak için hibrit bir robot oluşturulabilir kanısına varmışlardır.

Zhang ve Song (2011), “Delta robotunun dinamiklere dayalı olarak optimum tasarımı” başlıklı çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalarında dinamik modelleme ve yüksek hızda alma ve yerleştirme işlemleri için esnek bağlantılara sahip üç serbestlik derecesine sahip paralel delta robotun optimum tasarımı sunulmuştur. Yer değiştirme

yöntemi kullanılarak dinamik model formüle edilmiştir. Tüm çalışma alanındaki güç tüketiminin en aza indirilmesi için bir dizi optimize tasarım parametreleri elde edilmiştir.

Prempraneerach (2014), “*Delta paralel robot çalışma alanı ve delta paralel robotun dinamik yörünge izlemesi*” başlıklı bir çalışması mevcuttur. Bu çalışmada delta robotun tasarım sürecinde uygun çalışma alanını ve taşıma kapasitesini en üst seviyeye çıkarmak için kullanılacak aktüatörlerin boyutu seçilmelidir. Delta robotun çalışma alanını elde etmek için uç efektörünün ters kinematik kullanılarak en uygun şekilde belirlenebilir. Delta robotun inşa edilmeden önce tasarım aşamasında, doğru seçilmesi gereken aktüatör ve dişlilerin basitleştirilmiş dinamik denklemler kullanılarak analiz edilebileceğini söylemişlerdir.

Ocak ve ark. (2010), “*Delta Robot Tasarımı ve Simülasyonu*” başlıklı çalışmaları bulunmaktadır. Çalışmalarında ters kinematik denklemlerinin çıkarıldığı ve çıkarılan bu denklemlerin kullanılarak bir katı model uygulamasında robotun 3 boyutlu şekli çizilerek simülasyonu yapılmıştır. Yapılan simülasyon sonucunda nümerik yollarla elde edilen denklemleri doğru olduklarını göstermiştir.

Pierrot ve ark. (1991), “*Yüksek Hızlı Uygulamalar İçin Altı Serbestlik Derecesine Sahip Paralel Delta Robota Doğru*” başlıklı çalışmaları vardır. Çalışmalarında iki adet paralel robotu sunmuşlardır. İlk olarak üç serbestlik derecesine sahip İsviçre’de tasarlanan hafif bir robot. Bu robotun farklı modellerine ait ileri ve ters kinematik denklemleri verilmiştir. Delta robotun mekanik yapısını ve prensibini altı serbestlik dereceli bir paralel robota dönüştürmeye çalışmışlardır. Hexa adını verdikleri ikinci robotun kolayca modellenebildiğini ve hafif bir malzeme ile inşa edilebilir olduğunu göstermişlerdir.

Opl ve ark. (2011), “*Paralel Kinematik İle Delta Robot*” başlıklı çalışmalarında delta tipi robotun karmaşık bir çözümü anlatılmıştır. Proje, küçük nesnelerin yüksek hızda taşınması için uygun olan ve birçok endüstriyel alanda uygulanabilir bir robotik cihaz geliştirmek amacıyla doğmuştur. Robotun sadece mekanik kısmını tasarlamak değil, aynı zamanda hedef konumlarının hesaplanması için kendi algoritmalarını da geliştirmek bu projedeki görevleridir.

Kunt ve ark. (2010), “*Yüksek Hassasiyetli Montaj İşlemleri İçin Mini Delta Robot Tasarımı, En İyilemesi ve Denetimi*” başlıklı çalışmaları vardır. Çalışmalarında tasarlanacak olan delta robotun esasında hızlı ve hassas bir şekilde al, bırak işlemlerini gerçekleştirecek bir manipülatör olarak kullanılacağı belirtilmiştir. Kinematik parametrelerin elde edilmesi için analizler gerçekleştirilmiş ve bu parametreler

kullanılarak tasarım süreci gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tasarım testleri sonucunda sonuçlar sonraki çalışmalar için ümit verici olmuş.

Kalınay ve ark. (2018), “*Görüntü Tabanlı Delta Robot*” başlıklı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında üç serbestlik derecesine sahip delta paralel robotun analizi, tasarımı ve gerçek zamanlı yörünge takip kontrolü gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan delta robotta konum bilgisini elde etmek için ters kinematik denklemlerin analizinden faydalanılmıştır. Yapılan çeşitli deneylerle elde edilen verilerin analizler sonucu elde verilerle örtüştüğü görülmüştür. MYRIO isimli kontrol kartı kullanılarak manipülatörlerin kontrolünde farklı bir bakış kazandırılmıştır.

Nabat ve ark. (2005), “*Alma ve Yerleştirme İşlemleri İçin Çok Yüksek Hızlı Paralel Robot*” başlıklı çalışmaları olmuştur. Bu çalışmalarında seçme ve yerleştirmeye yönelik dört serbestlik derecesine sahip paralel bir manipülatör sunmaktadır. Çalışmada ki amaç çok yüksek hıza ulaşmaktır. Hazırdaki robotların avantajları korunurken, dezavantajlarını yok etmeye çalışılmıştır. Hıza dayalı bir optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Bunlara dayanarak yapılan deneylerde yüksek ivmelere ve 0.28sn’lik bir döngü süresine sahip olunmuştur.

Laribi ve ark. (2007), “*Önceden Belirlenmiş Bir Çalışma Alanı İçin Delta Robotun Analizi ve Boyutsal Sentezi*” başlıklı çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalarında delta robot için en uygun boyutsal sentez yöntemi söz edilmiştir. Bunun için genetik algoritma tabanlı bir yöntem kullanmışlardır. Bu yöntemin delta robotun boyutlarının tespitinde etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir.

Köse ve ark. (2019), “*Gantry Robot Sisteminde Görüntü İşlemeye Dayalı Gerçek Zamanlı PLC İle Pantografi Uygulaması*” başlıklı çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmada, görüntü işleme algoritması yardımıyla kameradan alınan görüntünün koordinatlarını belirledikten sonra, Kartezyen makinenin servo sürücülerini gerçek zamanlı olarak Rexroth PLC ile XY düzleminde kontrol edilir ve işlenir. Bu uygulamada, Matlab ortamında kamera ile çekilen görüntünün sınır koordinatlarını çıkararak görüntünün tekrar elde edilmesi amaçlanmaktadır. Test çalışmaları sonucunda, çizim ve analiz işlemlerinin (metrik kumpas ve ölçüm yöntemleri) bir sonucu olarak çizim sürecinin (alınan koordinatlara göre) düzgün bir şekilde gerçekleştirildiği görülmüştür.

Çubukçu ve ark. (2015), “*Görüntü İşleme İle 3 Eksenli Robot Mekanizması Üzerinde Nesne Ayırt Edilmesi ve Sıralanması*” başlıklı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında 3 (Üç) eksenli taşıyıcı bir sisteme monte edilmiş kamera vasıtasıyla programdan girilen harf ve rakamlar siyah zemin üzerinde oluşturulmuştur. Konum

belirleme işlemi ise matlab ortamında görüntü işleme metotlarıyla yapılmıştır. Konum belirleme işlemi tamamlandıktan sonra harf ve sayılar vakum tutucu ile tutulup kelime tekrardan oluşturulmuştur. Harf ve sayıların belirlenen konumlara taşınmaları S7-1200 PLC ve servo sürücü kartlar kontrolünde servo motorlar ile gerçekleştirilmiştir.

Bakır ve ark. (2012), “3 Eksenli Robot Mekanizmasına Monte Edilmiş Bir Kamera Vasıtasıyla Farklı Rotasyon ve Boyutlardaki Geometrik Cisimlerin Tanımlanarak Vakum Tutucu İle Ayrılması” başlıklı çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında 3 (Üç) eksenli taşıyıcı sistem üzerine monte edilmiş kamera ile siyah zemin üzerindeki farklı geometrik cisimlerin görüntü işleme teknikleri yardımı ile tanınması ve cisimlerin farklı koordinatlarda bulunan kutularda ayırt edilmeleri üzerinde durulmuştur.

Horoz ve ark. (2013). “Kamera Yardımı İle Ayırt Edilen Ve Tanımlanan Cisimlerin 3 Eksenli Robot Mekanizması İle Taşınması” başlıklı çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarında 3 (Üç) eksenli Kartezyen bir robot mekanizmasının düşey eksenine monte edilen USB kamera vasıtasıyla siyah zemin üzerindeki cisimler bilgisayara aktarılmış aktarılan bu cisimler harf ise isim yazdırılmakta, geometrik şekil ise bunu başka bir koordinata taşımakta ve kırmızı renkte ise diğer cisimlerden ayrılması işlemi gerçekleştirilmektedir. Görüntü işleme yöntemleri ile ayrılan cisimler daha sonra vakum tutucu ile tutulmaktadır. Taşıma işlemleri servo motorlar ile sağlanmaktadır.

Köse ve ark. (2019). “Portal Robot Sisteminde Görüntü İşlemeye Dayalı Gerçek Zamanlı PLC ile Pantografi Uygulaması” başlıklı çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada; Matlab ortamında kamera ile çekilen görüntünün sınır koordinatlarını çıkararak görüntünün tekrar elde edilmesi hedeflenmektedir. Bu amaca ulaşmak için Kartezyen makinenin servo sürücüleri kontrol edilmiş ve uygulama gerçekleştirilmiş. Matlab ortamında çekilen görüntü için iki farklı yöntem uygulanmıştır. İlk yöntem için görüntünün iskeleti alınmış ve daha sonra sınır koordinatları belirlenmiştir. İkinci yöntem için, görüntünün konturu önce çıkarıldı. Kontur görüntüsünün koordinatları doğrudan kullanılmadı. Bu koordinatlar optimize edilmeye çalışıldı. Bu çalışmada, Matlab' da Rexroth PLC ile sınır koordinatlarını Kartezyen bir makinede çizerek istenen bir görüntünün çizilmesi amaçlanmıştır. Test çalışmaları sonucunda, çizim ve analiz işlemlerinin (metrik kumpas ve ölçüm yöntemleri) bir sonucu olarak çizim sürecinin (alınan koordinatlara göre) düzgün bir şekilde gerçekleştirildiği görülmüştür.

3. ROBOT KAVRAMI

3.1. Robot Nedir?

Gerektiğinde bir bilgisayar yazılımı ile kontrol edilen ya da bir kontrolcü eşliğinde çalıştırılabilen oldukça geniş fonksiyonlara sahip cihazlardır. Başka bir deyişle; değişik durumlar için kullanılan ve kullanılacağı durumlara göre programlandırılabilen makinelerdir (Bozkurt, 2019). Bu makineler yeniden programlanabilen ve önceden programlanmış hareketlerle nesneleri, aletleri işin durumuna göre taşıyan ya da işleyen cihazlar olarak tanımlanabilir. Robot konusunda yaptığı çalışmalarla adını duyuran Maja Mataric'e göre ise robot, çalışma ortamından elde ettiği verileri kendine göre sentezleyerek amaçları doğrultusunda hareket edebilen ve anlamlı duruş sergileyen bunu güvenli bir şekilde gerçekleştirebilen bir makinedir (İnner, 2017a).

Herhangi bir makinenin robot olarak isimlendirilebilmesi için başlıca dört ana başlığa sahip olması gerekmektedir. Bu ana unsurları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Verilerin algılanabilmesi için gerekli olan sensörler,
- Algılanan verilerin toplanması ve kontrolünü sağlayan devreler,
- Amaca uygun şekilde hareket edebilmesi için gerekli yazılımsal donanım,
- Sahip olduğu yazılıma göre yapacağı hareketlerin gerçekleşebilmesi için mekanik bir düzeneğe sahip olması gerekmektedir (İnner, 2017a).

3.2. Robotik Nedir?

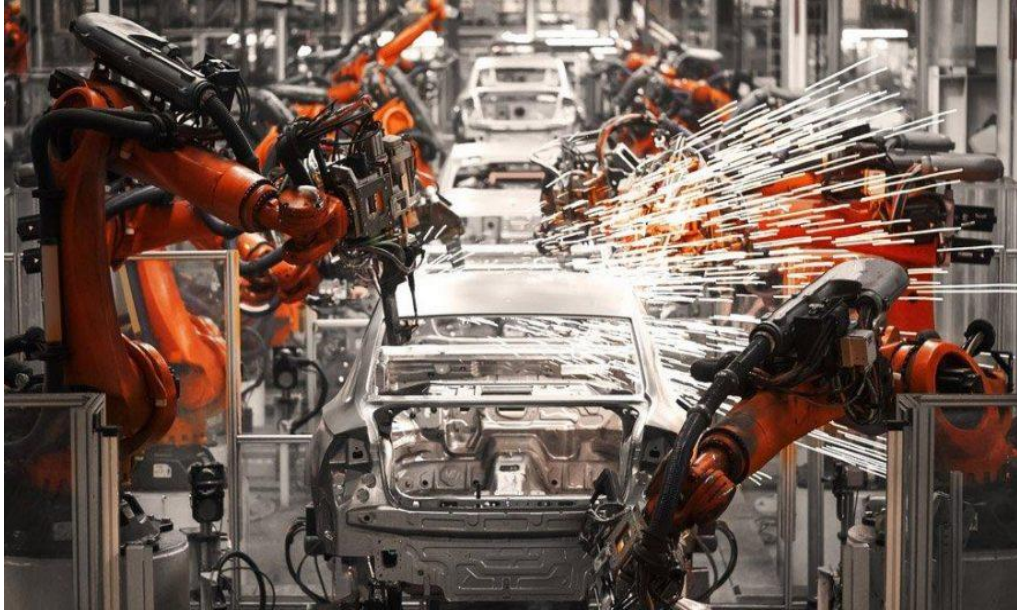
Robot olarak isimlendirilen makinelerin insanların yaşamlarını kolaylaştırmada ya da sanayide insanoğlunun yapmakta zorlandığı ya da zorlanacağı işlerde tasarlanması ve aynı zamanda üretilmesi ile ilgilenen bilim dalına ise robotik denmektedir (Yalçınkaya, 2019). Başka bir deyişle robotik, kontrol, makine elektronik, uzay bilimleri ve bilgisayar alanlarının hepsini bünyesinde barındıran ortak bir çalışma alanıdır (Semiz, 2018). Robotik alanında mekanizmaların tasarlanıp kontrollerinin gerçekleşmesi ve buna istinaden elektronik devre donanımlarının eklenerek kontrollerinin sağlanması doğal olarak birçok mühendislik dalının ortak çalışmasını gerektirmektedir (Anonim, 2018a).

3.2.1. Dünya’da ve Türkiye’de Robotik

Robotik bilimi insanoğlunun hayatındaki vazgeçilmezler arasında yer almış ve gün geçtikçe büyük ölçüde önem kazanmıştır. Bir ülkenin teknolojik anlamda ilerlemesinin en belirleyici rolü tabiki robotlaşmadır. Günümüzde Avrupa’nın gerçekleştirmeye çalıştığı dördüncü sanayi devriminin başrol oyuncusu robottur (Anonim, 2019a). Otomasyon sistemleri ve robot, sanayi sektöründeki rekabet ortamında büyük ölçüde önemli bir rol oynamaktadır. Buna istinaden her geçen gün bu rekabetçilik ortamında robotik alanına yatırım yapan sektör, şirket ve ülke sayısı giderek artmaktadır. Bu artışın daha çok gelişmekte olan ülkelerde olduğu görülmektedir (Anonim, 2019b). Türkiye’de gelişmekte olan ülkelere biridir ve son yıllara bakıldığında dünya genelinde büyük bir hızla gelişen ve gelişmeye devam eden robot teknolojisi Türkiye’de de etkisini göstermiştir. Son on yıldaki robot satışları endüstrideki diğer sektörlerle oranla kıyaslandığında robot sektöründeki artış açıkça görülmektedir (Anonim, 2019a).

Robotik teknoloji ilgisinin oldukça hızlı bir şekilde yükselişine devam ettiği Türkiye, 2017 yılında 2050 yeni robot kurulumu ile dünya sıralamasında 20.sırayı almıştır. Uluslararası Robot Federasyonu’nun (IFR) 2018 yılındaki sunmuş oldukları rapora istinaden yapılan inceleme sonucunda, otomotiv sektöründe 10 bin işçiye 194 robot diğer sektörlerde ise 10 bin işçiye 17 robot düşmüştür. Buna bakılarak Türkiye’de robot yoğunluğunun en büyük artış gösterdiği sektörün otomotiv sektörü olduğu sonucu çıkmaktadır (Anonim, 2018b).

Türkiye sanayisinin ileri sanayiye sahip dünya ülkeleri ile aynı sınıfta olabilmesi için ERP (Enterprise Resource Planning) olarak adlandırılan dikey entegrasyon sistemleri ile bütünleşmesine, imalatta en uygun çözümlerin yaygınlaşmasına, ileri kontrol sistemlerinin kullanılmasına, yazılım olarak PLM (Product Lifecycle Management) ve MES (Manufacturing Execution System) yazılımlarının bilinmesine bağlıdır (Mevlütöğlu, 2016).



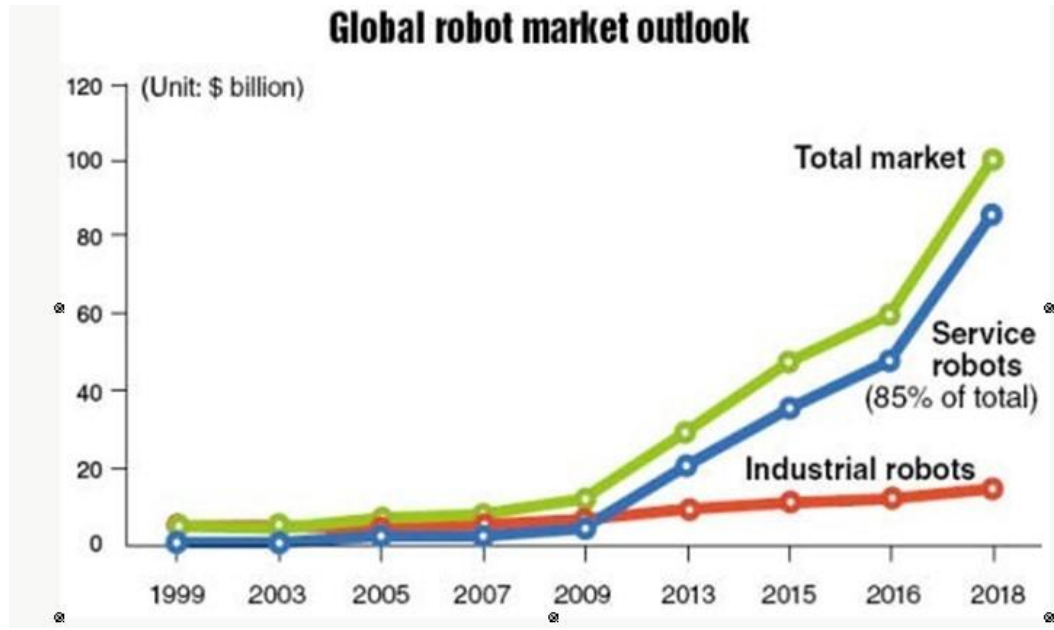
Şekil 3.1. Otomobil Üretim Fabrikası (Tan, 2018)

Robot pazarı dünya genelinde oldukça büyük öneme sahiptir. Dünyada önde gelen endüstriyel robot üreticilerinin isimleri ve Ar-Ge verileri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.1. Dünya’da Önde Gelen Endüstriyel Robot Üreticileri ve Ar-Ge Verileri (Mevlütöğlu, 2016)

Şirket	Yıl	Ar-Ge Harcamaları	Çalışan Sayısı	Çalışan Başına Ar-Ge Harcaması
ABB	2013	\$ 1,470,000,000	147,700	\$ 9,953
	2012	\$ 1,464,000,000	146,100	\$ 10,021
	2011	\$ 1,371,000,000	133,600	\$ 10,262
FANUC	2013	\$ 214,340,000	5,261	\$ 40,741
	2012	\$ 237,631,000	2,674	\$ 88,867
YASKAWA	2013	\$ 101,970,000	10,383	\$ 9,821
	2012	\$ 121,046,000	8,246	\$ 14,679
	2011	\$ 125,611,000	8,085	\$ 15,536
KUKA	2013	\$ 81,260,000	7,990	\$ 10,170
	2012	\$ 56,240,000	7,264	\$ 7,742
	2011	\$ 48,850,000	6,589	\$ 7,414

Dünya genelinde robotik piyasasının 2018 ile 2020 yılları arasında 100 milyar dolarlık bir hacme ulaşması beklenilmektedir. Şekil 3.2 de küresel robot piyasasının toplam hacmi gösterilmiştir.



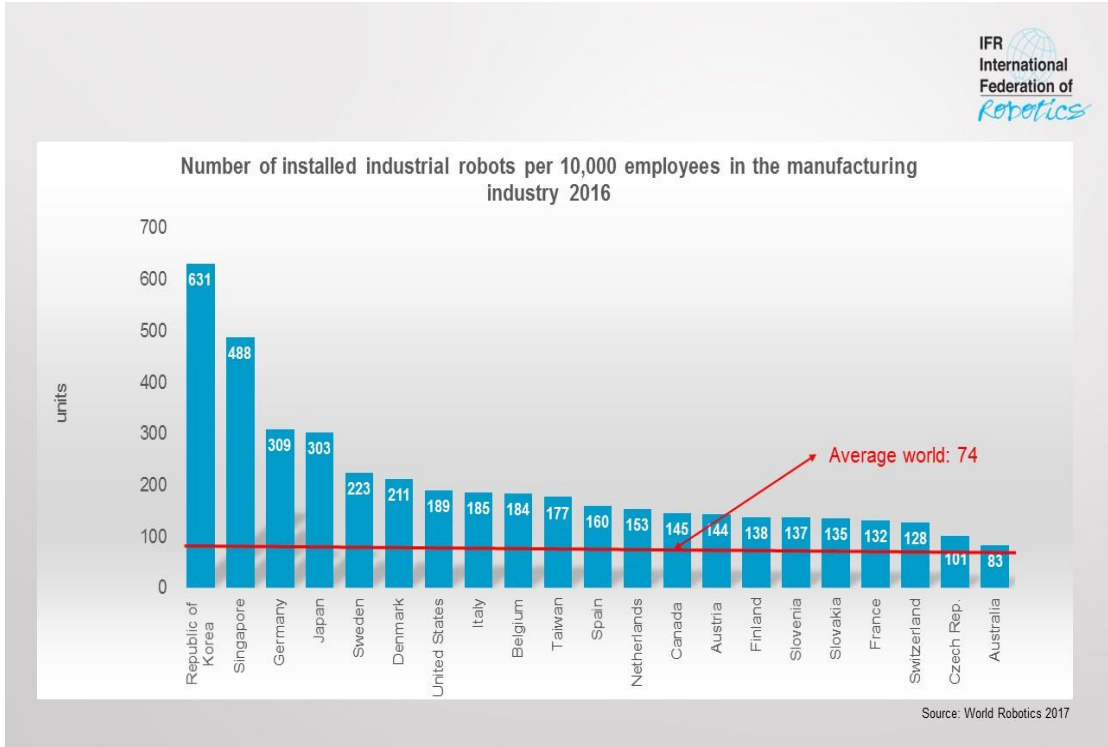
Şekil 3.2. Küresel Robot Piyasası (Mevlütöğlu, 2016)

Sürücüsü olmayan araba projeleri ile robotik alanda adım atan Google, bu proje kapsamında robotik sektöründe olan orta düzey ve küçük düzey teknolojik firmaları satın alarak kendi bünyesine katılmalarını sağlamaktadır. Aşağıdaki çizelge Google tarafından satın alınan bazı teknolojik şirketleri göstermektedir (Mevlütöğlu, 2016).

Çizelge 3.2. Google Tarafından Satın Alınan Bazı Robotik Firmaları (Mevlütöğlu, 2016)

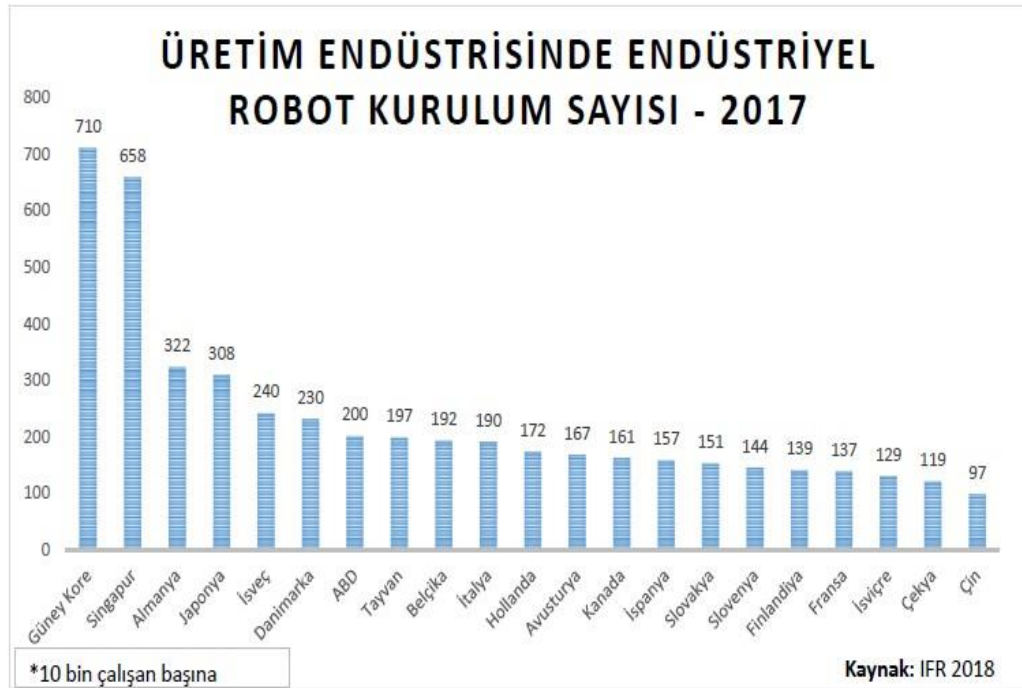
Şirket	Sistem Tipi
Boston Dynamics Inc.	Askeri
SCHAFT Inc.	Humanoid
Industrial Perception, Inc.	Robotik Kol
Meka Robotics, Inc.	Humanoid
Redwood Robotics Corp.	Robotik Kol
Bot & Dolly Robotics	Kamera Sistemleri
Autofuss	Kamera Sistemleri, Tasarım
Holomni LLC	Tekerlek Sistemleri

“2018 yılında robot pazarında hem endüstriyel hem de hizmet alanında önemli ölçüde artış görülmüştür. %6 artışla 2017 yılına göre 2018’de 422.000 adet endüstriyel robot satılmıştır. Buna istinaden küresel robot pazarı hacim olarak 16.5 milyar dolara yükselmiştir”(Tsuda, 2019). 2017 yılı IFR raporuna göre 2016 yılında ülkelere göre 10.000 çalışan için robot yoğunluğu aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 3.3. 2016 Yılı Ülkelere Göre Robot Yoğunluğu (Anonymous, 2018)

2015 yılında 66 adet olan ortalama küresel robot yoğunluğu, 2016 yılında 74 adet olmuştur (Anonymous, 2018). 2017 yılında ise 74 olan bu rakam 85’e yükselmiştir. Ülke olarak Güney Kore ilk sırada yer alırken kıta olarak ise Avrupa lider konumdadır. Avrupa fabrikalarda 106 robot kurulumu yaparken takibinde 91 robot kurulumu ile Amerika ve 75 robot kurulumu ile Asya kıtası gelmektedir (Karatay, 2019).



Şekil 3.4. Ülkeler Bazında Robot Kurulum Sayısı (Karatay, 2019)

OECD (Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü) tarafından 2019 yılında yayınlanan “2019 İstihdam Görünümü” raporunda, insanlar artık kendileri açısından tehlike arz eden işleri robotlara bırakmaktadır. Buna istinaden kendileri daha nitelik arz eden işlerde çalışabilmektedir. Rapora göre robotların satış rakamları 2014 yılında 100 dahi değilken, 2017 yılında ise 400 bine yaklaşmış olduğu ifade edilmiştir. Son olarak 2021 yılında ise bu rakamın 600 binden fazla olması öngörülmektedir (Karatay, 2019).

Endüstriyel robot pazarının yanında hizmet robot pazarı da 2018’de % 59 artış göstererek 16.3 milyon adet olmuştur. 2018 yılında profesyonel anlamda satılan hizmet robotları % 61 oranında artışla 271.000 adet üzerine çıkmıştır ve buna bağlı olarak satış değeri de % 32’lik artış oranı ile 9.2 milyar dolar olmuştur (Tsuda, 2019).

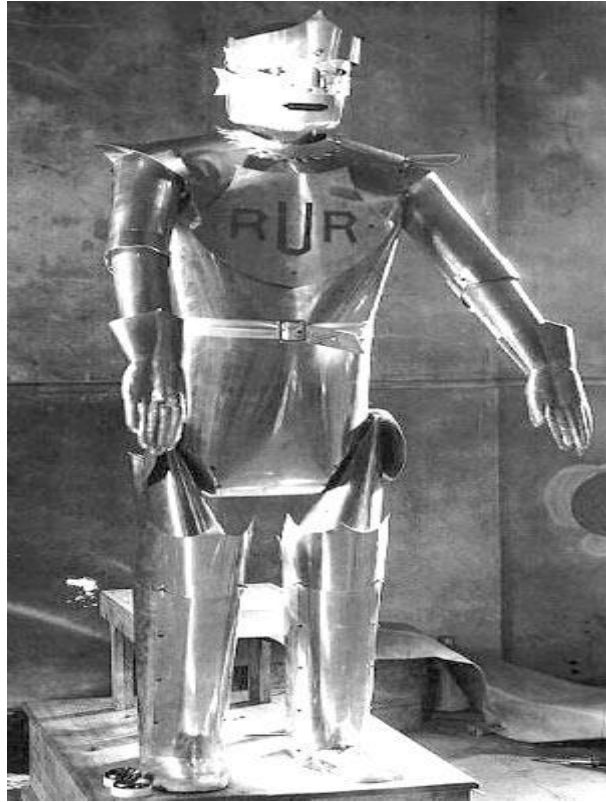
3.3. Robotların Tarihçesi

“Robot” kavramı Çek oyun yazarı olan Karel Capek tarafından 1921 yılında yazılan RUR (Rossum’s Universal Robots) adlı oyununda yer almıştır (Barutçuoğlu, 2001). Rossum’ un Evrensel Robotu adındaki bu oyunda robotlarında tıpkı insanlar gibi işe gidip fabrikalarda çalışacaklarını ve daha sonralarda ise dünyaya hükmedecekleri

anlatılmıştır. “Robot” kelimesi, Çek dilinde zorla çalıştırılan işçi, esir anlamlarına gelmektedir. Sonraki dönemlerde birçok dile girip bilim kurgu film alanında çalışan yazarların ortak kelimesi haline gelmiştir (Anonim, 2010).



Şekil 3.5. Çek Oyun Yazarı Karel Capek (Yamanol, 2016)



Şekil 3.6. Karel Capek' in Oyunundaki Robot (Barutçuoğlu, 2001)

Genel anlamda robot fikri araştırılacak olunursa aslında 3000 sene öncesine kadar bu fikrin uzanmakta olduğu görülecektir. Homeros tarafından yazılan “*İlyada*” destanında hareket eden uçayaklılardan bahsetmektedir. Jason ve Argonot isimli eski Yunan eserinde tanrılar tarafından programlanmış Talos adlı dev nöbetçi vardır. Eski Mısırdaki heykellere mekanik kollar eklenerek, tanrılardan ilham aldıklarında rahipler tarafından bu mekanik kollar hareket ettirilirdi (Barutçuoğlu, 2001).

Avrupa’da robotların bazı özelliklerini bünyesinde barındıran değişik otomatlar yapılmış ve bu otomatlar hayvan ve insan hareketlerini taklit etmekteydi. Eğlence amacı ile tasarlanan bu oyuncaklar sadece belirli bir görev için program edilmişlerdi ve üzerlerinde algılayıcı gibi sensörler bulunmuyordu. İnsanlar tarafından oldukça ilgi gören bu oyuncaklar, dönemin kralları ve imparatorları tarafından sanat eserleri olarak sunulmaları konusunda oldukça memnun olmuşlardır (Barutçuoğlu, 2001).

Robot kelimesinin gerçek anlamına göre tarihteki yerini inceleyecek olursak eğer 13.yy’da yaşam sürmüş olan, sibernetik alanının en büyük dâhisi olarak kabul edilen Ebu’l El Cezeri’ nin otomatik makinelerinin dışında uzunca bir süre herhangi bir gelişme yaşanmamıştır. Ünlü ressam, mimar, astronom, matematikçi ve bilim insanı gibi özelliklere sahip dahi insan Leonardo Da Vinci bir kitabında “*Doğuda yaşamış ancak ismini hatırlayamadığım bir mucidin eserlerinden yararlandım*” diyerek dünyanın ilk robotunu icat eden El Cezeri’ den bahsettiği kanısına varılmaktadır (Anonim, 2019c).



Şekil 3.7. El Cezeri' nin Abdest Alma Makinesi (Çırak ve Yörtük, 2016)

El Cezeri tarafından yazılan kitaplar tercüme edilerek 19. Ve 20.yy'da dahi Avrupa' da mühendislik fakültelerinde okutulmuştur. Günümüzde robotik ile çalışmalar bilim insanları El Cezeri' nin kitabında bulunan bazı otomatik makinelerin teknolojinin temeli olduğunu vurgulamaktadırlar (Anonim, 2019c).

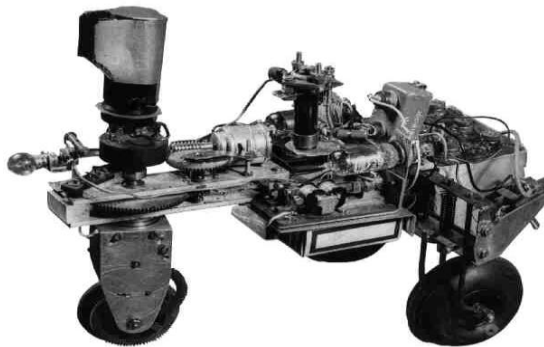
20.yy'a kadar genel anlamda robotik sadece teori ve fikir dışına çıkmamıştır. Karel Capek tarafından Rossum' un Evrensel Robotları eserinde kullanılan robot kavramı kardeşi Josef Capek tarafından tüm dünyada robot kelimesinin kabul görmesini sağlamıştır (Yamanol, 2016).

Robotların gerçek anlamıyla insanoğlunun hayatındaki yeri 20.yüzyılda anlam kazanmaya başlamıştır. Teknolojinin hızla ilerleme kaydetmesiyle beraber yavaş yavaş iş dünyasında da yer almaya başlamışlardır (İnner, 2017a).

Yeni teknoloji daha da gelişerek birçok farklı işlerde de kullanılmıştır. Tekrardan programlanması mümkün olan robotlar, birçok işi aynı anda yapan robotlardan söz ederken şimdi ise uzay araştırmalarında robotları kullanmaktayız (Yamanol, 2016).

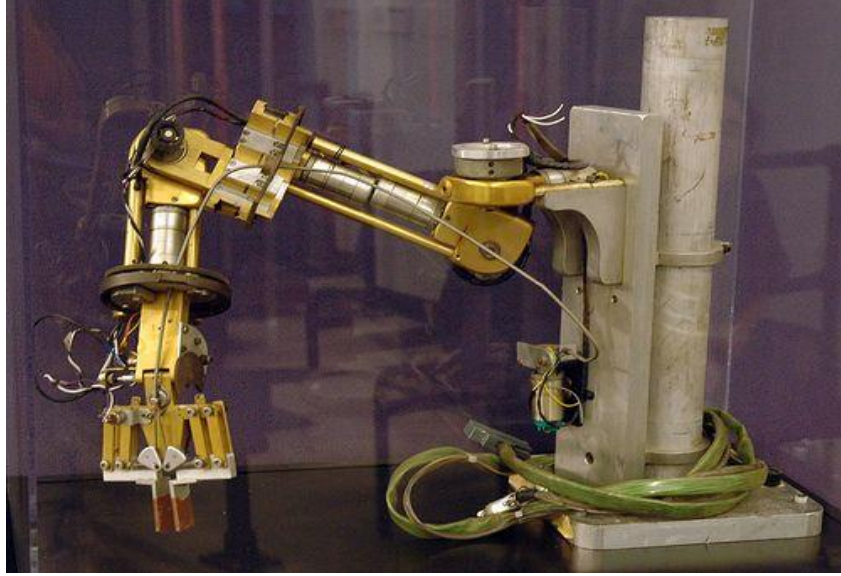
Robot teknolojisinin günümüze gelene kadar gelişim sürecine kısaca bakacak olursak eğer günden güne hızla geliştiğini açıkça görebiliriz.

- 1770 yıllarında Macar bir mekanikçi tarafından yapılan “Satranç oynayan Türk” isimli robotu o dönemlerde nasıl çalıştığına dair herhangi bir kanıya varılamadığından müzeye kaldırılmış ve sonrasında müzede yanarak yok olup tarihe karışmıştır.
- 1937 yılında Westinghouse şirketi tarafından “sigara içebilen” basit bir insansı robot tasarlanmıştır.
- 1949 yılında Elmer ve Elsie adında ışığa duyarlı otonom robotlar yapılmıştır.



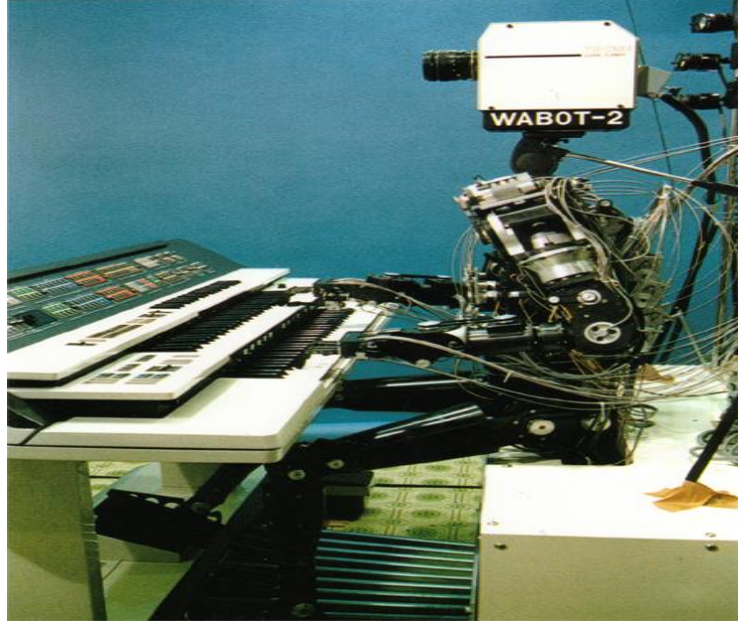
Şekil 3.8. Işığa Duyarlı İlk Otonom Robot Elsie (Dinç, 2015)

- 1954 yılında ilk robot şirketi olan Unimation kurulmuştur. Unimat adlı robotunu üretim alanında kullanarak tarihte yerlerini almışlardır.
- 1957 yılında robotlarla bilgisayar destekli üretim yapılmıştır.
- 1963 yılında Rancho adında 6 eksenli ve bilgisayar ile kontrol edilebilen ilk yapay kol denenmiştir.



Şekil 3.9. 6 Eksenli İlk Yapay Kol Rancho (Dinç, 2015)

- 1966 yılında Amerika Birleşik Devletleri ordusu için 4 bacaklı yürüyebilen hidrolik robot tasarlanmıştır.
- 1973 yılında Kuka isimli Alman icadı robot hidrolik olmayan ilk endüstriyel robot ünvanını almıştır.
- Yine 1973 yılında Japonya tarafından ilk insansı robot Wabot 1 tanıtılmıştır.
- 1984 yılında yine Japonya tarafından insansı robot olan Wabot 2 yeni özellikleri ile tanıtılmıştır.



Şekil 3.10. İnsansı Robot Wabot 2 (Dinç, 2015)

- 1986 yılında otomotiv firması olan Honda Asimo projesinin başladığını duyurmuştur.
- 1990 yılında Türk firması olan Altınay Robotik 6 eksene sahip ilk robotu üretmiştir.
- 1997 yılında ASEA ve BBC şirketlerinin birleşmesi ile robotik firması ABB kurulmuştur.
- 1999 yılında Sony tarafından ilk sosyal robot Aibo üretilmiştir.



Şekil 3.11. İlk Sosyal Robot Aibo (Dinç, 2015)

- 2002 yılında I Robot şirketi elektrik süpürgesi olarak kullanılan Roomba isimli robotu üretmişlerdir (Dinç, 2015).

Çok fazla detaya inmeden yukarıda görüldüğü kadarı ile robotik biliminin insan hayatındaki yerine bakacak olursak vazgeçilmez konumda olduğu açıkça anlaşılmaktadır.

Akınsoft 2009 yılında görüntü işleme tabanlı 2 farklı prototipi hayata geçirmiştir. Bunlar üzerinde yazılımsal anlamda geliştirmeler yapan robotik birimi bunun dışında insansı robot çalışmalarına da başlamıştır (Anonim, 2010).

Son dönemlerde robotik anlamda yapılan çalışmalar büyük hızla devam ederken, normalde olamaz dediğimiz durumların aslında olabilir olduğu da görülmüştür. Gelişen teknoloji ile her ne kadar insansı robotlar üretilse de insanlarla olan karşılaştırmalarında kritik noktalar vardır. Bu noktalar içerisinde en önemli olan fark elbette dokunma hissidir.

2019 yılı itibari bulunan ve geliştirilen bir teknoloji ile artık insansı robotlarında dokunma hissi kazanacaklarını ve hatta insanlardan daha iyi hissedecekleri belirtilmiştir. Bu geliştirilen teknolojinin patentinin Türkiye'ye ait olması da büyük bir gurur kaynağı olmuştur.

Bilim insanı olan Doç. Dr. Utku Büyükaşahin tarafından verilen teknik bilgide, insanların parmak uçlarının santimetre karesinde 241 sinir hücresi olduğunu ve yeni teknolojinin her santimetre karesinde ise 256 sinir hücresi olduğunu buna istinaden robotların insanlardan daha hassas olacağını söylemiştir. Koç Holding bünyesinde bulunan Japon Mitsui Grubu ile Koç Üniversitesi ortak çalışmasında “*Sensobright*” adını verdikleri “Dokunma Hissine Sahip Yapay Deri” olarak adlandırdıkları bu teknolojinin robotlara dokunma hissinin kazandıracaklarını ve bunun dışında farklı alanlarda da kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Mayın arama, ameliyatta kullanılan robotlarda, ameliyathanede kullanılan gereçlerde kısaca çok yüksek hassasiyet gerektiren durumlarda bu teknoloji kullanılabilecek (Orta, 2019).

3.4. Robotların Sınıflandırılması

Robotlar genel anlamda aşağıda verilen başlıklara göre sınıflandırılabilir.

- Sektörel amaca göre
- Hareket durumuna göre robotlar
- Kontrol yöntemlerine göre robotlar
- Yeteneklerine göre robotlar
- Güç kaynaklarına göre robotlar (Akı, 2017).

3.4.1. Sektörel Amaca Göre Robotlar

1. Endüstriyel Robotlar

- a. Kaynak işlerinde kullanılan robotlar
- b. Boyama işlerinde kullanılan robotlar
- c. Birleştirme işlerinde kullanılan robotlar
- d. Otomatik üretim tezgâhları
- e. Kalite kontrol yapan robotlar
- f. Bakım işlerinde kullanılan robotlar
- g. Taşıma işlerinde kullanılan robotlar
- h. Depolama işlerinde kullanılan robotlar
- i. Makinaların çalışma durumunu izleyen robotlar
- j. Çevre koşullarını denetleyen robotlar (Akı, 2017).

2. Tıp ve Sağlık Sistemleri

- a. Teşhis için yardımcı olan robotlar
- b. Protezler
- c. Tedavi için yardımcı olan robotlar (Akı, 2017).

3. Savunma Sanayi Alanındaki Uygulamalar

- a. Patlayıcı madde taşıyan robotlar
- b. Silah özelliği taşıyan robotlar
- c. Gözlem yapan robotlar
- d. Yok edici olarak kullanılan robotlar (Akı, 2017).

4. Tarım Endüstrisinde Kullanılan Robotlar

- a. Hasat yapan robotlar
- b. Ürünleri işlemede kullanılan robotlar
- c. Ürünlerin sınıflandırılmasında kullanılan sistemler
- d. Ürün kalitesini denetlemede kullanılan sistemler (Akı, 2017).

5. Eğitim ve Eğlence Alanında Kullanılan Robotlar

- a. Araştırma alanında kullanılan robotlar
- b. Eğlence alanlarında kullanılan robotlar
- c. Eğitim alanındaki robotlar (çizgi izleyen robot, sumo robotları vs.) (Akı, 2017).

6. Diğer Robotlar

- a. Yangın söndürmede kullanılan robotlar
- b. Su altı gözlem ve kurtarma robotları
- c. Tırmanma yapabilen robotlar
- d. Kaza sonrası kurtarıcı robotlar
- e. İnsanlar açısından zararlı olan alanlarda çalışan robotlar (Akı, 2017).

3.4.2. Hareket Durumlarına Göre Robotlar

a. Sabit Robotlar

Bir kurala bağlı çalışan robotlardır. Sabit bir kural etrafında robotun erişebildiği bütün alanlar robotun çalışma uzayı olarak tanımlanır ve robot bu alanda kendisine verilen görevi yerine getirmekle yükümlüdür. Bazı tıbbi alanda yardımcı robotlar ve endüstriyel robotlar sabit robotlar sınıfına girmektedirler (Akı, 2017). Sabit robotlar kendi işlerini ve mevcut pozisyonlarını değişikliğe uğratmadan yapan robotlar olarak bilinmektedir. Sabit kelimesinden kastedilen robota ait temelin yer değiştirmeyişi (Anonim, 2016).



Şekil 3.12. Sabit Robot Örnekleri (Çolak, 2019a)

b. Mobil Robotlar

Mobil robotlar genel anlamda insanlar için gerçekleştirilmesi zor işlerde ve sıkıcı olan görevlerde kullanılmak için tasarlanmışlardır. Bu robotlar tekerlekli, ayaklı ya da palete sahip olabilirler. Karada, suda ya da havada hareket etme özellikleri vardır. Otonom ya da bilgisayar destekli olarak kontrol edilebilirler. Sabit robotlara göre farklı serbest bir şekilde hareket ettiklerinden dolayı kendilerinden istenen görevleri yerine getirebilmeleri için çok daha karmaşık kontrolörlere ve çok sayıda sensörlere ihtiyaç duyulmaktadır (İnner, 2017a). Su altı araştırma robotları, savunma robotları, gözlem robotları ve taşımacılıkta kullanılan robotlar mobil robotlar sınıfında yer almaktadırlar (Akı, 2017).



Şekil 3.13. Paletli Mobil Robot Örnekleri (Çolak, 2019a)

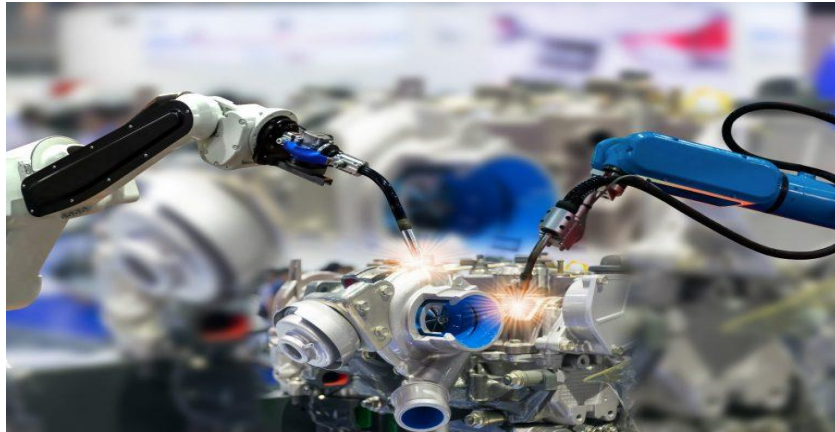
3.4.3. Kontrol Yöntemlerine Göre Robotlar

a. İki Nokta Arasında Kontrol Edilen Robotlar

Genel anlamda herhangi bir objenin bir yerden alınıp başka bir yere taşınmasında kullanılan robotlardır (Akı, 2017). Bu tür robotların herhangi bir çalışma alanları bulunmamaktadır ve serbestlik dereceleri 6' dan küçüktür (Özer, 2014).

b. Sürekli Yörünge Kontrollü Robotlar

Bu sınıftaki robotlar daha önceden belli olan yörünge içerisinde kontrol edilmektedirler (Özer, 2014). Çalışma alanlarındaki yörüngeleri sabit olan bu robotlara örnek olarak kaynak yapmakta kullanılan robotlar gösterilebilir (Akı, 2017).



Şekil 3.14. Kaynak Robotu (Anonim, 2019d)

3.4.4. Yeteneklerine Göre Robotlar

a. Ardışıl Kontrollü Robotlar

Bu türdeki robotların çalışmalarındaki aşamalar önceden bellidir. Yaptıkları işe göre görevlerini sırasına göre yerine getirirler. Örnek olarak çamaşır makinesi ya da bulaşık makinesi verilebilir (Akı, 2017).

b. Playback Robotlar

Yapacağı hareketler ve izleyeceği yolun koordinat bilgileri önceden öğretilerek robotun hafızasına alınması sağlanır ve hafızasına kaydettiği bu bilgiler sayesinde sürekli olarak aynı işlemleri tekrar eder (Akı, 2017).

c. Kontrollü Olarak Yörünge İzlemesi Yapan Robotlar

Farklı iki noktada robotun yol alacağı yörünge programlanabilmektedir. Böylelikle gideceği yörünge belirlenmiş olacaktır (Akı, 2017).

d. Geri Beslemeli Robotlar

Adaptif robotlar olarak bilinen bu tür robotlar bilgisayar kontrollü ve aynı zamanda geri beslemelidirler. Yani çevrelerinde olup bitenleri önce algılar ve daha sonra algıladığı durumlara göre kendine ait çalışma durumunu düzene sokar (Akı, 2017). Çizgi izleyen robot, bu tür robotlara örnek olarak gösterilebilir. Aldığı yol boyunca önüne çıkan engelleri üzerindeki sensörler yardımı ile algılayıp ona göre gideceği yolu değiştirmesi açıklayıcı örnek olabilir.

e. Zeki Robotlar

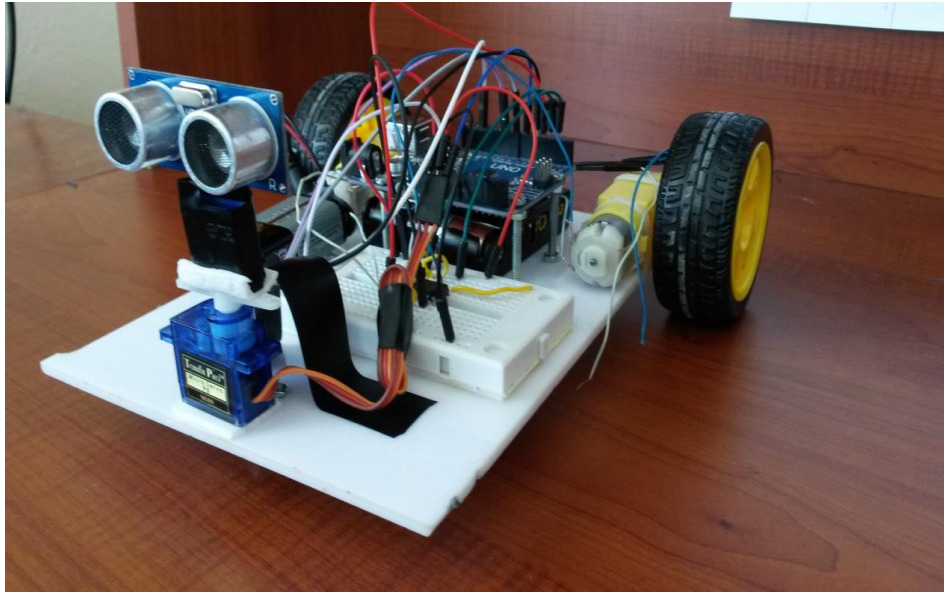
Çevresindeki olup bitenleri algılayan ve aynı zamanda öğrenme yeteneğine sahip robotlardır. Bu tür robotların temelinde yapay zekâ etkisi ön plandadır (Akı, 2017). Aslında yapay zekâ şu aşamada normal insanın zekâ seviyesi ile aynı seviyede elbette değildir. Yapay zekâ aslına bakılırsa çok zeki ve tabiki zeki olmak için normal insan gibi düşünmenin hiçbir önemi yok. Örneğin kargaların zihin yapısı ile insanların zihin yapıları birbirlerinden oldukça farklıdır fakat kargalar kuşlar içerisinde en zeki canlılardır (Demircan, 2019).

İnsanların yaşamlarında belli başlı bazı durumlar vardır. Barınma, beslenme, korunma gibi. Yapay zekâ, insanların hayatlarında önem arz eden bu durumların hayata geçişlerinde etkili bir pozisyona sahip olacaktır (Yılmaz, 2018).

3.4.5. Güç Kaynaklarına Göre Robot Türleri

a. Servo – Step Motor Kullanılanlar

Hiçbir şekilde pnömatik ve hidrolik güce gereksinim duyulmadan işlem görebilen robot türleridir. İhtiyaç duydukları gücü AC ya da DC özellikte step ya da servo motorlardan karşılamaktadırlar (Akı, 2017).



Şekil 3.15. Servo Motorlu Engelden Kaçan Robot (Sağlam, 2016)

b. Pnömatik Robotlar

Bu tür robotlar basınçlı hava sistemleri ile çalışmaktadırlar. Bunun için bir hava sağlayıcı kompresöre ihtiyaç duyulmaktadır (Akı, 2017). Serbestlik derecesi düşük olan robotlarda bu tahrik yöntemi kullanılmaktadır. Bunun sağladığı avantaj diğer tahrik yöntemleri ile kullanılan robotlara göre kontrolünün kolay sağlanmasıdır (Berkay ve ark., 2003).



Şekil 3.16. Pnömatik Pantolon Şişirme Robotu (Anonim, 2019e)

c. Hidrolik Robotlar

Hidrolik kelimesinin kökeni, Yunanca’ da su anlamında kullanılan “*Hydro*” kelimesinden gelmektedir aslında. Hidrolik kelimesi denilince aklımıza kaynak olarak sıvıların kullanıldığı ve buna bağlı olarak hareketlerin üretimi ve aynı zamanda kontrolleri akla gelmektedir (Güçtekin, 2018). Pnömatik sistemlerin tam tersi olarak daha büyük kuvvet gereksinimi olan durumlarda kullanılabilmesi ideal bir yöntemdir. Daha hassas bir şekilde gerekli hız ve kuvvet gereksinimi rahatlıkla ayarlanabilir (Anonim, 2018c). Hidrolik robotlar çok daha fazla gücün kullanıldığı durumlarda ön plana çıkmaktadırlar. Bu tür robotlarda hidrolik tank ve pompaya gereksinim duyulmaktadır (Akı, 2017).



Şekil 3.17. Dört Bacaklı Hidrolik Robot (Alyanak, 2019)

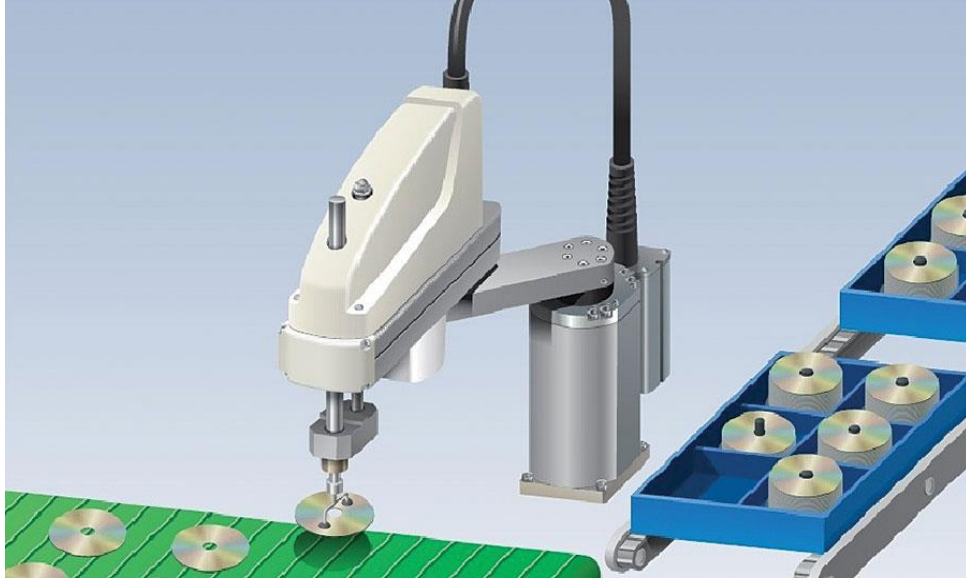
3.4.6. Kullanım Alanlarına Göre Robotlar

Günümüzde robotlar farklı özelliklere göre sınıflandırılmaktadırlar. Robotların gelişim tarihi araştırıldığında, günümüze gelene kadar öne çıkan robotlar endüstriyel ve mobil robotlar olarak görünmektedir. İşlevselliği ve eklem sayıları bakımından endüstriyel robotlar sınıflandırılırken, uygulama alanlarına, çalışma prensiplerine, sayı ve boyutlarına göre ise mobil robotlar sınıflandırılmaktadır. Bunlara ek olarak hem endüstriyel hem de mobil robotlarda insanlar ile robotlar arasındaki etkileşimin uzaktan farklı türde cihazlarla yapılmasını sağlayan ve *haptik sistemler* adı verilen başka bir sınıflandırmada vardır (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).

3.4.6.1. Endüstriyel Robotlar

3 (Üç) veya daha fazla eksene sahip, programlanabilen, otomatik kontrolü sağlanan, sabit ya da tekerlekli özelliğe sahip endüstride uygulamalarda kullanılan “manipülator” olarak tanımlanan robotlardır. Kendi kendilerine iş yapabilme özellikleri olduğundan, endüstride montaj, kesme ve taşıma gibi işlerin yapılması sağlanmıştır. Sanayide üretim kısmında insani hataların oldukça önem taşıdığı durumlarda bu robotlar kullanılarak yapılan hataları ortadan kaldırmış ve üretimde hızlanma artmıştır. Ayrıca

insan yaşamını tehlikeye sokan ve oldukça yüksek hassasiyet gerektiren durumlarda kullanılması ise insanlar için kurtarıcı olmuştur. Endüstriyel robotlar boyutlarına, hassasiyetlerine, kontrollerinde kullanılan yöntemlere, hareket kabiliyetlerine ve eklem yapılarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Fakat genel anlamda endüstriyel robotlar, uzuvlarının yapısına göre scara, döner mafsallı, kartezyen, küresel ve silindirik robotlar olarak sınıflandırılmaktadırlar (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).



Şekil 3.18. Scara Robot Uygulama Örneği (Camillo, 2016)

3.4.6.2. Gezgin Robotlar

Endüstriyel robotlar bilindiği üzere kısıtlı alanlarda çalışan robotlardır. Aynı zamanda sabit bir işi sürekli olarak tekrar etmekle görevlidirler. Bilindiği üzere teknoloji sürekli olarak gelişmekte ve gelişen teknoloji ile artık robotların kendi kararlarını kendilerinin verebilmesi ve sınırlı olan çalışma alanlarının dışına çıkarak çalışmaları sağlanmaktadır. Bu gelişmeler gezgin robotların oluşumuna zemin hazırlamıştır. Gezgin robotlarda hareket kabiliyetlerinin yüksek olması yapılan işin daha kolay ve pratik gerçekleşmesini sağlamaktadır. Örneğin, insanların girmekte zorlandığı herhangi bir arama ya da kurtarma çalışmalarında, insan müdahalelerinin zor olduğu durumlarda, tıpta cerrahi müdahalelerde oldukça aktif bir şekilde yer almalarını sağlamıştır. Gezgin robotların çalışma alanları arttıkça gelişme alanları arttıkça çeşitleri de artmaktadır. Gezgin robotları insansı robotlar, çoklu robotlar, sürü robotları, mikro-nano robotlar,

biyo-ilhamlı robotlar ve işbirlikçi robotlar olarak alt başlıklara ayırmak mümkündür (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).

3.4.6.2.1. İnsansı Robotlar (Hümanoidler)

İnsanlar gibi konuşup, düşünen, olaylar karşısında kendilerince karar alabilen, yürüyen ve tepki verebilen robotların hayal olarak kalmayıp insanların hayatına girme fikri 1990' lı yıllardaki gelişmelerle beraber gerçekleşmiştir. Üniversiteler, devletler ve çoğu araştırma şirketlerinin dikkatini çeken bu gelişmeler oldukça büyük yatırımlar kazandırmıştır. Daha çok denge, karar alma, bulunulan ortamı algılama ve konuşma gibi özellikler üzerinde durulmuştur (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019). Sony ve Honda insansı robot konusunda oldukça iyi ve hiç duyulmamış motorları geliştirerek büyük bir başarıya imza atmışlardır.

Sony, dans ederek şarkı söyleyen ve genel amacı eğlendirmek olan SDR-4X adında bir robot tasarlamıştır. Bu robotun özelliklerinde derinlik algılama, 7 adet mikrofon, görüntü işleme esasında dayalı insanları tanıma ve kısıtlıda olsa konuşmaları tanıma bulunmaktadır. 6.5 kg ağırlığında ve 58 cm uzunluğunda olan bu robot küçük tasarıma sahiptir (Şabanoviç ve Yannier, 2003).



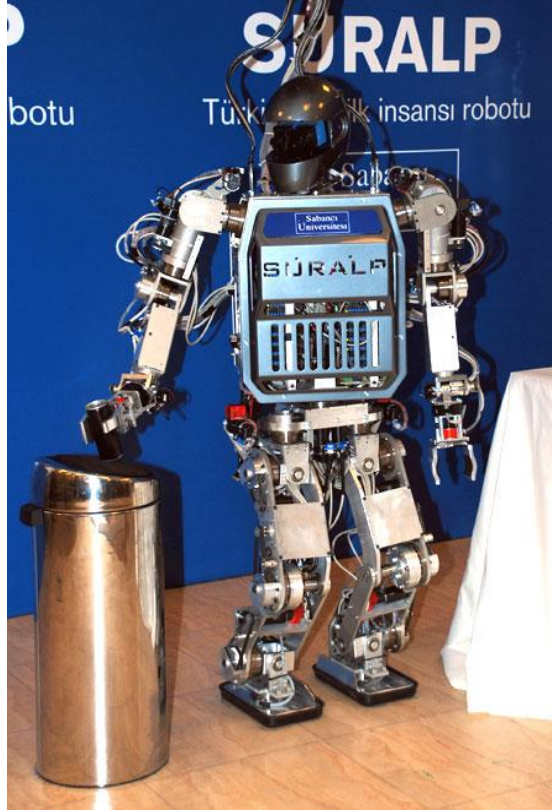
Şekil 3.19. SDR-4X (Şabanoviç Ve Yannier, 2003)

Honda'nın insansı robot alanındaki çalışmaları 1986 yılında başlamıştır. Tüm yönüyle insanlığa yardım etmek amacıyla tasarlanan bu robot SDR-4X le beraber oldukça etkileyici bir konuma sahiptir. Honda'nın tasarladığı robot ASIMO alışverişlerde kullanılan sepetleri sürebilirken SDR-4X ise düştüğünde kimseye ihtiyacı olmadan kalkabilmektedir (Şabanoviç ve Yannier, 2003).



Şekil 3.20. ASIMO (Şabanoviç ve Yannier, 2003)

Türkiye’de ise insansı robot alanında ilk çalışmalardan biri olarak “*SURALP*” robotu bilinmektedir (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019). *SURALP* (Sabancı Üniversitesi Robot Araştırmaları Laboratuvar Platformu) adını taşıyan bu insansı robot çevreyi algılayabiliyor ve nesneleri tutabiliyor. Eğiminin değiştiği yüzeylere uyum sağlayıp yürüyebiliyor. Herhangi bir denge bozukluğunda elleri ile destek alıp doğrulabiliyor. Robotun konuşma becerileri henüz gelişim aşamasındadır (Koca, 2010).



Şekil 3.21. Türkiye'nin İlk İnsansı Robotu SURALP (Cin, 2010)

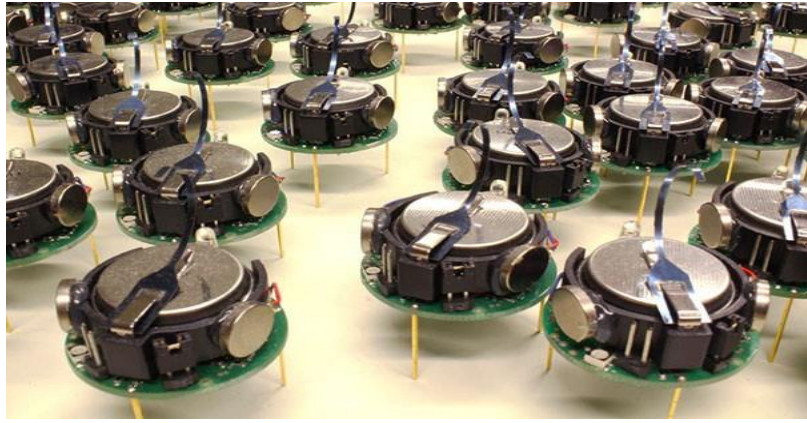
3.4.6.2.2. Çoklu Robotlar

Robot sistemlerinin rahatlıkla ulaşılabilir hale gelmesi ve aynı zamanda yapılarında ki küçülmelerden dolayı maliyetlerinde de bir düşüş meydana getirmiştir. Buna istinaden tek bir robot sisteminin görevini sayıca birden fazla robotun yapması çoklu robot sisteminin doğmasında etken rol oynamıştır. Çoklu robot sistemlerinin üstünlükleri, birbirleri ile bağlantılı çalışmaları ya da ayrı ayrı kararlar alabilme yetenekleri ayrıca yapısal anlamda basit, güvenilir ve sağlam olmaları olarak görülmektedir. Son zamanlarda çoğu tehlikeli durumlarda, arama ya da kurtarmalarda çoklu robotlar görev almaktadırlar. Bu tip robotlarda amaç belirlenen görev ya da görevleri birden fazla robotla gerçekleştirmektir (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).

3.4.6.2.3. Sürü Robotları

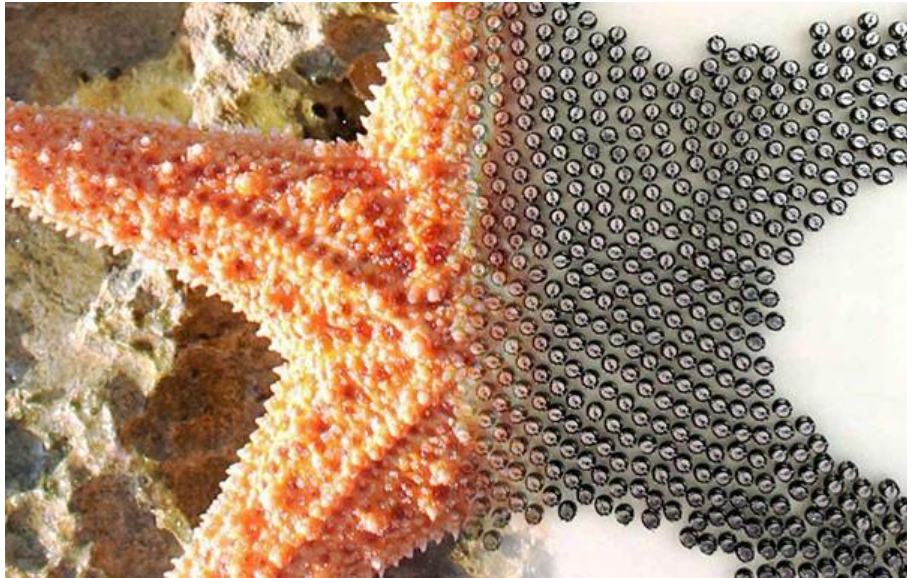
Doğada birlikte koordine halinde sürü mantığı şeklinde hareket eden canlıların tek bir akıl üzerinde gelişmiş davranışları gerçekleştirebilecekleri fikri sürü robotu kavramını

ortaya çıkarmıştır. Ayrıca donanımsal yapıların küçülmelerinden ve daha işlevsel hale gelmelerinden bu robot alanına olan ilgiyi büyük ölçüde arttırmıştır. Bu tip robotların sayısal anlamda çok olmaları herhangi bir robota bir şey olduğunda gerçekleştirilmeye çalışılan görevin aksamasını önlemektedir. Tüm bu artı özelliklere sahip olmalarına rağmen gerekli ilgiyi henüz bulamamıştır. Sürü robotu alanında yapılan çalışmalarda, Harvard Üniversitesinin gerçekleştirmiş olduğu “*kilobot*” isimli sürü robot topluluğu ile Fraunhofer Enstitüsünün geliştirdiği karınca robotlar öncü olarak bilinmektedir (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).



Şekil 3.22. Kilobot İsimli Robot Topluluğu (Sezgin, 2014)

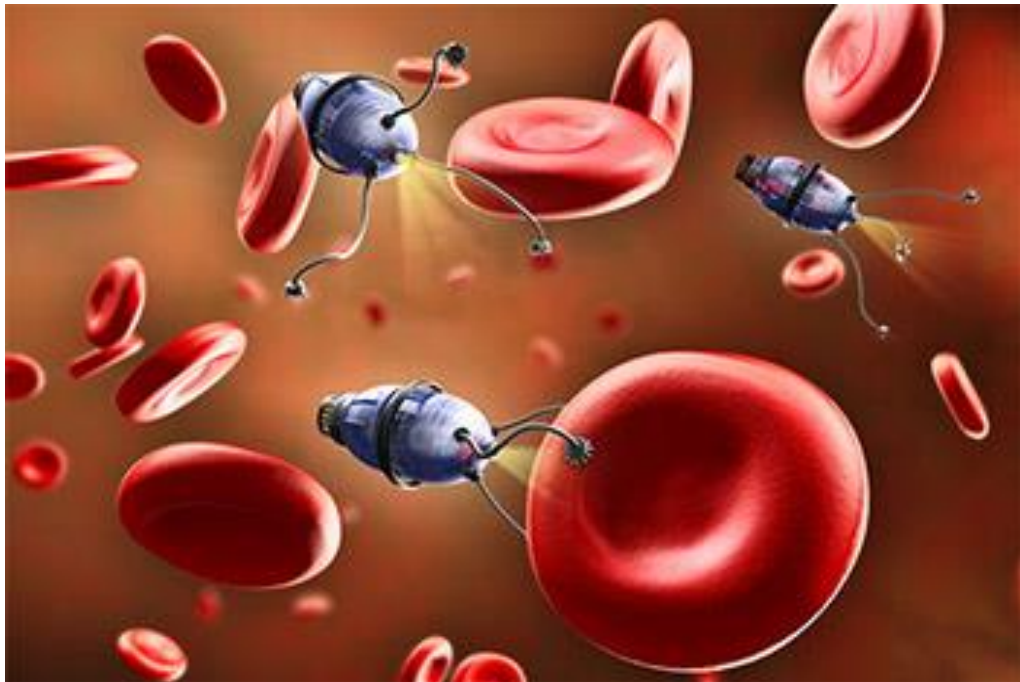
1024 adet robottan oluşan kilobot isimli sürü robotu birleşerek bir denizyıldızı halini alabiliyor.



Şekil 3.23. Kilobotların Birleşerek Oluşturdukları Denizyıldızı (Sezgin, 2014)

3.4.6.2.4. Mikro-Nano Robotlar

Robotiğin yeni araştırma alanı olan mikro-nano robotlar da amaç, çok küçük boyutlarda robotların üretilmesini sağlamaktır. Bu alanda ilk çalışma teorik anlamda Robert Freitas tarafından yapılmıştır. Günümüz teknolojisinin ilerlemesi ile özellikle sağlık alanında robotların oldukça fazla kullanılması mikro-nano robotlara olan ilgiyi arttırmış bulunmaktadır. İnsanların organlarında dolaşması ve bu sırada da farklı görevleri yerine getireceği düşünülen bu robotlar hakkında son zamanlarda ki çalışma sayıları fazlalaşmıştır (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019). Özellikle sağlıkta kanser tedavilerinde kullanılması planlanan bu robotlar, hastalıklı ya da hastalıklı olmayan hücreleri ayırt edebilecekler. Bu ayrımı yaparken hücrenin yüzeyindeki antijenleri kontrol ederek yapacaklardır (Bayrak, 2019). Çok farklı alanlarda kullanılmaya başlanılan bu robotlar sağlık alanının yanı sıra örneğin bir boru hattındaki hasarı bulmaya da yarayabilir. Mikro-nano robotların kullanımında problem olarak görülen bazı hususlar vardır. Enerjilerinin devamlılığı, sağlık alanında kullanılıyorsa insan dokularına verebilecekleri zararlar ya da bu robotların hareketlerinin kontrol edilmesi problem olarak görülmektedir (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).



Şekil 3.24. Medikal Nano Robotlar (Şen, 2013)

3.4.6.2.5. Biyo-İlhamlı Robotlar

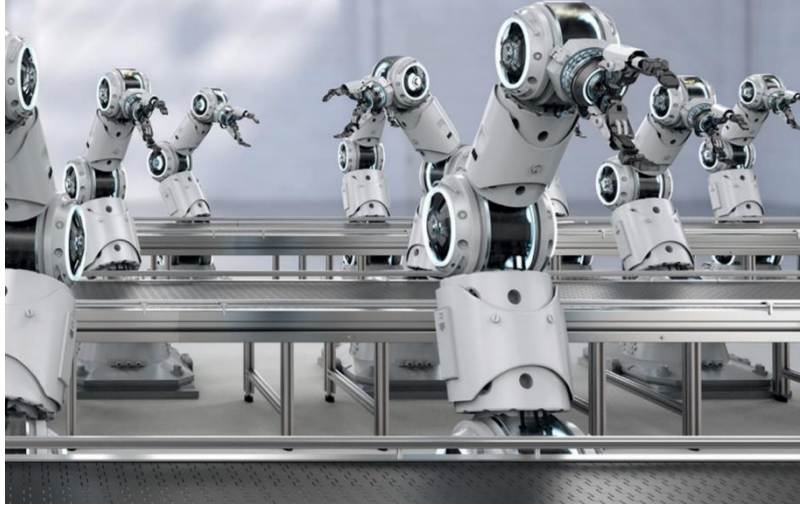
Biyolojik ilhamlı robotlar, doğada var olan canlıları taklit eden ve onlar gibi davranışlar gösteren robotlar olarak bilinmektedirler. Bu tür robotları diğer robotlardan ayıran özellikleri, doğada ilham alınan canlıların özelliklerini sergilemeleri ve onların yaşadıkları ortamlarda ya da benzerlerinde yaşayabilecek, uyum sağlayabilecek şekilde modellenmiş robotlar olmalarıdır. Bu tür robotlar ile elde edilmek istenilen amaç robot yapıları oluşturulurken doğal yapıların elde edilmek istenilmesidir (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).



Şekil 3.25. Balık Robot (Yavuz, 2017)

3.4.6.2.6. İşbirlikçi Robotlar

Günümüzde insanlara yardım eden, onlarla birlikte aynı ortamları güvenli bir şekilde paylaşan, onların iş yükünü azaltan ve iş yapabilme çeşitliliği bakımından oldukça geniş bir yelpazeye sahip bu robotlara *işbirlikçi* robotlar denilmektedir. Bu tür robotların çalışmalarındaki odak noktası insandır. İnsan ve robotların işbirliği içerisinde çalıştıkları durumlarda bu robotlar ön plandadır. İşbirlikçi robotlar öğrenme konusunda gelişime açık robotlardır. Kendilerine verilen görevleri eksiksiz bir şekilde yerine getirirler ve bunu yaparken alınacak olan kararları kendileri alırlar (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).



Şekil 3.26. İşbirlikçi Endüstriyel Robotlar (Dilibal ve Şahin, 2018)

3.4.6.3. Haptik Sistemler

İnsanlarla bilgisayarlar arasındaki etkileşimin duyular yardımı ile sağlandığı ve cihazın gerçekleştirdiği dokunma durumlarının hissedilmesi açısından oluşturulmaya çalışılan sistemler *haptik sistemler* olarak bilinmektedir. Yani cihaz herhangi bir yere dokunduğunda o cihazı kontrol eden kişinin de oradaki dokunma hissiyatını algıladığı sistemlerdir. Haptik sistemlerin farklı kullanım alanları mevcuttur. Bu alanlara örnek olarak askeri alanlar, oyunlar, sağlık alanındaki uygulamalar verilebilir. Cerrahi alanda haptik sistemlerin kullanımı oldukça yaygındır. Bunların dışında kullanım alanlarına ek olarak oyunlarda yapılan gerçekçi uygulamalar sanal ortamdaki duyuların hissedilmesini sağlamaktadır (Gürgöze ve Türkoğlu, 2019).



Şekil 3.27. Doktor Adayları İçin Yapılan Haptik Sistem Simülasyonu (Anonim, 2018e)

Haptik teknolojisi konusunda uzmanların görüşleri, gelecekte oldukça başarılı sonuçların alınacağı sistemler olacağı yönünde. Sanal gerçeklik gözlükleri ile görülen alanların, haptik teknolojisi ile birleşerek hissedilmesine de olanak sağlayacaktır. Örneğin, sanal dünyada görülen bir futbol topuna vurulduğunda görsel olarak o topu görmenin yanı sıra topun bizim ayağımıza uyguladığı o andaki basıncıda hissetmek mümkün olacaktır. Haptik sistemler alanında bilinen en başarılı ürün TeslaSuit adındaki sanal gerçeklik giysisidir (Anonim, 2018e).



Şekil 3.28. TeslaSuit Giysisi (Berezniak, 2018)

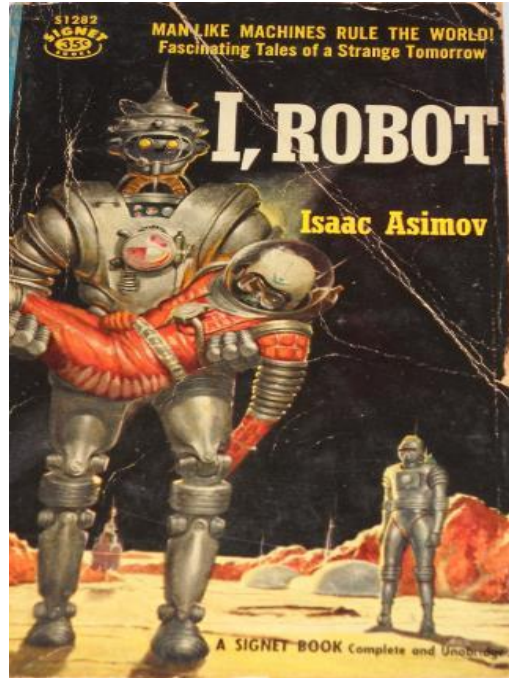
3.5. Isaac Asimov'un Üç Robot Yasası

2 Ocak 1920 yılında Rusya' da doğan Isaac Asimov, 1939 yılında Columbia üniversitesinde okuduğu kimya bölümünü bitirmiş ve aynı bölümde doktorasını yapmıştır. Profesörlük ünvanını ise Boston üniversitesinde 1979 yılında almıştır. Kılık kıyafeti ve görüntüsü, sıra dışı biri olduğunun açıkça kanıtıdır. (Uçar, 2019).



Şekil 3.29. Isaac Asimov (Uçar, 2019)

1940' lı yılların başlarında Isaac Asimov ve John Campbell insan komutlarının dışına çıkmayan ve o talimatlar çerçevesinde hareket eden akıllı robot düşüncesini ileri sürmüşlerdir. Asimov, 1950 yılında 9 kısa hikâye ve aynı zamanda birbirleri ile bağlantılı olan bu hikâyelerin birleşiminden oluşan "*I, Robot*" isimli eseri oluşturmuştur (Ünlütürk ve ark., 2012).



Şekil 3.30. Asimov' un Ben Robot İsimli Kitabı (Uçar, 2019)

Asimov, yayınlanan kitabında "*Durağan Döngü*" isimli hikâyesinde "*Robotiğin üç temel yasasını*" ortaya çıkarmıştır (Uçar, 2019). Bunlar;

Yasa 1: Robotların her ne koşulda olursa olsun insanlara hiçbir şekilde zararları olmamalı ve şayet insanların zarar görebileceği bir durum söz konusu olduğunda ise hareket etmemeleri gerekir.

Yasa 2: Bir numaralı yasanın dışına çıkılmamak şartıyla, insanlara her zaman sadık kalmalı ve onlara itaat etmeleri gereklidir.

Yasa 3: Bu iki yasanın dışına çıkılmamak şartıyla, robotlarında kendilerini korumaları gerekmektedir (Ünlütürk ve ark., 2012).

Isaac Asimov bu yasaları ortaya çıkarırken henüz yapay zekâ diye bir kavram ortada yoktu. Bu da Asimov’ un ileri görüşlü bir insan olduğu fikrini doğurmaktadır. Aynı zamanda ortaya çıkardığı yasaların temellerinin oldukça sağlam olduklarının ispatıdır. Isaac Asimov bu yasalara dayanarak aslında robotların sadece makineden ibaret olduklarını, insanlara zarar verebilecek makineler olmadıklarını söylemektedir (Uçar, 2019).

Asimov yasaları belirledikten sonra aslında her şeyin tamamlanmış ya da tümüyle mükemmel olduğunu savunmamış aksine kendi hikâyelerini yazmaya devam ederken eksiklikleri görmeye çalışmıştır. Hikâyelerini yazarken robot yasalarında değişiklik yapması gerektiğini görmüştür. Bu sebeple birinci yasayı değişikliğe uğratarak kurallarının içerisine “sıfırıncı yasayı” eklemiştir. Böylelikle Asimov’ un 3 (Üç) robot yasası 4 (Dört) yasaya çıkmıştır (Narmanlı, 2014).

Sıfırıncı Yasa: Robotların, ne olursa olsun insanlığa zarar vermemeli veya insanlığın zarar görmesine izleyici kalmaması gerekmektedir (Narmanlı, 2014).

Eklenen bu yasa ile Asimov’ un 3 (Üç) robot yasası aşağıdaki gibi şekillenmiştir:

Yasa 0: Robotların, ne olursa olsun insanlığa zarar vermemeli veya insanlığın zarar görmesine izleyici kalmaması gerekmektedir.

Yasa 1: Eğer robot sıfırıncı yasa ile çelişmiyorsa, kendi bilgisi sınırları içerisinde herhangi bir insana zarar veremez ya da zarar görmesine izleyici kalamaz.

Yasa 2: Robotlar sıfırıncı ve birinci yasayla çelişmediği müddetçe, insanlara her zaman sadık kalmalıdır ve onlara itaat etmelidir.

Yasa 3: ilk üç yasanın dışına çıkılmamak şartıyla robotlarda kendi varlıklarını korumalıdır. (Narmanlı, 2014).

Asimov bu son hamlesi ile robotlar için yeni bir anlam kazandırmıştır. Artık insanlar için zarar verici oluşumlar olduğu zaman robotlar karşı gelecektir. Yasaların son halini alması ile beraber bilim kurgu tabanı da oldukça güçlenmiş, robot teknolojisi için

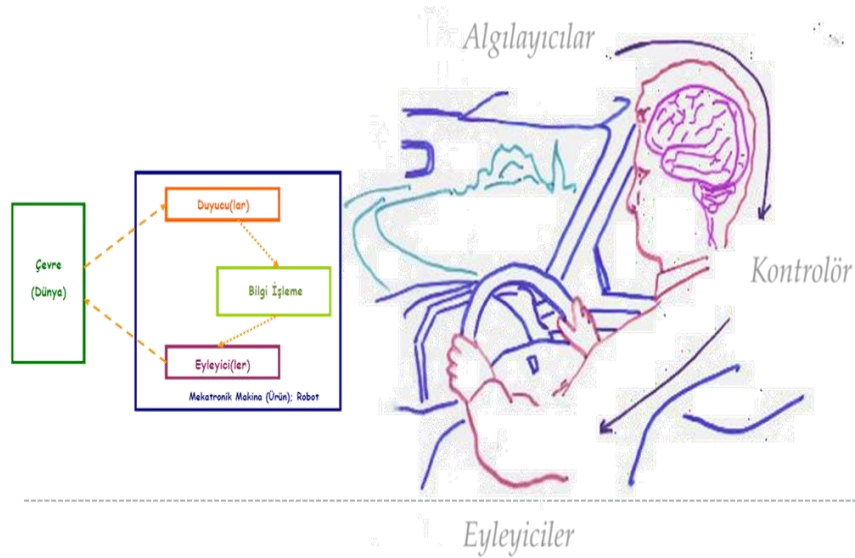
bakış açıları değişmiş ve en önemlisi yapay zekâ alanı için yeni fikirler ortaya çıkmaya başlamıştır (Uçar, 2019).

3.6. Robotların Temel İşlevleri

Robotlar canlılara benzer davranış biçimleri olan canlılar olduklarından işlevleri de bu anlamda benzerlik göstermektedir (Şişman, 2017).

Robotların başlıca temel işlevleri şunlardır:

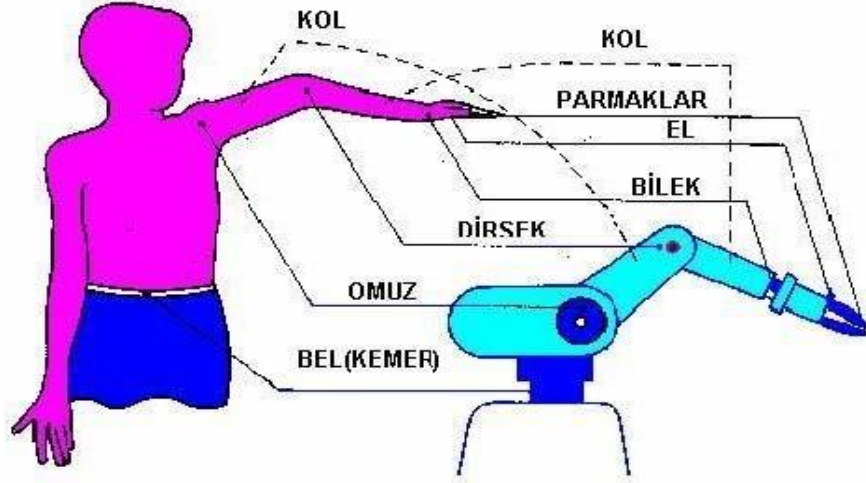
- Bulundukları çevrelerini algılayabilirler,
- Algıladıkları çevreler ile karar alma özellikleri vardır,
- Bulundukları çevreyi başka bir çevre ile değiştirebilirler (Şişman, 2017).



Şekil 3.31. Robotların İşlev Şeması (Şişman, 2017)

3.7. Robotların Bileşenleri

Robotları oluşturan bileşenler genel anlamda yapısal bileşenler, bağlantı bileşenleri ve mekanik hareket bileşenleri olarak 3 (Üç) gruba ayrılabilir (Çolak, 2019b).



Şekil 3.32. İnsan ve Robot Arasındaki Benzer Uzuvlar (Şişman, 2017)

3.7.1. Yapısal Bileşenler

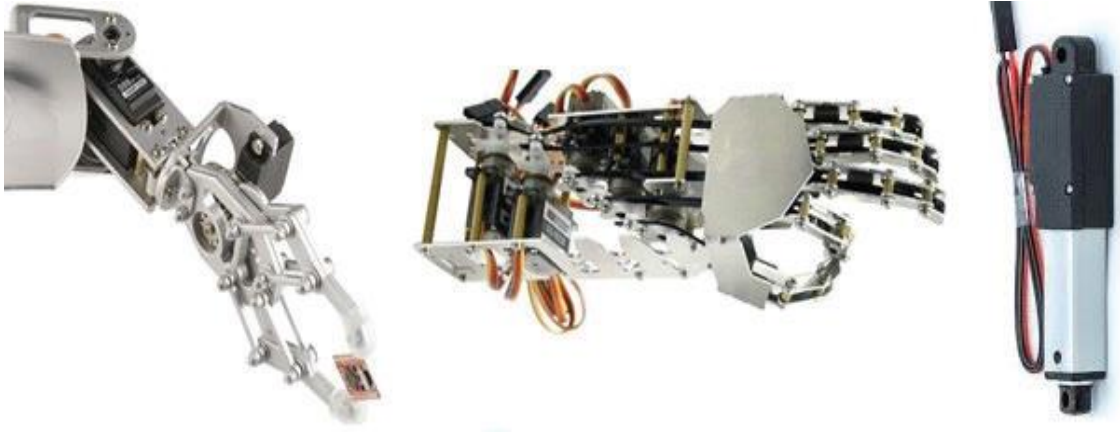
Robotun ana yapısını oluşturan uzuvları üzerinde taşıyan gövde ve iskelet gibi yapılar robotun yapısal bileşenlerini oluşturmaktadır. Metal ya da plastikten yapılabilir (Çolak, 2019b). Yapısal bileşenlerden bazıları şunlardır:

Şaseler: Üzerinde bağlantı deliklerinin bulunduğu, plastik veya metal şeklinde olan montaja hazır halde bulunan gövdelerdir. Çeşitli şekillerde (kare, dikdörtgen veya yuvarlak) bulunabilmektedirler.



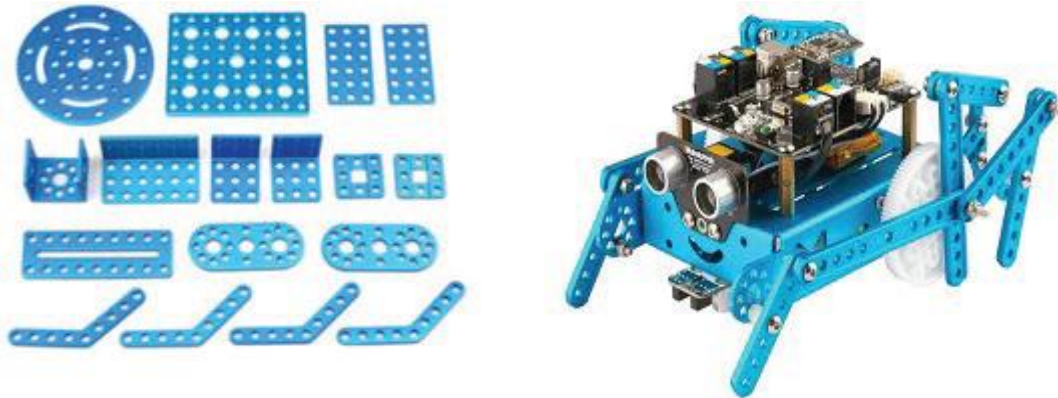
Şekil 3.33. Şase Örnekleri (Çolak, 2019b)

Aktüatörler ve Mekanik Kollar: Herhangi bir nesnenin tutulmasını, bulunduğu yerden kaldırılmasını, yönünün değiştirilmesi için kullanılan bileşenlerdir. Bu tür bileşenlerde genel anlamda 2 tutucu kısıp bulunmaktadır. Bunun yanı sıra çok sayıda uzva sahip robot kollarda mevcuttur (Çolak, 2019b).



Şekil 3.34. Mekanik Kol ve Aktüatör Örnekleri (Çolak, 2019b)

Mekanik Parçalar: Çeşitli bağlantı elemanlarının kullanılması ile robot düzeneğinin istenilen biçimde geliştirilmesini ve o düzene benzetilmesini sağlayan yapısal anlamda kullanılan parçalardır. Örnek olarak şekil 3.22 de görüldüğü gibi tekerlekli bir robot yapılan eklemelerle ayaklı bir robot haline dönüştürülmüştür (Çolak, 2019b).



Şekil 3.35. Tekerlekli Robotun Eklemelerle Ayaklı Robota Dönüştürülmesi (Çolak, 2019b)

3.7.1.1. Yapısal Bileşenlerin Görevleri

- Robotu oluşturan bileşenlerden yapısal bileşenlerin ana görevi, robot için taşıyıcı sistemi oluşturmak,
- Gerektiğinde robota eklemeler yapılmasını ve bu eklemelere bağlı olarak robotun geliştirilmesine olanak sağlamak,
- Mekanik parça üzerinde bulunan delikler yardımıyla yapılacak olan eklemelerin rahatça yapılmasını sağlamak,
- Hızlı ve kolay bir montaj imkânı sağlamaktır (Çolak, 2019b).

3.7.2. Mekanik Hareket / Eylem Bileşenleri

Robotların hareketlerine uygun şekilde seçilip kullanılan bileşenlerdir. Paletler, tekerlekler ve ayaklar bu bileşen sınıfında yer alırlar. Dönmeye bağlı hareket için farklı türlerde ve ölçülerde tekerler veya paletler vardır. Bunun yanı sıra yürümeye bağlı hareketin gerçekleşmesi için ise servo motor bulunan farklı türde ayaklar bulunmaktadır (Çolak, 2019b).



Şekil 3.36. Paletli ve Ayaklı Mekanik Bileşen Örnekleri (Çolak, 2019)

3.7.2.1. Mekanik Bileşenlerin Görevleri

- Hareket bileşenlerinin ana görevleri, gerekli mekanik yapının sağlanarak robotun hareketini gerçekleştirmek,
- Paletli veya tekerlekli çeşitlerinin olması sebebi ile farklı mekân koşullarında (İç Mekân, Dış Mekân) kullanılması,
- Tercih edilen robot türünün insansı robot olması durumunda, ayaklı bileşenlerin bulunması durumu kolaylaştırır (Çolak, 2019b).

3.7.3. Montaj Bileşenleri

Robotu oluşturan bileşenleri birbirlerine veya robotun gövdesine bağlayarak bir arada durmalarını sağlayan metal ya da plastik çeşitleri olan vida, somun, delilli levha, rondela gibi elemanlara montaj bileşenleri adı verilir (Çolak, 2019b).



Şekil 3.37. Çeşitli Montaj Bileşenleri (Çolak, 2019b)

3.7.3.1. Montaj Bileşenlerinin Görevleri

- Bağlantı elemanları olarak da bilinen montaj bileşenlerinin en temel görevi, robotu oluşturan uzuvların birbirlerine ya da robotun gövdesine bağlanmasıyla bir bütün oluşturmalarıdır.
- Tüm bileşenlerin bir arada olmasını sağlar ve bu sayede robotun zarar görmesini engeller.
- Bileşenlerin arzu edilen şekilde bağlanmaları gerçekleştiği için bu sayede esnek bir kullanımda sağlanmış olur (Çolak, 2019b).

3.8. Robotlar Nasıl Çalışır?

Herhangi bir cihaza robot adı verebilmenin şartı öncelikle o cihazın herhangi bir zorlukta insan müdahalesi olmadan kendi kararını kendisinin verebilmesidir. Örneğin; herhangi bir mobilya ürünü üretimi yapılırken kullanılan testere, planya, zımpara vs. gibi aletler robot olarak adlandırılmaz. Bu gibi aletler insan müdahalesi ile kendi işlevlerini gerçekleştirmektedirler. Fakat günümüz teknolojisinde kullanılan CNC (Computer Numerical Control) makineler robot olarak adlandırılabilir. Takım tezgâhlarının sayısal komutlarla kontrol edilmesi, CNC (Computer Numerical Control) adını alır. Bu makineler daha önceden kendi hafızalarına yüklenen programlardaki akışa uyarak insan müdahalesi olmadan gerekli işlemleri yapabiliyorlar (Yalçınkaya, 2019).

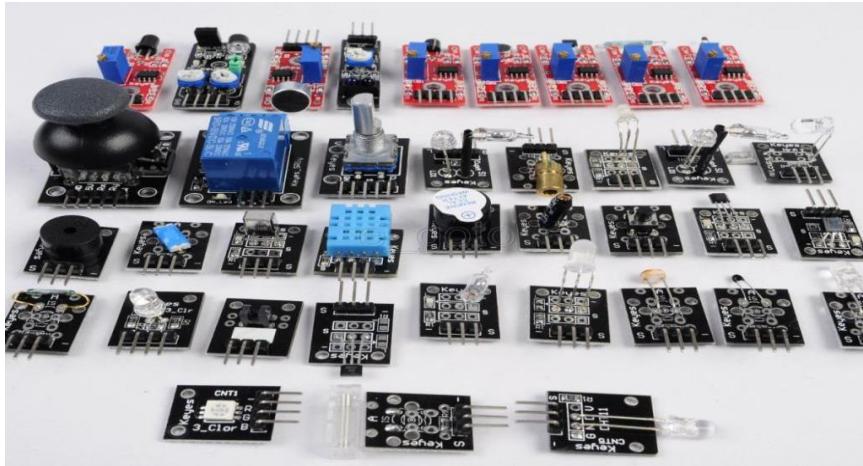


Şekil 3.38. CNC Ahşap İşleme Makinesi (Anonim, 2018d)

Robotlar genel anlamda 3 başlıktan oluşmaktadır. Bunlar:

1. Sensörler
2. Elektronik Karar Mekanizması
3. Mekanik Uygulayıcılardır.

Bu başlıklara kısaca değinecek olursak eğer, sensörler fiziksel büyüklükleri algılayabilen genelde elektronik bir yapıda bulunan algılayıcılardır. Bu fiziksel büyüklükler, ısı, ışık, hava, nem, hız, ivme, akım, gerilim gibi büyüklüklerdir. Sensörler algıladıkları bu büyüklükleri daha sonra elektrik sinyallerine dönüştürerek karar mekanizmasına aktarırlar (Yalçınkaya, 2019).



Şekil 3.39. Çeşitli Sensörler (Koçoğlu, 2015)

Sensörlerden gelen sinyallerin değerine göre mekanik uygulayıcıları harekete geçiren kısım ise elektronik karar mekanizmasıdır. Bu kısım yazılım desteği ile değerlendirme yapmaktadır. Bazen sensörlere ihtiyaç duyulmadan sadece yazılımla gelen komutlara göre mekanik uygulayıcıları harekete geçirebilmektedir (Yalçınkaya, 2019).

Son kısım ise mekanik uygulayıcı olarak adlandırılan kısımdır. Burada karar mekanizmasından gelen sinyallere göre beklenen görevin yerine getirilmesi istenmektedir. Mekanik uygulayıcı, karar mekanizmasından gelen sinyal değerlerine göre kendisinden beklenen görev ne ise onu yerine getirir (Yalçınkaya, 2019).

3.9. Robotların Tasarımlarındaki Önemli Hususlar

Robot tasarımı genel anlamda bazı problemlerin ortadan kaldırılması için yapılmaktadır. Belirlenen problemlerin ortadan kalkması için robotların tasarım aşamasında uygun yöntemler belirlenerek bu problemlerin çözüme kavuşması sağlanır. Robotların insanlara göre elbette algıları, davranış yetenekleri ve durumları kavrama becerileri sınırlı durumdadır. Ve bu durum ileride insanlarla robotlar arasında belirli bazı sosyal dengesizlikleri meydana getirecektir. Fakat bu sınırlı kabiliyetleri robotların başarısız olacağı anlamına gelmemelidir (Tunç, 2019).

Robot tasarımlarında bazı hususlar oldukça önemlidir. Bu hususlar:

- Herhangi bir durumda planlama ve karar alma yani kavrama becerisi
- Bulundukları çevreyi algılayıp hissetme
- Hareket ve nesneleri kullanma yeteneği
- İnsan ve robot etkileşimi
- İnsan hareketlerinin doğru algılanıp yorumlanması
- Robotun davranışlarının gerçekçi olması
- Çalışma hızlarının insanların çalışma hızları ile uyum sağlaması (Tunç, 2019).

Robotların tasarımları yapılırken yukarıda belirtilen hususlar oldukça önem taşımaktadır. Robot tasarımcıları bu hususlara dayanarak her bir problemin çözümü için değişik yöntemlerle ve tekniklerle tasarımlarını gerçekleştirirler.

3.10. İnsan ve Robot Etkileşimi

İnsanların davranışlarını sergilemelerinde duyguların önemi oldukça büyüktür. İnsanlara ait duyguların yapay zekâ teknolojisinin yardımı ile sosyal robotlarda kullanılma düşüncesi günümüz teknolojisinde bilim adamları tarafından oldukça dikkat çeken bir durumdur. Duygu iletimi için bazı değişkenler ortak olduğu halde robotlarda bu iletimin sağlanması hala karmaşık bir yapıdadır. Bunun yanı sıra jest ve mimiklerin kullanılmadığı yapay zekâ ile oluşturulan seslerinde eksikliği söz konusudur. Bu durum robotlarda karşılıklı iletişim için oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu durumun en önemli sebebi robotların ifadelerindeki algılanmanın karışıklık içinde olmasıdır. Karşıdakinin algılamasını zorlaştırmasıdır. Robotların yüz ifadelerini karşıya aktarmaları oldukça zordur ve yetersizdir. Bu konuda kullanılan bazı yöntemler bulunmaktadır. Bilgisayar grafiklerinin kullanımı bu yöntemlere örnek olarak verilebilir (Tunç, 2019).



Şekil 3.40. İnsan-Robot İş Birliği (Anonim, 2018f)

3.11. Robotik Sistemlerin Geleceği

“Geçmişten günümüze kadar robotik alanda gerçekleşen gelişmelere bakıldığında zaman en basit robottan en karmaşık yapıya sahip robota kadar bulmak mümkündür. Cerrahi alanda gerçekleştirilen operasyonlarda kullanılan robotlardan sanayide üretim yapan endüstriyel robotlara kadar farklı robot çeşitleri bu sınıf arasında yer almaktadır. Bunların yanı sıra insanların merak ettiği konu, robotların gelecekte evlerde bireysel anlamda kullanılıp kullanılmayacağıdır. Yapılan araştırmalara ve gerçekleşen teknolojik gelişmelere bakıldığında bu sorunun cevabı büyük ihtimalle çok sayıda bireysel robot

evlerde kullanılmaya başlayacaktır diye olacaktır. Gelecekte insansı robotlarla iletişim kurup onlara arkadaş olunduğu görüldüğünde aslında o robotların insanlık için tehdit oluşturmadığı anlaşılabilecek ve insanlık tarafından kabullenecekler. Örnek olarak insansı robot *Nao*'nun kullanılış amaçları arasında gelecekte yaşlı insanlara yardım etmek, çocuklar için çok iyi bir oyun arkadaşı olmak ve otizmli çocukların yapacağı egzersiz hareketlerde eşlik etmek ve onların denetimine yardımda bulunmak gibi kavramlar söz konusudur” (Anonim, 2011).



Şekil 3.41. İnsansı Robot NAO (Anonim, 2014a)

Aldebaran robotics tarafından ortaya çıkan ve büyük başarıya ulaşan Nao isimli bu insansı robot beklentilerin aksine çıkardığı masum ve insancıl seslerle sevecen bir hal almıştır. Özellikle bu robotun yürümesi, konuşması, algılaması ve görmesi birçok özelliğin başarıyla kullanıldığı bir robottur. Bu sevecenliğin robota kazandırılmasındaki amaç onların artık aile içine girmek istemeleridir (Anonim, 2014a).

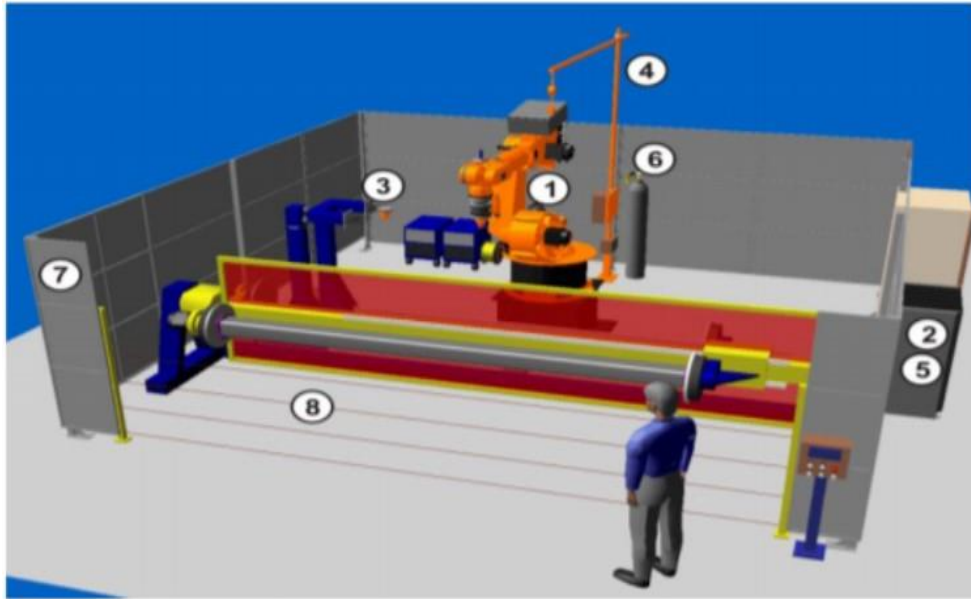
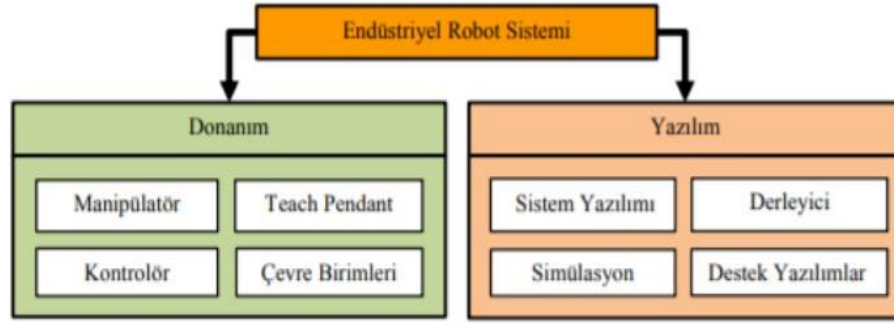
İnsanların geçmişteki düşünceleri ile günümüzdeki düşünceleri elbette farklıdır ve farklı olmaya da devam edecektir. Geçmişte kimse bugünün bu şekilde olacağını ve teknolojinin bu kadar gelişeceğini kabul edemezdi aynı zamanda bugünde gelecekteki teknolojiyi kabullenmek insanlık için zor olacaktır. Örneğin, günümüzde uçan araba fikri

insanların çoğu tarafından kabul görmekte zorlanırken bu fikrin gelecekteki teknoloji ile gerçekleşeceği şüphesiz kaçınılmaz bir durumdur (Anonim, 2014a).

Robotların hayatımızın bir parçası olmaları gelecekte kesinlikle olması beklenen bir durumdur. Yani mevcut teknolojide bir robotun olmayışı onun gelecekteki teknoloji ile hayatımıza girmeyeceği anlamına gelmiyor. Gelecek teknoloji ile robotlar artık insanların hayatlarında vazgeçilmez bir yere sahip olacaklardır (Anonim, 2014a).

4. ENDÜSTRİYEL ROBOT SİSTEMLERİ

Temelinde donanımın ve yazılımın olduğu ve “*Robot Hücresi*” olarak bilinen sistem, endüstriyel robot sistemidir. Aşağıdaki şekilde endüstriyel robot sisteminin yapısı gösterilmektedir.



Endüstriyel Robot Sistemi (Koruyucu Gaz Kaynak Robot Hücresi)

1	Robot	5	Çevre Birim Bağlantıları
2	Kumanda Sistemleri	6	Sensör Sistemi
3	Alet/Alet Değiştirici	7	Korkuluk
4	Enerji Beslemesi	8	Işık perdesi kullanıldığında yerleştirme bölgesi

Şekil 4.1. Endüstriyel Robot Sistemi (Dişlitaş, 2015)

4.1. Eksen Sayıları

Endüstriyel sistemde manipülatörün hareketi onun sahip olduğu eksen sayısına ve özelliğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu durum aşağıda verilen çizelgede gösterilmiştir.

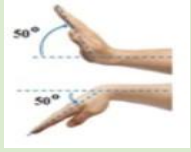
Çizelge 4.1. Endüstriyel Robot Eksenleri (Dişlitaş, 2015)

Eksen Sayısı	Tip	Özellik	Açıklama
1-3	Majör Eksen	Bilek Pozisyonu Belirleme	Robotun Çalışma Alanı Belirlenir
4-6	Minör Eksen	Alet Yönü Belirleme	Manipülatör ucundaki aletin Yönlendirilmesi sağlanır
7-n	Redundant (Gereğinden fazla) Eksen	Engellerden Kaçınma	Manipülatörün Çalışma alanındaki engellerden kaçınması sağlanır.

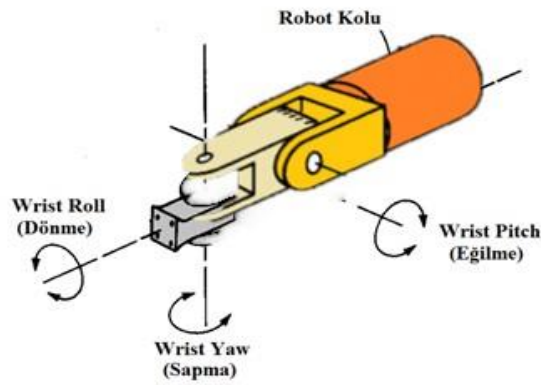
4.2. Alet Yönlendirme

Robotların ve insanların bilek hareketleri benzerlik göstermektedir. Elbette bu durum kişiler arasında farklılıklarda gösterebilir. Genel anlamda insan bileğinin hareket durumu aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Endüstriyel robotlarda yön, Roll (Dönme), Pitch (Alçalma-Yükselme) ve Yaw (Sapma) olmak üzere 3 şekilde ölçülmektedir (Dişlitaş, 2015).

Çizelge 4.2. İnsan Elinin Hareket Durumları (Dışlitaş, 2015)

Hareket Şekli	Açıklama	Örnek Hareket
ROLL (Dönme)	Sağ Kol 0° konumundayken ve avuç içi aşağı bakıyorken, bileğin saat yönünde ve saat yönünün tersinde hareket ettirilmesidir.	 (Dönme=180°+90°=270°)
PITCH (Alçalma-Yükselme)	Sağ kol 0° konumundayken ve avuç içi aşağı bakıyorken, bileğin aşağı ve yukarı hareket ettirilmesidir.	 (Alçalma-Yükselme=50°+50°=100°)
YAW (Sapma)	Sağ kol 0° konumundayken ve avuç içi aşağı bakıyorken, bileğin sağa ve sola hareket ettirilmesidir.	 (Sapma=20°+45°=65°)

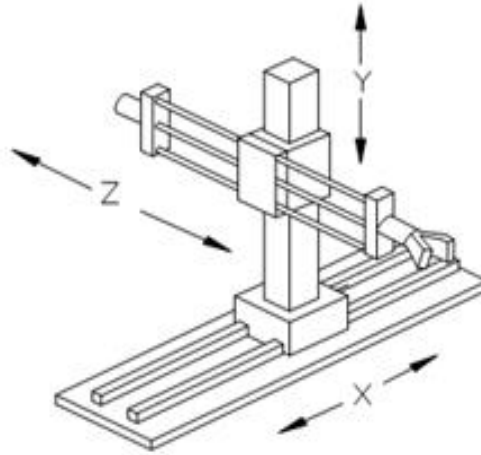
Robotların insan bileğine benzer sahip oldukları bileklerinin hareket durumları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Robot Bilek Hareketleri (Dışlitaş, 2015)

4.3. Serbestlik Derecesi

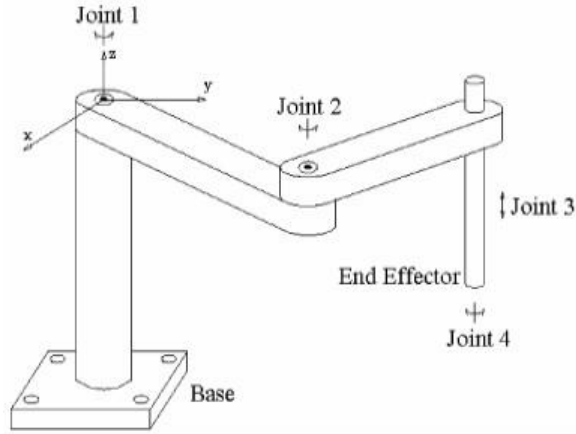
“Robotikte serbestlik derecesi (DOF) denildiğinde aslında eksen sayısından bahsedilmektedir. Bir robotta eksen sayısı ne kadar fazla ise o robotun çalışma alanı da o kadar geniş demektir. Robotlarda eksen sayısını belirlerken mevcut motor sayılarından yararlanılabilir fakat bu durum günümüz teknolojisinde pek mümkün olmamaktadır. Bu durumun sebebi ise motorların robotun gövdesine yerleştirilmiş olmasıdır. Yapılacak işlerin zor ve bir o kadar da karmaşık olması nedeni ile ihtiyaç duyulan robotunda eksen sayısı o kadar fazla olmalıdır. Bu durumda robot eksen sayısının fazlalığına bağlı olarak manevra yeteneğini de arttırmış olacaktır. Herhangi bir iş için kullanılacak robot eğer 3 (Üç) eksene sahip ise XYZ koordinatlarında çalışabilir. Fakat bunların dışında eğilme ya da dönme hareketlerini gerçekleştiremez. Buna bağlı olarak robota sonrasında herhangi bir eksen eklemek o kadar da kolay değil hatta imkânsıza yakındır” (Bélanger-Barrette, 2015).



Şekil 4.3. 3 (Üç) Eksenli Robot Örneği (Bélanger-Barrette, 2015)

Robotta serbestlik derecesi (DOF) her biri değişik hareketler yapan motorların sayısına bağlı olarak değişir. Robotun sahip olduğu her bir eklem o robota bir serbestlik derecesi (DOF) ekler. Eklemlerden birinin diğer eklemlerden farklı işlevi yerine getirmesi gerekir (Akyüz, 2016).

4 (Dört) eksenli bir robotta doğal olarak XYZ koordinatlarının yanı sıra dördüncü eksen etrafında döndürmek mümkündür. Bazı scara ve delta robot tipleri 4 (Dört) eksenli robotlara örnek verilebilir (Bélanger-Barrette, 2015).



Şekil 4.4. 4 (Dört) Eksenli Scara Robot (Bélanger-Barrette, 2015)

Bu ve buna benzer örneklemeler arttırılabilir. Bir robotun işlevselliği bağlı o robottaki eklem sayılarına bağlıdır.

4.4. Endüstriyel Robotların Avantajları ve Dezavantajları

Endüstride farklı alanlarda kullanılan birçok robot vardır. Otomotiv, mekanik, elektronik, elektrik gibi alanlar örnek olarak gösterilebilir. Bu robotların endüstride tercih edilme sebepleri yani avantajları şunlardır:

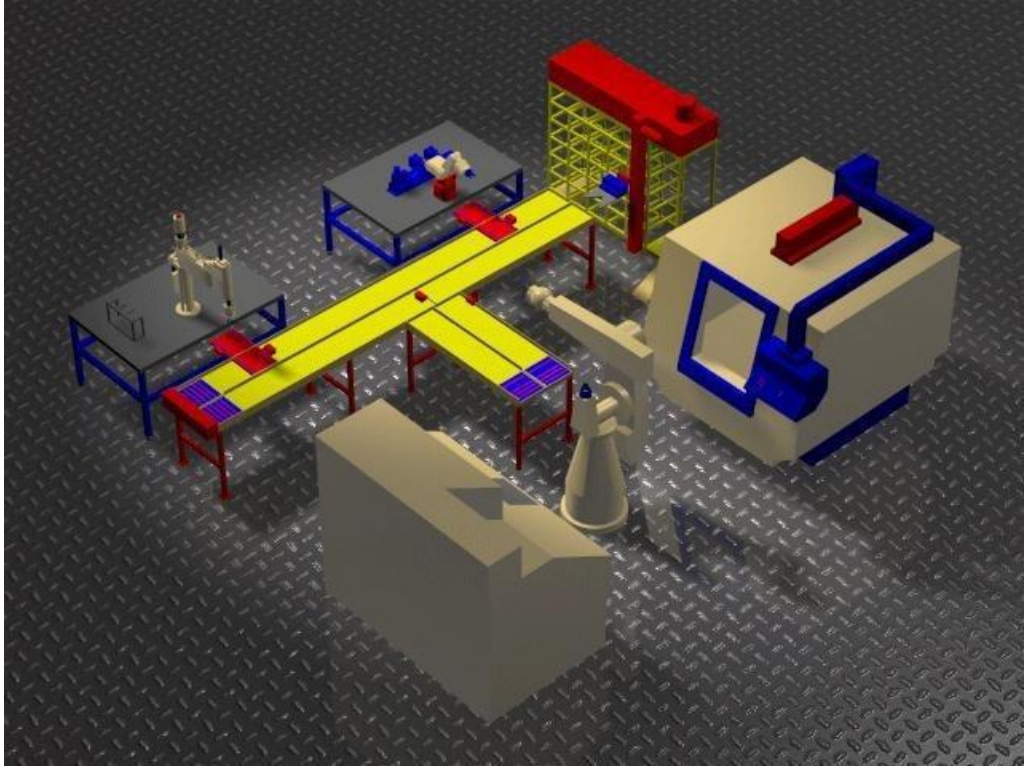
1. İnsanlar için tehlikeli olan ağır ve zorlu işlerde kullanılabilir,
2. Birden fazla işçinin yapacağı işi tek başına yapacağından işçilik maliyeti azalmış olacaktır,
3. Zamandan tasarruf edileceği için üretilen ürün miktarı artacaktır,
4. Daha güvenilir bir üretim yapılacaktır,
5. İnsanlara göre daha kısa sürede sonuca ulaşacaktır,
6. Elde edilen kaliteli üretime bağlı kazanç oranı artacaktır,
7. Üretimdeki hatalar minimuma indirgenecektir,
8. Aralıksız üretim imkânı olacaktır,
9. İnsanların yapmakta zorlandığı hareketler daha esnek bir şekilde yapılacaktır,
10. Kaliteli ve tecrübeli işçilik arayışı bu sayede son bulacaktır (Çengelci ve Çimen, 2005).

Bu avantajların yanı sıra endüstriyel robotların avantajları arasında uzaktan erişim sağlanabilmesi, hammadde israfının engellenmesi ve en önemlisi iş güvenliğinin sağlanması gösterilebilir (Baylan, 2019).

Elbette endüstriyel robotların avantajları olduğu kadar dezavantajları da vardır. Bundan dolayı yapılacak iş için seçilen robotun istenilen ihtiyaçları eksiksiz karşılaması gerekmektedir. Endüstriyel robotların belli başlı dezavantajları şunlardır:

1. İnsanlar gibi düşünemezler,
2. Sadece kendisine öğretilen nesneleri tanıyabilirler,
3. Programlanabilir olduklarından dolayı herhangi bir program yüklemesi yapılmadan çalışamazlar,
4. Yatırım anlamında maliyetleri yüksektir,
5. Bakım ve onarımları açısından fazlaca zamana ihtiyaç vardır (Çengelci ve Çimen, 2005).

Endüstriyel robotlar süreklilik prensibine bağlı çalıştıkları için yanlış programlanmalarından dolayı aynı hatayı tekrar edeceklerinden bu durum üretimde sıkıntı oluşturabilir. O yüzden programlama aşaması en dikkat edilmesi gereken aşamalardan biridir.



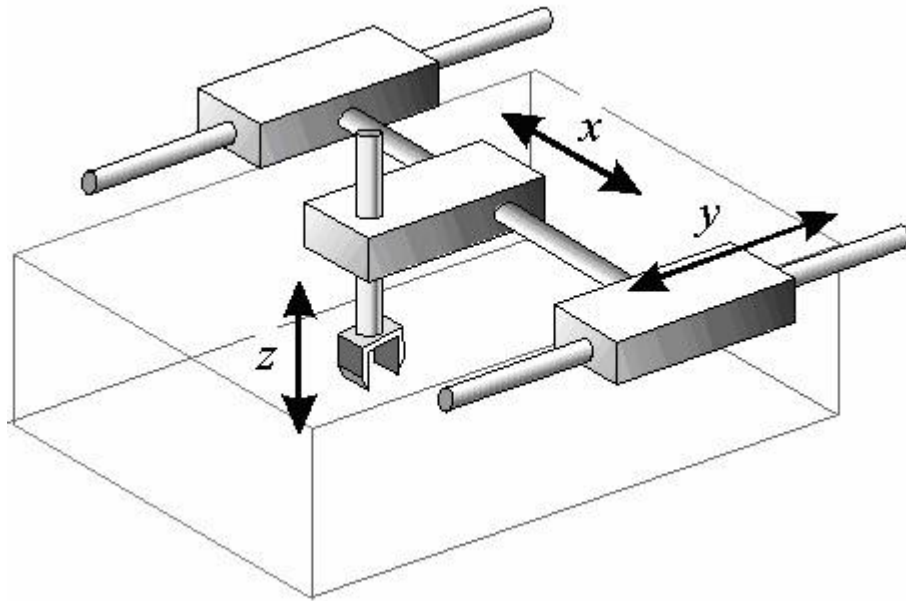
Şekil 4.5. Endüstriyel Robot Otomasyonu (Geliş, 2014)

4.5. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması

Endüstriyel robotları, Kartezyen robotları, silindirik robotlar, küresel robotlar, mafsallı robotlar ve scara robotlar olmak üzere 5 sınıfa ayırabiliriz.

4.5.1. Kartezyen Robotlar

Kartezyen robotlar sadece XYZ eksenlerinde çalışan, tutma ve taşıma işlemlerinde kullanılan robotlar olarak bilinmektedirler. Oldukça basit bir yapıya sahiptirler ve buna bağlı olarak yapacakları hareketlerin planlanması çokta zor değildir. Pozisyon hesaplamaları basittir ve bu tür robotların çalışma alanları robotun sahip olduğu yapısından küçüktür. XYZ eksenlerinde çalıştıklarından eğilme gibi işlemleri yapamazlar (Çengelci ve Çimen, 2005).

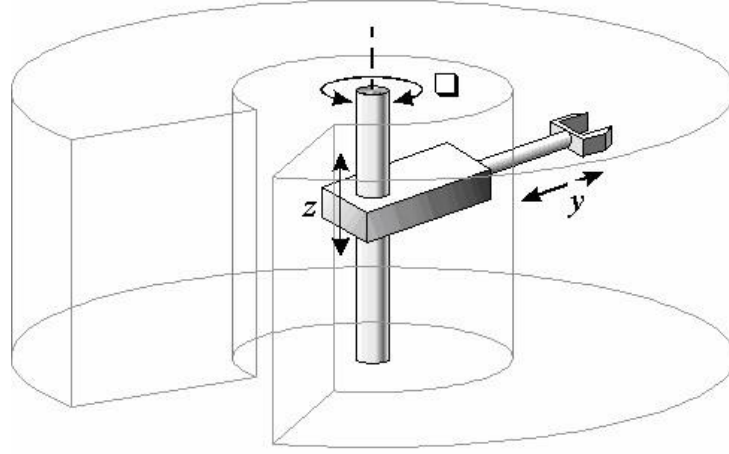


Şekil 4.6. Kartezyen Robot Çalışma Alanı (Çengelci ve Çimen, 2005)

4.5.2. Silindirik Robotlar

Silindirik robotlar döner eksen ve 2 (İki) adet doğrusal eksen oluştururlar. Döner eksene sahip olmaları onlara ekstra bir çalışma alanı sağlamaktadır (Anonim, 2018g). Hareketleri sınırlı olduğundan programlanmaları zor değildir. Zorlu ortamlarda yaygın

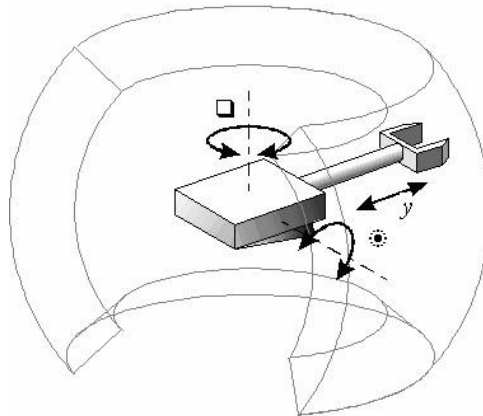
olarak kullanılmaktadırlar. Belirlenen çalışma alanı içerisinde tüm noktalara ulaşma açısından uygun yapıya sahiptirler (Çengelci ve Çimen, 2005).



Şekil 4.7. Silindirik robotun Çalışma Alanı (Çengelci ve Çimen, 2005)

4.5.3. Küresel Robotlar

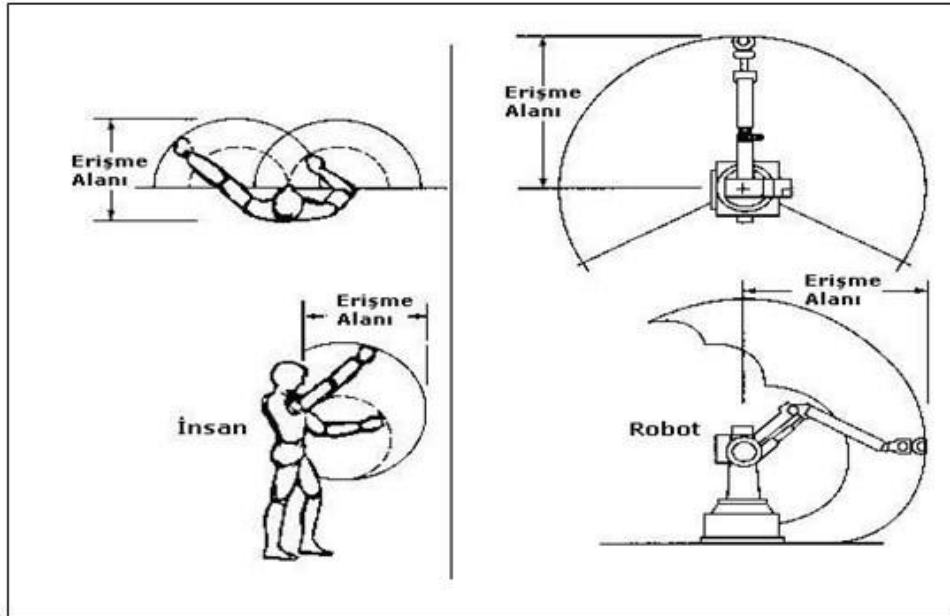
Küresel robot kollarda 3 (Üç) adet eksen yapısı bulunmaktadır. Bunlardan ilki kendi eksenini etrafında dönebilme özelliğine sahiptir, ikincisi dirsek olarak görev yapmaktadır ve son eksen ise doğrusal bir hareket yapısına sahiptir (Anonim, 2018g). Kollarının büyüklüğü onun çalışma alanının büyüklüğünü belirler. Kontrol edilmesi ve programlanması zordur (Çengelci ve Çimen, 2005).



Şekil 4.8. Küresel Robot Çalışma Alanı (Çengelci ve Çimen, 2005)

4.5.4. Mafsallı Robotlar

Mafsallı robotlar insanların kol hareketlerine benzer hareketleri yapan en ideal robotlardır. Bu tip robotların mafsal sayıları en az 5 (Beş) ya da 6 (Altı) olacak şekilde belirlenmiştir. Bunun sebebi ise üretimde diğer robot kollara göre hareketlerinin sınırlı olmalarıdır. Her bir mafsalda ayrı ayrı servo motorlar vardır ve bu servo motorlar birbirlerinden farklı kontrol edilmektedirler. Mafsal sayısı arttıkça robotunda sahip olduğu çalışma alanı da artış gösterecektir. Sahip oldukları karmaşık yapıdan dolayı programlanmaları zordur. Mafsalların her biri için sınırlı bir çalışma alanı belirlendiği için bu sayede başka parçalara çarpma ihtimalide önlenmiş olmaktadır (Çengelci ve Çimen, 2005).



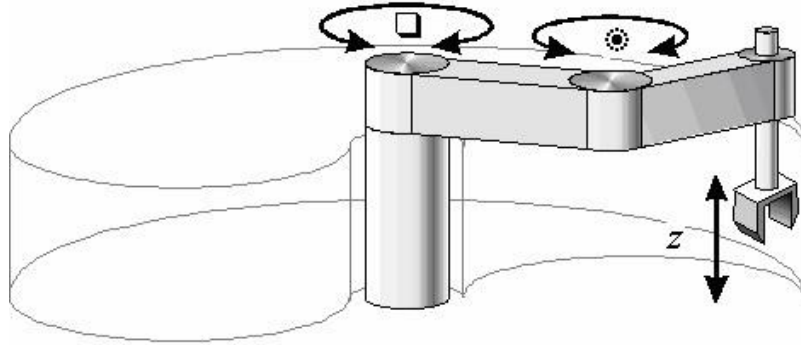
Şekil 4.9. İnsan Kolu İle Mafsallı Robot Kolunun Çalışma Alanı (Alp, 2012)

4.5.5. Scara Robotlar

Bu tipteki robot kollar aslında silindirik ve eklemlı kol birleşimlerinden meydana gelmiştir denilebilir. Silindirik robot kola benzer olmasının sebebi eklem bölgesinde döner hareket yapabilmesidir. Eklemlı robot kola olan benzerliği ise yatayda eksenlerin birleşiyor olmasıdır (Anonim, 2018g).

Scara tipi robotlar hız ve konum performansları oldukça iyidir ve bundan dolayı olduğundan dolayı endüstride elektronik kartlara yapılacak eleman montajlarında

kullanılmak için tercih edilmektedirler. Maliyetinin ucuz olması ve programlanmasının kolay olması endüstride kullanım açısından bir tercih sebebi olmuştur (Çengelci ve Çimen, 2005).



Şekil 4.10. Scara Robot Çalışma Alanı (Çengelci ve Çimen, 2005)

4.6. Seri ve Paralel Manipulatörler

4.6.1. Seri Manipulatörler

Endüstride çok yaygın bir şekilde kullanılan manipulatörlerdir. En alttan en uç kısmına kadar bir motorla çalışan eklemler ile bir arada olan bazı bağlantıların oluşturduğu yapı olarak tanımlanabilir. İnsan kolu biçiminde örneklendirilebilir. Seri manipulatörlerin minimum 6 (Altı) serbestlik derecesine sahip olması gerekmektedir. Bunun nedeni robotun çalışma alanı içerisinde noktalara ulaşabilme gereksinimidir (İnner, 2017b).

Seri manipulatörlerin yapılarında sayıca çok olan sert bağlantılar vardır. En büyük avantajı olarak büyüklüğüne bağlı olarak sahip olduğu taban alanı nedeni ile çalışma alanının da büyük olmasıdır. Dezavantaj olarak ise oluşan hataların biriktirilerek diğer bağlantılar arasında giderek artması söylenebilir (İnner, 2017b).

4.6.2. Paralel Manipulatörler

Birbirlerinden bağımsız 2 (İki) bağlantı elemanının hareketli platformu sabit olan platforma bağladığı ve kapalı çevrimli şekilde çalışan sistemlerdir (Karahan, 2012).

Paralel robotların seri robotlara göre kullanımları az sayıda olsa da, çeşitlilik anlamında seri robotlara göre daha fazladır (İnner, 2017b). Bu sadece çeşitlilik anlamında değil literatür incelendiğinde paralel manipülatörlerin seri manipülatörlere göre daha fazla araştırıldığı görülmektedir. Bunun nedeni ise bu konuda araştırma yapan bilim insanlarının ya da araştırmacıların paralel manipülatörlerin daha fazla alanda kullanılabileceğinin farkına varmalarıdır (Karahana, 2012).

4.6.3. Seri ve Paralel Manipülatörlerin Karşılaştırılması

Seri ve paralel robotlar incelendiğinde paralel robotların seri robotlara göre üstünlüğü bulunmaktadır fakat her ne kadar üstünde olsa dezavantajları da vardır. Genel olarak her iki robot tipinin de avantajları olduğu kadar dezavantajları da bulunmaktadır. Seri manipülatörlerin çalışma alanı içerisinde uzanabildikleri uzaklık paralel manipülatörlere göre daha yüksektir. Dinamik özellikleri incelendiğinde ise paralel manipülatörlerin üstün oldukları görülmektedir. Seri manipülatörler açık döngülü bir yapıya sahip oldukları için hatalar uca doğru toplanır. Paralel manipülatörler kapalı döngü şeklinde çalıştıklarından dolayı bu durum onlar için geçerli değildir (Karahana, 2012).

Çizelge 4.3. Seri ve Paralel Robotların Karşılaştırılması (Karahana, 2012)

Özellik	Seri	Paralel
Yük Kapasitesi	Düşük	Yüksek
Sağlamlık	Düşük	Yüksek
Çalışma Uzaı	Geniş	Küçük
Tekillik	Az	Karmaşık
Kinematik ve Dinamik Analizi	Kolay	Zor
Ataleti	Düşük	Yüksek
Yeni Düzenleşimi	Kolay	Zor

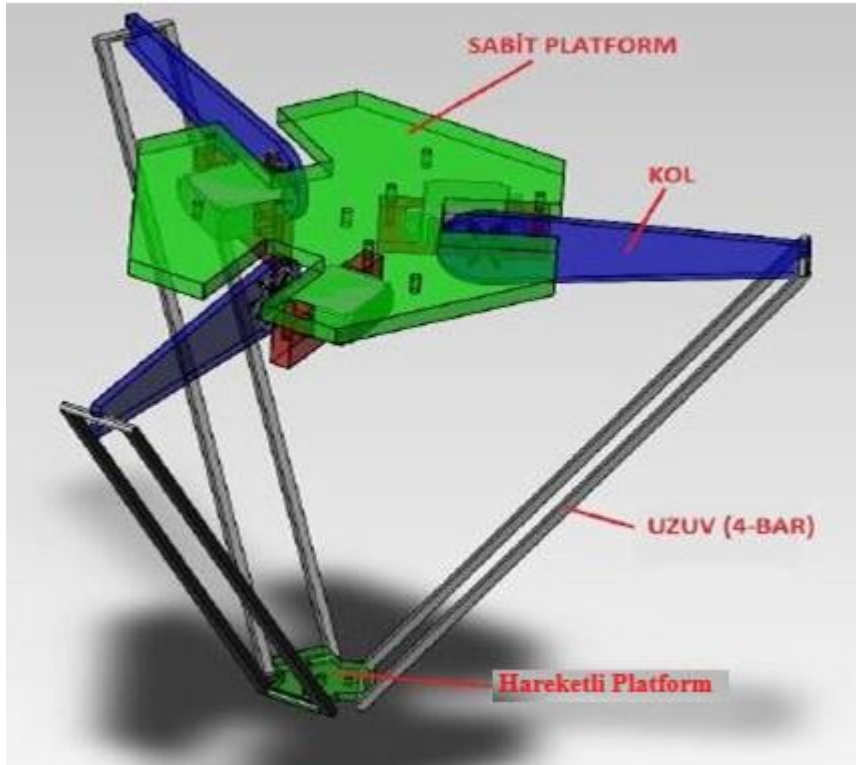
Kısaca kapalı döngüye sahip olmalarından dolayı paralel manipülatörler seri manipülatörlere göre daha sağlam yapıdadırlar. Fakat çalışma alanlarının dar olması ve analizlerinin zorluğu seri manipülatörlere göre zayıftır (Karahana, 2012).

4.7. Delta Robotlar

1985 yılında bir çikolata fabrikası ziyaretinde mevcut üretimin daha sağlıklı ve kaliteli yapılabilmesi için Clavel tarafından robot kullanılması gerektiği fikri doğmuştur. Mevcut durumda kullanılan endüstriyel robotun yetersiz olduğu ve bunun yerine geliştirilmiş bir tasarım aranmaya başlanmıştır (Rey ve Clavel, 1999).

Birçok alanda kullanılmak üzere üretilen, farklı yapıya ve işleyişlere sahip robotlar vardır. Genel anlamda robotlardan gerçekleştirmeleri beklenen 3 (Üç) ana unsur vardır. Bu unsurlar hız, doğruluk ve hassasiyettir. Günümüzde bilim ve teknolojinin gelişmesi beraberinde endüstrinin de gelişmesine imkân tanımaktadır. Geçmişten günümüze endüstride ki gelişmeler incelenirse daha öncelerde bu denli, imkânların zorlandığı bir endüstri gelişimi olmadığı görülecektir. Şimdiye kadar endüstride hep seri kinematik mantığı üzerine robotlar gelişimini sürdürmüştür. Robotun taşıyacağı nesneler büyüdükçe doğal olarak robotun yapısı da büyümektedir. Ve robotların yapılarında kullanılan motorlarda büyüyecektir. Buda kütle artışına sebep olacaktır. Doğal olarak kütle artışı ile ivme ve hızda düşecektir. Bu sorunların çözümü olarak eklemlerin aynı gövde üzerinde olduğu bir tasarım yapılmıştır. Bu sayede her bir kol ayrı çalışacak ve birbirleri üzerinde herhangi bir yük oluşturmayacaklardır. Eklemlerde oluşan hafiflik ile robot daha verimli ve hızlı çalışacaktır (Tezer, 2014).

Delta robotlar endüstride özellikle hız ve hassasiyetin önem kazandığı işlerde kullanılmaktadırlar. Tasarımında tam anlamıyla paralelkenar prensibi hâkimdir. Aralarında 120 derecelik açı olan eklemlerden oluşmaktadırlar. Bu sayede çoğu görevi rahatlıkla yerine getirebilirler. Yapı bakımından esnek ve hızlıdırlar. Endüstride farklı alanlarda kullanılırlar. Delta robotlar endüstride ürünlerin dizilmesinde, toplanmasında, ayrıştırılmasında, paketlenmesinde kısaca özen ve dikkat gereksinimi olan uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Hızlı olması ve kaliteli iş yapmaları beraberinde yapılan işin maliyetinde de düşüş olmasına olanak sağlamıştır (Altan, 2015).



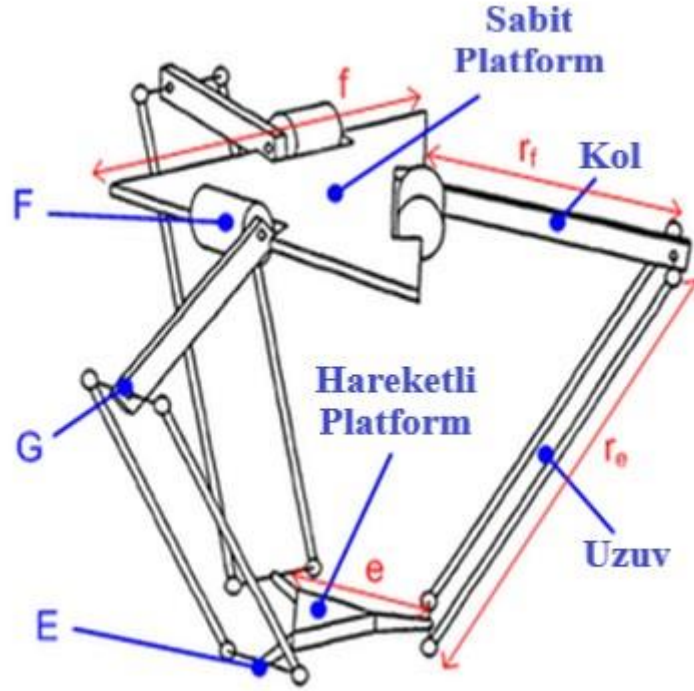
Şekil 4.11. Delta Robotun Mekanik Yapısı (Şahinoğlu, 2018)

Endüstride delta robotların kullanıldığı işlerde hızın artırılabilmesi için kullanılan ya da kullanılacak olan delta robotun tasarımı oldukça önemlidir. Tasarımda dikkat edilmesi gereken unsurlar arasında delta robotun uzuv ve kol uzunlukları, yapısında bulunan sabit platformun merkezinin uzuvların bağlantı yerlerine olan mesafeleri önemli yere sahiptirler. Bu uzunluklar uygun şekilde seçildiğinde hız konusunda çok daha iyi sonuçlar alınabilir (Şahinoğlu, 2018).

Genel anlamda delta robotlar 3 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- **Sabit Platform:** Robotun monte edildiği hareketsiz üst kısım,
- **Bacaklar:** 2 adet uzuv ve 3 adet bağlantı (F G E) noktasının oluşturduğu kısım,
- **Hareketli Platform:** Motordan bacaklara gönderilen torkun etkisi ile hareket eden ve sabit platforma paralel olan kısımdır (Anonim, 2014b).

Yukarıda belirtilen kısımların şematik olarak gösterimi aşağıdaki şekildeki delta robotun şematik gösterimi üzerinde belirtilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.12. Delta Robotu Oluşturan Kısımların Şematik Gösterimi (Anonim, 2014b)

4.7.1. Delta Robotların Kullanım Alanları

Üretim alanında endüstride insanların yerini delta robotlar almış durumda. Artık eskisi gibi çok büyük dikkat gerektiren işlerde insanların olmadığı açıkça görülmektedir. Delta robotlar sayesinde endüstride kaliteli ve hızlı üretim yapılabilmektedir. Delta robotlar genellikle paketlemede, ürünlerin ayrıştırılmasında oldukça sık tercih edilmektedir. Bu tür işlemlerin yapıldığı sektörler gıda, elektronik, ilaç sanayi ve medikal sanayi şeklinde sıralanabilir (Altan, 2015).

Endüstride üretim bandında özellikle gıda sanayide paketlemesi yapılmış ürünlerin kutulanması sırasında delta robotlar sıkça kullanılmaktadırlar. Kutulara kaçar adet ambalajlı ürünlerin konulacağı ve hangi şekillerde bunun yapılacağı programlandıktan sonra delta robotlar bu istenilen görevleri başarıyla yerine getirmektedirler. Bu tür işlemler ilaç sanayide de aynı şekilde yapılmaktadır. Delta robotların kameralı ya da kamerasız çalışabilmeleri onlara ekstra özellik katmaktadır. Ve bu özellikleri sayesinde endüstride tercih edilme sebepleri artmaktadır (Altan, 2015).



Şekil 4.13. Paketleme Yapan Delta Robot (Anonim, 2013b)

Delta robotların kullanımı ve programlanması oldukça esnek olduğundan tek bir kontrol ünitesi ile birden fazla delta robotun kontrol edilmesi mümkündür. Tek bir kontrol ünitesinin olması daha az yer kaplanması anlamına gelmektedir. Ve bu sayede tek bir kontrol ünitesi ile birçok başarılı eylem yapılabilmektedir (Anonim, 2013a).

Son zamanlarda delta robotların kullanım alanları çeşitlilik kazanmıştır. Gıda, elektronik, ilaç sanayi gibi sektörlerin yanı sıra tekstil, otomotiv ve mobilya sektörlerinde de kullanılmaya başlamıştır. Delta robotlar hızlı ve hatasız çalışma gösterdiklerinden bu sektörlerde kalıp çıkarmada, çizim işlemlerinde, kopyalama ve kesim işlemlerinde tercih edilmektedirler. Ayrıca cerrahi uygulamalarda da oldukça başarılı sonuçlarda alınmaktadır (Anonim, 2013a).



Şekil 4.14. Cerrahi Uygulamalarda Kullanılan Delta Robot (Anonim, 2013b)

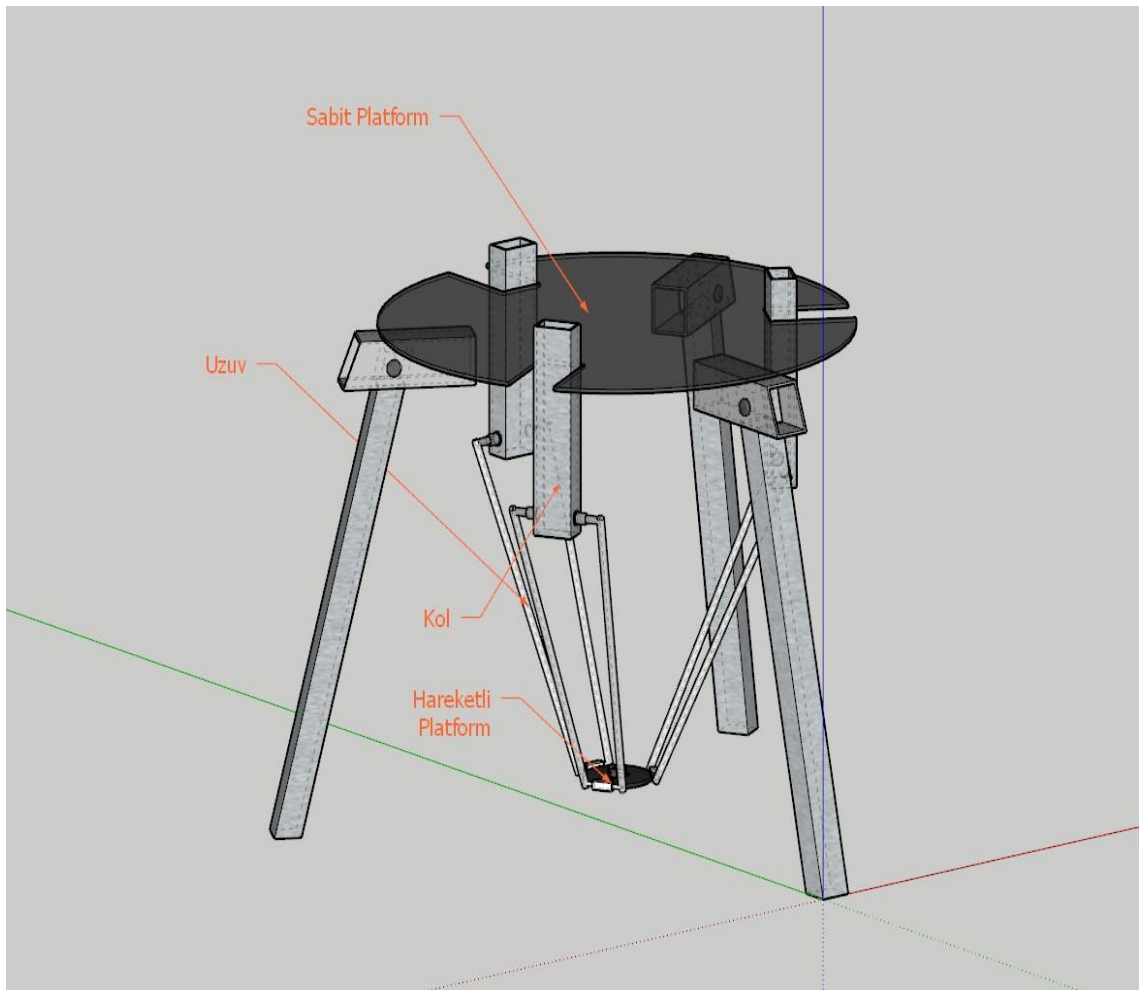
Elektronik sanayide ise devre kartlarının hazırlanması ince işçilik gerektirdiğinden bu sektörde devre kartları hazırlanırken kullanılan delta robotlar oldukça başarılı bir şekilde iş görmektedirler.



Şekil 4.15. Elektronik Devre Kartı Hazırlayan Delta Robot (Anonim, 2013b)

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Tasarımı yapılan robotun uygun şartlarda çalışması için gerekli matematiksel hesaplamaların yapılması lazım. Bu matematiksel hesaplamalar kullanılarak robotun elemanlarının boyutları belirlenebilir. Bu çalışmamız için uygun bir delta robot prototipi geliştirilmiş ve gerekli materyaller temin edilip montajı yapıldıktan sonra delta robot ile çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.1’ de bilgisayar ortamında tasarlanan delta robotun katı modeli görülmektedir. Bu aşamadan sonra robotun kinematik hesaplamaları yapılmaktadır.



Şekil 5.1. Sketchup Programında Çizilen Robotun Katı Modeli

5.1. Kinematik Tasarım

5.1.1. Robotların İleri Yön Kinematiği

Cisimlerin hareketleri sırasında etki eden unsurların önemsiz kabul edilip hız, ivme ve yörünge durumu bakımından araştıran mekanik biliminin alt dalı kinematik olarak tanımlanır (Anonim, 2018h). Başka bir deyişle hareketlerin geometrik konumunu inceleyen bilim dalı olarak ifade edilebilir (Bingül ve Küçük, 2005).

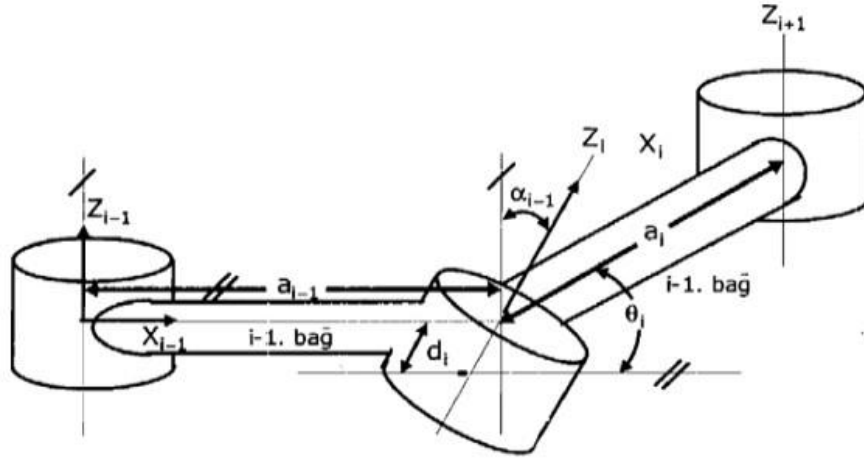
Bir robotun kendi çalışma uzayı içerisinde rahatlıkla hareketlerini gerçekleştirebilmesi için en az 6 (Altı) eksene yani serbestlik derecesine sahip olması yeterli olacaktır (Bingül ve Küçük, 2005). Bir robotun kinematik hesaplamalarının yapılabilmesi için öncelikle eklem değişkenlerinin belirlenmesi gereklidir.

5.1.1.1. Eklem Değişkenlerinin Belirlenmesi

Robotta eklem değişkenleri belirlenmeye çalışılırken birçok yöntem kullanılmaktadır. Örnek olarak, üstel yöntem, Pieper-Roth yöntemi verilebilir. Ama genel olarak kullanılan ve tercih edilen yöntem Denavit-Hartenberg olarak bilinen ve D-H şeklinde gösterimi olan yöntemdir.

5.1.1.2. D-H (Denavit-Hartenberg) Yöntemi

D-H yönteminde bir robotun kinematiği hesaplanırken 4 (Dört) değişken kullanılır. Bu 4 (Dört) ana değişkenler, a_{i-1} olarak gösterilen iki eksen arasındaki bağ uzunluğu, α_{i-1} olarak gösterilen (i-1) ile i eksenleri arasındaki bağ açısı, çakışan bağların arasındaki eklem kaçıklığı d_i ve son olarak dördüncü ana değişken ise θ_i olarak gösterilen ve iki bağ arasındaki eklem açısını ifade eden değişkendir. Bu 4 (Dört) ana değişkene kısaca D-H değişkeni denmektedir. Değişkenlerin belirlenebilmesi için öncelikle robottaki dönme eksenleri belirlenmeli ve belirlenen dönme eksenlerine numaralandırma yapılmaz. Bu numaralandırma bağ sayısından bir fazla olacak şekilde yapılır. Sonrasında her bir eksene koordinat sistemi yerleştirilir ve bağların dönme eksenini koordinat sistemindeki Z eksenini temsil eder (Bingül ve Küçük, 2005).



Şekil 5.2. Eklem Değişkenlerinin Gösterimi (Bingül ve Küçük, 2005)

Yukarıdaki şekilden anlaşılacağı üzere Z_{i-1} ile Z_i eksenleri arasındaki dik uzaklık bağ uzunluğudur (a_{i-1}), çakışan bağların arasındaki kaçıklık (d_i) bağ kaçıklığı, Z_{i-1} ve Z_i eksenleri arasındaki açı (α_{i-1}) bağ açısı ve son olarak a_{i-1} ile a_i arasındaki açı (θ_i) eklem açısıdır.

Burada (a_{i-1}) ve (α_{i-1}) robotun hareketine bağlı olmayan değişkenlerdir yani robotun hareketindeki değişiklik bu parametreleri değiştirmez. Fakat (d_i) ve (θ_i) parametreleri robotun hareketine bağlı olarak değişiklik gösterir. Ama önemli olan robotun hareketine bağlı olarak değişen parametrelerin sadece birinin değişkenlik göstereceğinin bilinmesidir. (Bingül ve Küçük, 2005).

5.1.1.3. Koordinat Sistemlerinin Eklemlere Yerleştirilmesi

Koordinat sistemlerinin yerleştirilmesi sırasında takip edilmesi gereken işlem adımları vardır. Ve koordinat sistemleri bu adımlara göre yerleştirilir. Bunlar;

- İlk olarak eksenlerin yönleri (Dönme ve Kayma) belirlendikten sonra eksene paralel bir doğru çekilir,
- Yönler belirlenirken döner eksenli eklemler için dönme yönü Z olarak belirlenirken prizmatik eklemlerde ise kayma yönü Z olarak belirlenir,
- Bağ uzunluğu Z eksenine dik olan X ekseni seçilir,
- Z ve X eksenlerinin belirlenmesinden sonra son olarak sağ el kuralına göre Y ekseni belirlenmiş olur (Özkarakoç, 2009).

5.1.1.4. Robot Kinematiği Çıkarılırken Uygulanması Gereken Kurallar

Başlangıç konumunda yer alan robotun kinematiği çıkarılırken bazı kurallar vardır ve bu kurallar sıralamasına göre kinematik çıkarılır. Aşağıda belirtilen sıralama eşliğinde kinematik bulunur.

Adım 1: Koordinat sistemleri her bir ekleme yerleştirilir.

Adım 2: Eklemlerin her biri için D-H (Denavit-Hartberg) değişkenleri hesaplanır.

Ve hesaplanan bu değerler ile dönüşüm matrisi elde edilir. Elde edilen bu matrisin satır sayısı bize robotun serbestlik derecesini verir.

Çizelge 5.1. D-H Değişkenlerinin Belirlenmesi (Bingül ve Küçük, 2005)

Eksen No	D-H Değişkenleri				İ. Eklem Değişkeni
i	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i	d_i veya θ_i
1	α_0	a_0	d_1	θ_1	d_1 veya θ_1
2	α_1	a_1	d_2	θ_2	d_2 veya θ_2
3	α_2	a_2	d_3	θ_3	d_3 veya θ_3
4	α_3	a_3	d_4	θ_4	d_4 veya θ_4

Adım 3: Eklem dönüşüm matrisi kullanılarak eklemlerin her biri için hesaplama yapılır. 3x3 dönme matrisi ile 3x1 konum vektörü bir dönüşüm (transformasyon) matrisini oluşturmaktadır (Bingül ve Küçük, 2005).

$${}^{i-1}_iT = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ s\theta_i c\alpha_{i-1} & c\theta_i c\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1}d_i \\ s\theta_i s\alpha_{i-1} & c\theta_i s\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1}d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

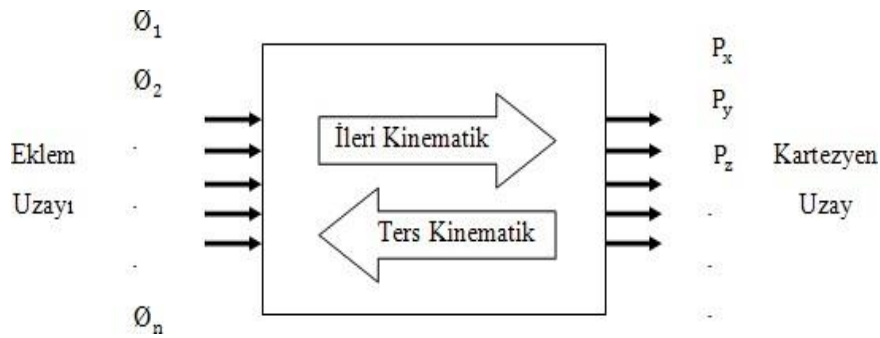
Genel olarak eklem dönüşüm (transformasyon) matrisi yukarıdaki denklemde gösterilmiştir. Denklemden yer alan $c\theta_i$, $\cos\theta_i$ ifadesini temsil ederken $s\theta_i$ ifadesi ise $\sin\theta_i$ ifadesini temsil etmektedir.

Adım 4: Her bir eklem için hesaplanan dönüşüm (transformasyon) matrislerinin çarpılması ile *ileri yönlü robot kinematiği* bulunmuş olur.

$${}^N_0T = {}^0_1T {}^1_2T {}^2_3T \dots {}^{N-1}_NT \quad (5.2)$$

5.1.2. Robotların Ters Kinematiği

Konum ve yönelim bilgileri verilen robot uç işlevcinin, bu bilgilerinin kullanılması ile gerekli olan eklem değişkenlerinin hesaplanması ters kinematik olarak tanımlanabilir (Bingül ve Küçük, 2005). Başka bir deyişle uç işlevcideki konum ve yönelimin Kartezyen koordinattan eklem koordinat sistemine dönüştürülmesi işlemidir (Özkarakoç, 2009).



Şekil 5.3. İleri ve Ters Kinematik Problemin Şematik Gösterimi (Bingül ve Küçük, 2005)

5.1.2.1. Ters Kinematik Problemler

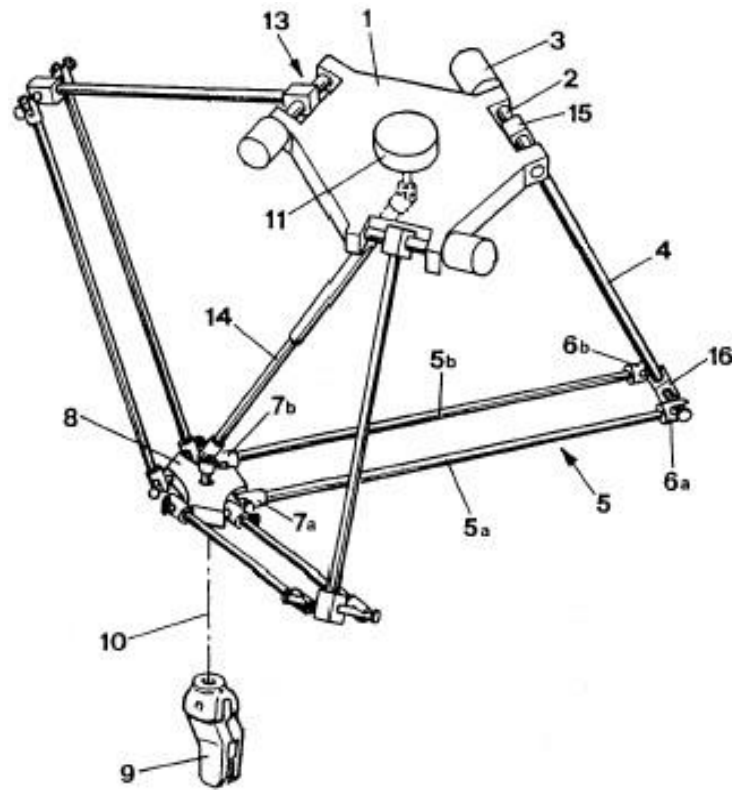
Ters kinematik problemin çözümü, ileri kinematiğe göre oldukça zordur. Zor olmasına sebep olan özelliklerini maddeler halinde sıralayalım.

1. Analitik bakımından içerdiği denklemlerin karmaşık ve doğrusal olmayan yapıda olması.
2. Sahip olduğu eklem tiplerinden prizmatik eklem sayısı ne kadar fazla ise ters kinematik çözümü o kadar kolaydır. Fakat dönel eklem sayısı fazla olursa eğer kinematik çözümü zorlaşır.
3. Matematiksel çözümler her zaman için fiziksel bakımdan çözüme yetmeyebilir. Matematiksel çözümün olduğu ama fiziksel çözümün gerçekleşemediği durumlar olabilir.
4. Bazen aynı uç işlevci için birden fazla çözümler üretilmek zorunda kalınabilir.

5. Analitik çözümün sonuca ulaştırmadığı durumlarda sayısal yöntemler kullanılabilir. Fakat analitik çözümler bilgisayar ortamında çok daha hızlı çalışma sağlarken sayısal çözüme ait denklemler bilgisayar ortamında çok daha yavaş çalışmaktadır (Bingöl ve Küçük, 2005).

5.2. Delta Robot Kinematiği

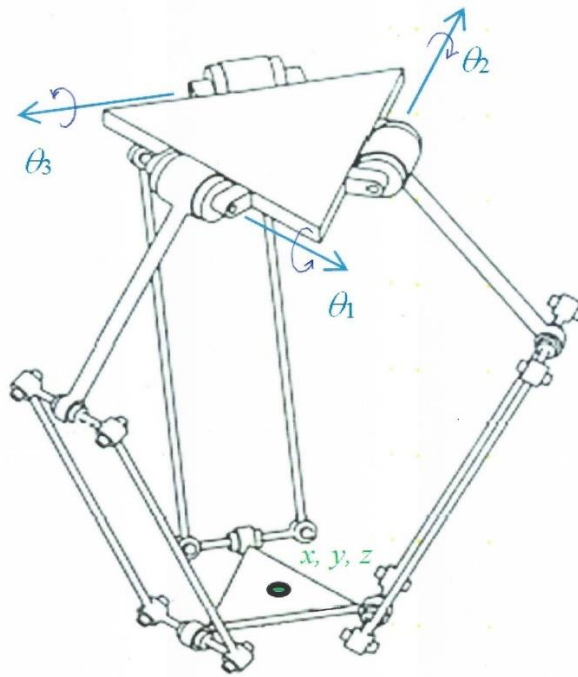
Clavel' in tasarlamış olduğu delta robot günümüze kadar gelmiş en başarılı robottur. Aşağıdaki şekillerde orijinal delta robot tasarımı ile ticari tasarımını göstermektedir.



Şekil 5.4. Delta Robot Orijinal tasarımı (Williams II, 2016)



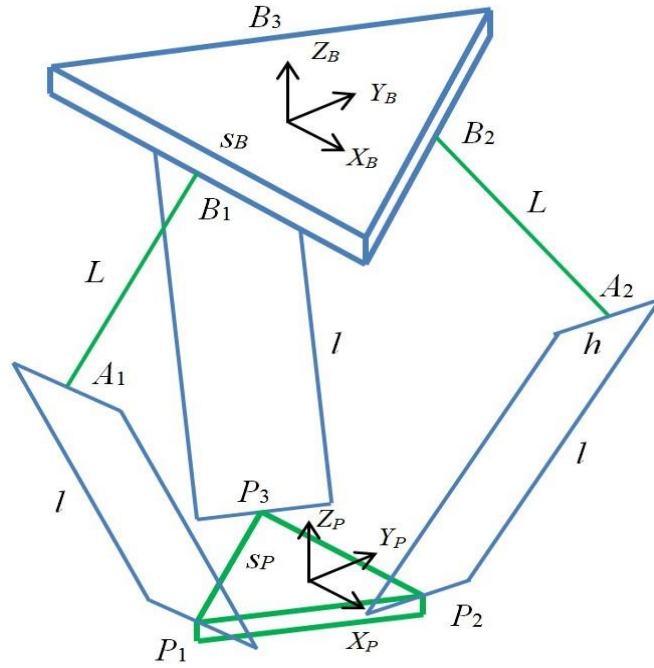
Şekil 5.5. Delta Robot Ticari Tasarımı (Williams II, 2016)



Şekil 5.6. Delta Robot Şematik Gösterimi (Williams II, 2016)

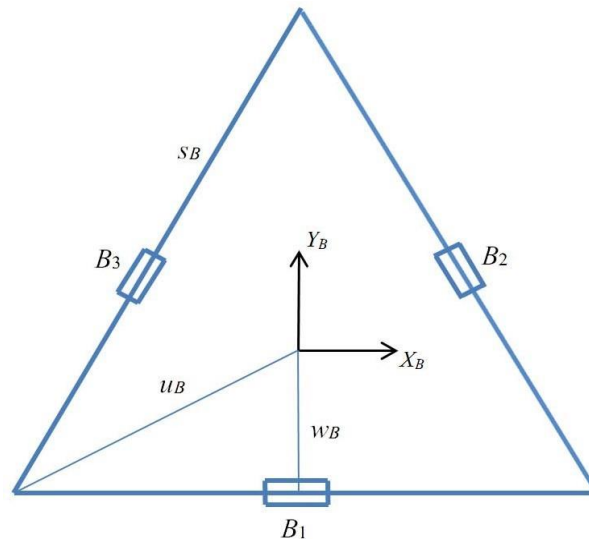
Yukarıdaki şekilden anlaşılacağı üzere 3 (Üç) serbestlik derecesine sahip, üst tarafta bir adet sabit platform ve ona paralel alt tarafta hareketli platform vardır. Üstteki platforma sabitlenmiş motorlar aracılığı ile hareket sağlanmış olur. Her bir ekleme açısı θ ile gösterilmiştir. İki platform arasında özdeş bacaklar bulunur. 3 (Üç) serbestlik

derecesine sahip delta robot ile alt tarafta yer alan hareketli platformun çevirmeli kontrolü sağlanabilir (Williams II, 2016).

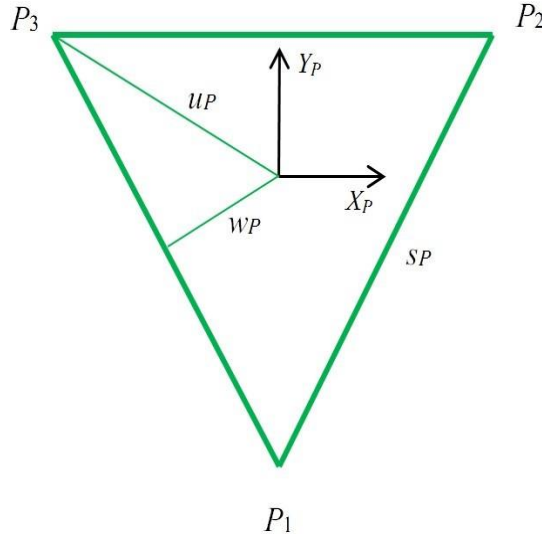


Şekil 5.7. Delta Robot Kinematik Diyagramı (Williams II, 2016)

Kinematik diyagram incelenecek olunursa üstte yer alan sabit platforma ait eşkenar üçgenin referans noktası tam orta noktası olan B noktasıdır. Aynı şekilde alttaki hareketli platforma ait eşkenar üçgenin referans noktası ise tam orta noktası olan P noktasıdır. Bacak uzunlukları L ve her bir uzuv uzunluğu ise l olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Sabit Platformun Geometrik Gösterimi (Williams II, 2016)



Şekil 5.9. Hareketli Platformun Geometrik Gösterimi (Williams II, 2016)

Sabit platformda döner eksenler B_1 , B_2 ve B_3 noktalarından sabitlenmiştir. Aynı şekilde hareketli platformda ise P_1 , P_2 ve P_3 noktalarından sabitlenmiştir.

Çizelge 5.2. Semboller ve Anlamları (Williams II, 2016)

Semboller	Anlamları
s_B	Sabit platforma ait eşkenar üçgenin bir kenarı
s_P	Hareketli platforma ait eşkenar üçgenin bir kenarı
L	Üst bacak uzunluğu
l	Alt bacak uzunluğu
h	İki uzuv arasındaki genişlik
w_B	Sabit platformun orta noktasının üçgenin bir kenarına olan uzaklığı
u_B	Sabit platformun orta noktasının köşegene olan uzaklığı
w_P	Hareketli platformun orta noktasının üçgenin bir kenarına olan uzaklığı
u_P	Hareketli platformun orta noktasının köşegene olan uzaklığı

Sabit platformda ve hareketli platformda her bir eklem yerine ait noktaların denklemlerini aşağıdaki gibi gösterebiliriz.

$${}^B\mathbf{B}_1 = \begin{Bmatrix} 0 \\ -w_B \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.3)$$

$${}^B\mathbf{B}_2 = \begin{Bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2}w_B \\ \frac{1}{2}w_B \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.4)$$

$${}^B\mathbf{B}_3 = \begin{Bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2}w_B \\ \frac{1}{2}w_B \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.5)$$

$${}^P\mathbf{P}_1 = \begin{Bmatrix} 0 \\ -u_p \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.6)$$

$${}^P\mathbf{P}_2 = \begin{Bmatrix} \frac{s_P}{2} \\ w_P \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.7)$$

$${}^P\mathbf{P}_3 = \begin{Bmatrix} -\frac{s_P}{2} \\ w_P \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.8)$$

Sabit platforma ait eşkenar üçgen üzerindeki köşelerin denklemsel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$${}^B\mathbf{b}_1 = \begin{Bmatrix} \frac{s_B}{2} \\ -w_B \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.9)$$

$${}^B\mathbf{b}_2 = \begin{Bmatrix} 0 \\ u_B \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.10)$$

$${}^B\mathbf{b}_3 = \begin{Bmatrix} -\frac{s_B}{2} \\ -w_B \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (5.11)$$

Buradan sabit ve hareketli platformlara ait orta noktanın köşegen ve eklem yerlerine olan uzaklıkları aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$w_B = \frac{\sqrt{3}}{6} s_B \quad (5.12)$$

$$u_B = \frac{\sqrt{3}}{3} s_B \quad (5.13)$$

$$w_P = \frac{\sqrt{3}}{6} s_P \quad (5.14)$$

$$u_P = \frac{\sqrt{3}}{3} s_P \quad (5.15)$$

5.3. Serbestlik Derecesinin Hesaplanması

Serbestlik derecesi hesaplanırken gerekli bazı değişkenlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu değişkenler robot şemasına bakılarak bulunabilir. Hesaplama işlemi *Kutzbach* denklemi ile yapılabilmektedir. Gerekli olan parametreler ve işlemin yapılması için kullanılacak denklem aşağıda verilmiştir.

$$M = 6(N - 1) - 5J_1 - 4J_2 - 3J_3 \quad (5.16)$$

Denklemdaki parametrelerin anlamları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 5.3. Kutzbach Denklemi Parametreleri (Williams II, 2016)

Semboller	Anlamları
M	Serbestlik derecesi
N	Toplam uzuv sayısı (platformlar dâhil)
J_1	Tek eksenli eklem sayısı
J_2	İki eksenli eklem sayısı
J_3	Üç eksenli eklem sayısı

Statik anlamda çözümü zor olan delta robotların serbestlik dereceleri hesaplanırken bu denklem her zaman doğru sonuç vermeyebilir. Delta robotun paralel uzuvlarından bir tane çıkarılsa dahi kinematiksel bakımından herhangi bir değişik olmayacaktır (Williams II, 2016).

Şekil 5.6' da verilen delta robot örneğine göre bu ifadeyi işleme dökcek olursak aşağıdaki sonuçlar alınmış olur.

$N = 17$, $J_1 = 21$, $J_2 = 0$ ve $J_3 = 0$ olarak bulunur. Bu verilere göre serbestlik derecesi $M = 6(17 - 1) - 5(21) - 4(0) - 3(0) = -9$ bulunur ve buda serbestlik derecesi 3 (Üç) olan Şekil 5.6' daki delta robotun hesaplamasında yanlışlık olduğunu göstermektedir. Bu sorun yukarda belirtilen her bir paralel uzuvdan bir tane çıkarılması ile çözülebilir. Sonuçta kinematik olarak çalışma düzeni hiçbir şekilde değişmeyecektir. Uzuvlar çıkarıldıktan sonra yeni parametreler aşağıdaki gibi olacaktır.

$N = 14$, $J_1 = 15$, $J_2 = 0$ ve $J_3 = 0$ olarak bulunur. Bu verilere göre delta robotun serbestlik derecesi $M = 6(14 - 1) - 5(15) - 4(0) - 3(0) = 3$ olacaktır. Görüldüğü üzere gerçek serbestlik derecesi bulunmuştur.

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Teknolojinin ve yaşam kalitesinin hızlı gelişmesine paralel olarak özellikle endüstriyel alanda robotlaşmanın ön plana çıktığı görülmektedir. Endüstriyel sanayinin yanı sıra robotlaşma üzerine olan ilgi savunma sanayi, tıp vb. alanlarda da etkisini göstermiştir. Çalışma ortamı ve kullanım alanlarına göre seri ve paralel robotlar tercih edilmektedir.

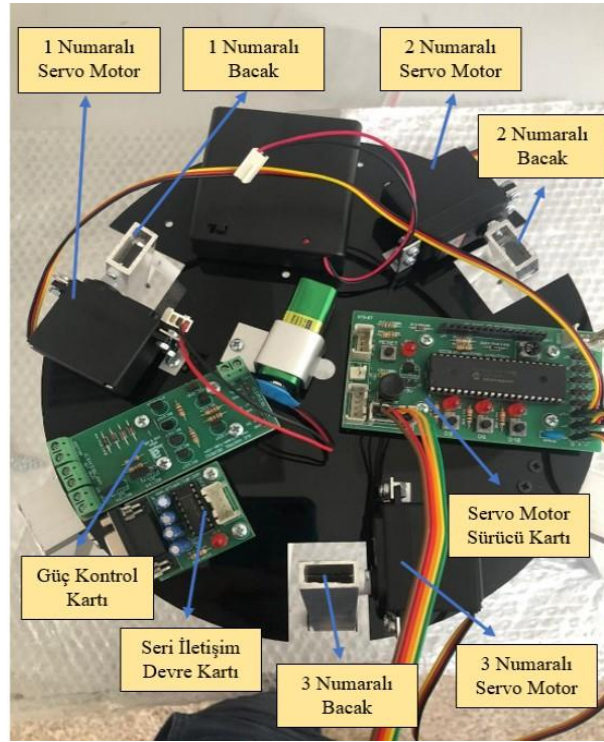
Bu tez çalışmasında robotlar ile ilgili genel incelemelerin yanı sıra özellikle endüstride tut yerleştir mantığı ile çalışan delta robot tasarımı üzerine yoğunlaşmıştır. Bu tasarımın içeriğinde robota ait kinematik hesaplamalar ele alınmış, robotun katı model tasarımı bilgisayar ortamında çizilmiş ve bu aşamalardan sonra delta robotun prototip imalatı gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Prototipi Gerçekleştirilen Delta Robot

Bu tez çalışmasında robota ait eklemler belirlenen ölçülere göre kestirilmiştir. Delta robot 3 serbestlik derecesine sahip hobisel robot şeklinde temin edilmiştir. Delta robotun motor hareketlerini kontrol etmek için servo motor kontrol kartı kullanılmıştır. Bunun yanı sıra robotu farklı uygulamalarda kullanabilmek için harici güç kartı, alıcı ve

verici görevlerini yapacak elektronik kartlar da temin edilmiştir. Robota ait tüm parçalar laboratuvar ortamında birleştirilerek prototip kullanılabilir hale getirilmiştir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Sabit Platforma Yerleştirilen Elektronik Kartlar ve Motorlar

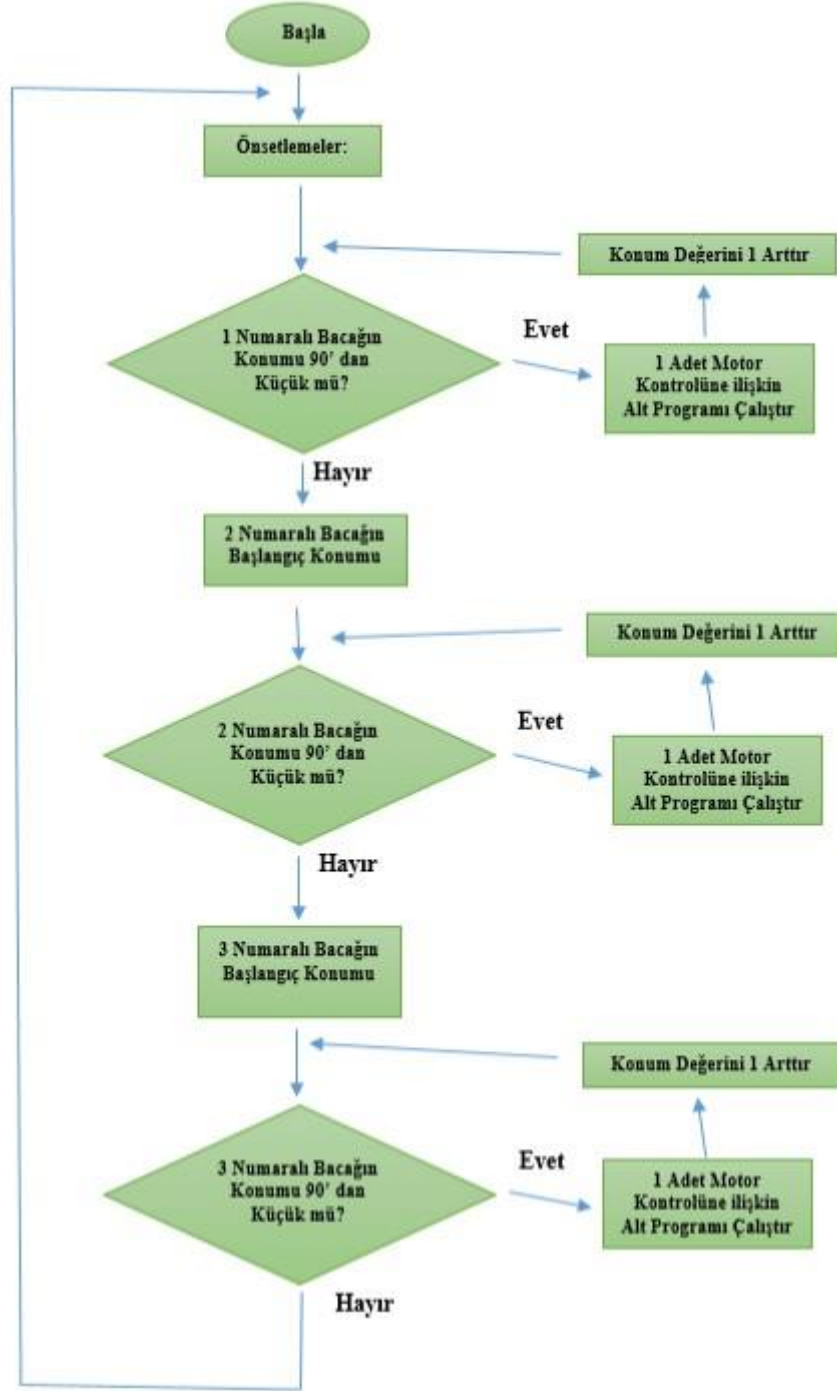
Robota ait kinematik hesaplamalar robotun kol ve bacak uzunluklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Yapılan bu hesaplamalara göre mini prototip delta robot imal edilmiştir. İmal edilen delta robot üzerinde tasarım sorunlarının olmadığı tespit edilmiştir. Test amaçlı olarak aşağıda akış diyagramları verilmiş olan programlar kullanılmıştır. Kullanılan programlara ilişkin kodlar ekte verilmiştir.

Yapılan tasarım ve test işlemlerinde imal edilen prototip delta robotta herhangi bir tasarım problemi yaşanmamıştır. Amaçlanan mini delta robotun kolları 180° lik eksenel hareket yapacak şekilde tasarlanmıştır. Test yazılımları ile robotun gerçek zamanlı olarak hareket edebileceği gösterilmiştir.

Servo motorların kontrol işleminin gerçekleşmesi için motor sürücü kartında bulunan PIC16F877A mikro denetleyiciye yazılımın yüklenmesi gerekmektedir. Yazılımın yüklenmesi için ise bilgisayara pickit 3 uygulaması kurulmuştur. Temin edilen pickit 3 mikro denetleyici program kartı ile yazılımın hex dosya biçimi mikro denetleyiciye yüklenmiştir. Her bir program bu aşamalar sonucunda mikro denetleyiciye yüklenmiş ve çalışma şekilleri kontrol edilmiştir.

6.1. Delta Robota İlişkin Test Yazılımları Akış Diyagramları

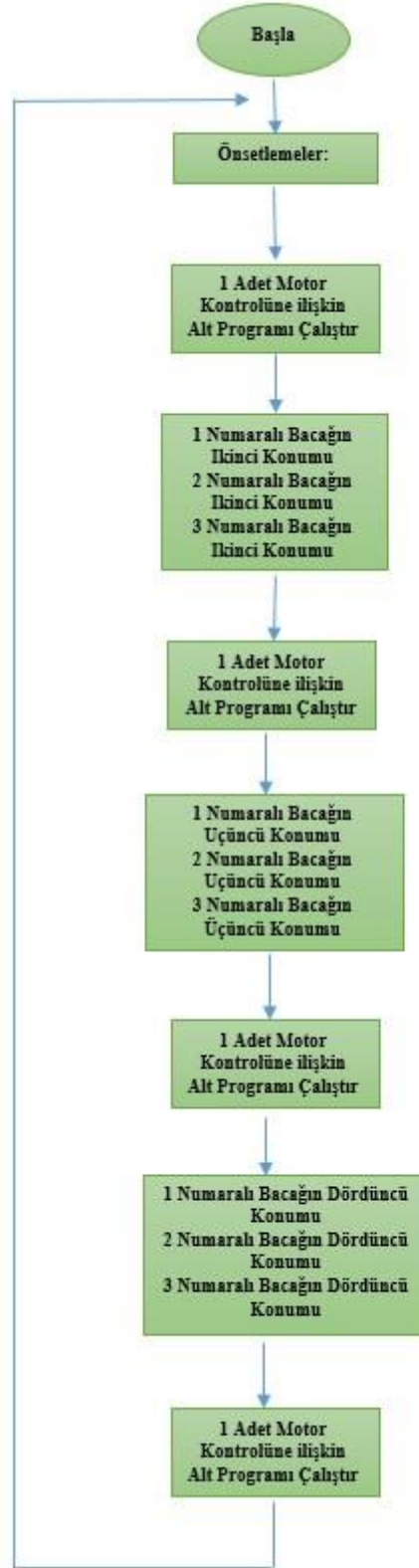
6.1.1. Kolların Merkezden Maksimum Uzaklıklarının Gerçekleştirilmesi



Şekil 6.3. Kolların Merkezden Maksimum Uzaklıklarını Gerçekleştiren Programın Akış Diyagramı

Yukarıda akış diyagramı verilen program ile robota ait kolların merkez konumdan maksimum ne kadar uzaklığa gidebileceği testi yapılmaktadır. Tüm motorların başlangıç konumları aynıdır. Her bir motorun ayrı ayrı konumlandırılması sağlanmıştır. 1 numaralı servo motor bulunduğu konumdan derecesi seçilen hassasiyette arttırılarak doksan dereceye ulaşana kadar aktif yapılır. Aynı işlem diğer motorlara da uygulanır. 3 numaralı servo motorun konumu 90° ye ulaşınca başa dönülerek aynı işlemlere devam edilir. İstenildiği takdirde son motorun konumu belirlendikten sonra işlem sonlandırılabilir.

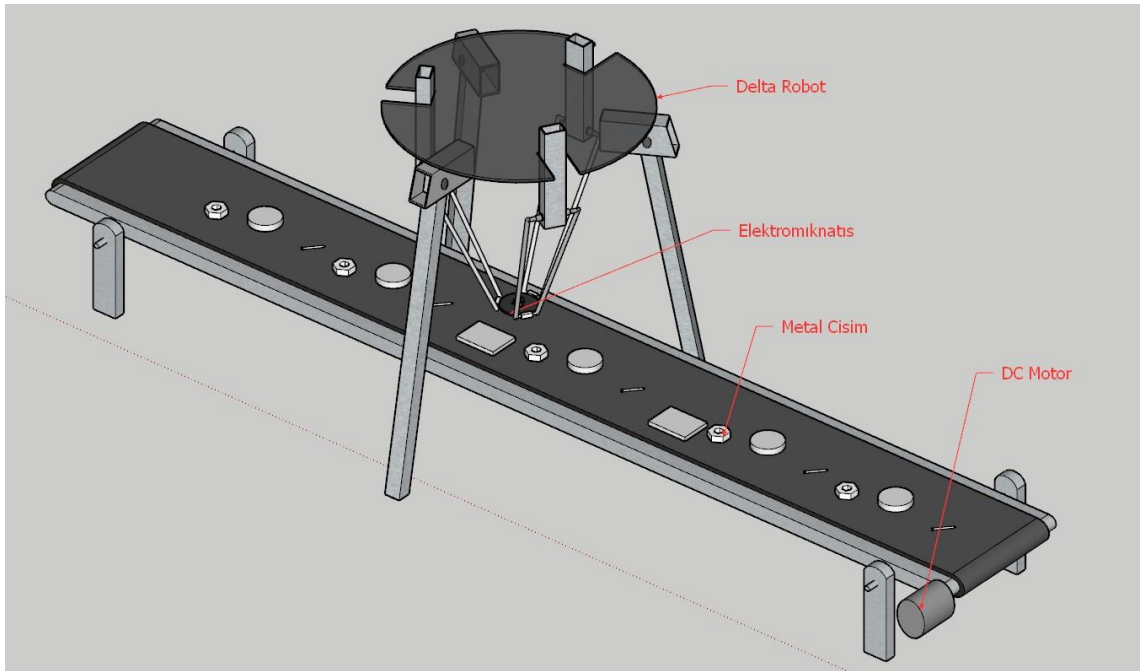
6.1.2. Robota İlişkin Kolların Dört Farklı Yere Konumlandırılması



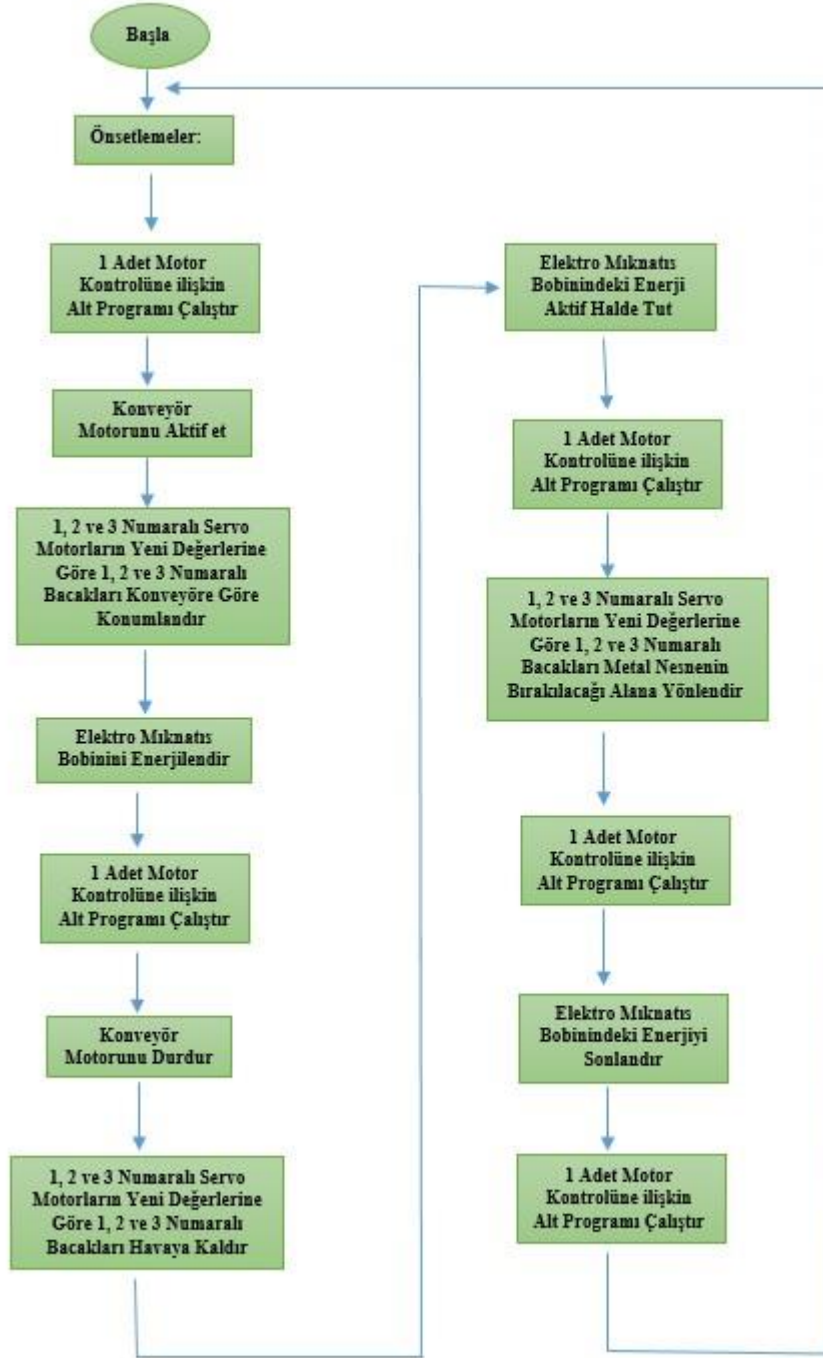
Şekil 6.4. Robota İlişkin Kolları 4 (Dört) Farklı Yere Konumlandıran Programa İlişkin Akış Diyagramı

Yukarıda akış diyagramı verilen programda robota ait kolların dört farklı konum ve hızları incelenmiştir. Başlangıçta tüm servo motorların değerleri aynı girilmiştir. Robot harekete başlatıldığında tüm motorlar altmış derecede konumlandırılmıştır. Alt program aktif hale getirilip robot kollarının konumlarının değiştirilmesi sağlanmıştır. Böylelikle motorlar ikinci konum olarak girilen değerlere kendilerini konumlandırmıştır. Sonra bir önceki işlem tekrar edilmiştir ve alt programın çalıştırılması sağlanarak girilen diğer konum değerlerinin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu işlem dördüncü konumun bitimine kadar devam etmiştir. Son konumun gerçekleşmesinden sonra programın sonlandırılması istenilmediği için tekrardan en başa yönlendirilmiştir. Böylelikle aynı işlemler sürekli tekrar edilir duruma getirilmiştir.

6.1.3. Örnek Uygulama



Şekil 6.5. Uygulamanın Şematik Diyagramı



Şekil 6.6. Uygulamaya İlişkin Programın Akış Diyagramı

Şekil 6.5’ de metal nesnelerin hareketli banttın alınıp istenilen yere taşınmasına ilişkin uygulamanın şematik diyagramı, şekil 6.6’ da ise söz konusu uygulamaya ait programın akış diyagramı verilmiştir. Programda hareketli konveyör üzerinde gelen metal nesnelerin elektromıknatıs yardımı ile tutulup başka bir yere bırakılması sağlanmıştır.

Diyagrama göre motorların başlangıç konumları belirlenmiştir. Daha sonra alt program çalıştırılmıştır. Bu adımdan sonra mıknatıslanma pozisyonu için konveyörün motoru aktif edilmiş ve motorların her birinin yeni değerleri girilip konveyöre göre konumlandırılmaları sağlanmıştır. Elektro mıknatıs bobinine enerji verildikten sonra alt program çalıştırılıp işlem tamamlandıktan konveyör durdurulmuştur. Sonrasında elektromıknatısın bobinindeki enerji aktif tutulup robotun tüm kolları girilen değerlere göre yukarı doğru kaldırılmış ve alt program çalıştırılmıştır. Daha sonra kolların mıknatıslanma olmadan geri dönmesi için elektromıknatıs bobinindeki enerji pasif edilmiş ve girilen yeni değerlere göre kollar konumlandırılmıştır. Bu aşamada nesnenin başka bir yere bırakılması sağlanmıştır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında öncelikle robotlar hakkında geniş bir literatür araştırılması yapılmış, endüstride yaygın olarak kullanılan delta robotlar ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Delta robotların çalışma prensibi incelenip, kinematik denklemleri elde edilmiştir. Genel amaçlı prototip bir delta robot tasarlanıp, fiziksel olarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen prototip delta robot için yazılan test yazılımları ile kol hareketlerinin ve konumlandırılmasının istenen doğrulukta olduğu görülmüştür. Robot kollarının merkez noktasından maksimum ve minimum ne kadar uzağa gidebileceği incelenmiştir. Gerçekleştirilen prototip delta robot ile metallerin hareketli bir banttı alınıp istenen yere taşınmasına ilişkin örnek bir uygulama verilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamada delta robotun iyi bir performans sergilediği gözlenmiştir.

Gerçekleştirilen delta robotun çalışmasına yönelik ilave yazılımlar ile uygulamada ihtiyaç duyulan görüntü işleme tabanlı nesnelerin tanınarak ayrıştırılması, yapay zekâ tabanlı algoritmalar kullanılarak herhangi bir görüntünün çizilmesi gibi uygulamalar gerçekleştirilebilir. Benzer bir şekilde prototipi gerçekleştirilen delta robot, farklı yazılım ve ilave donanımlar ile uygulamada hız gerektiren farklı uygulamalar için kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Afroun, M., Chettibi, T., and Hanchi, S., 2006. Planning optimal motions for a DELTA parallel robot. In *2006 14th Mediterranean Conference on Control and Automation* (pp. 1-6). IEEE.
- Akı, M. O., 2017. Robot Bilimi Robotların Sınıflandırılması [Online] <http://www.ozanaki.com/home/uploads/teaching/secbst426-robotik-bilim/robot-bilimi-02-robotların-siniflandirilmesi.pdf> [Ziyaret Tarihi: 23 Ekim 2019]
- Akyüz, Ö., 2016. ROBOT TEKNOLOJISI. [Online] <http://docplayer.biz.tr/33375682-Robot-teknolojisi-ege-universitesi-ege-myo-mekatronik-programi.html> [Ziyaret Tarihi: 25 Aralık 2019]
- Alp, O. E., 2012. Genel Amaçlı Robot Kolu Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Altan, K., 2015. Delta Robot Nedir ? Delta Robot Nerelerde Kullanılır ? [Online] <https://deltarobot.wordpress.com/2015/06/25/delta-robot-nedir-delta-robot-nerelerde-kullanilir/> [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2020]
- Alyanak, Ç., 2019. Kangal robot 'Surkan' görücüye çıktı. [Online] <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/kangal-robot-surkan-gorucuye-cikti/1589941> [Ziyaret Tarihi: 24 Kasım 2019]
- Angel, L., Bermudez, J., and Munoz, O., 2013. Dynamic optimization and building of a parallel delta-type robot. In *2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)* (pp. 444-449). IEEE.
- Anonim, 2010. Robotların Tarihçesi. [Online] <https://inovax.net/inovax/2010/02/robotların-tarihcesi/> [Ziyaret Tarihi: 20 Ekim 2019]
- Anonim, 2011. Robotların Geleceği. [Online] <https://www.skylife.com/tr/2011-02/robotların-gelecegi> [Ziyaret Tarihi: 2 Ocak 2020]
- Anonim, 2013a. Delta Robot Nedir ve Nerelerde Kullanılır? [Online] <https://arduinodeltaproject.wordpress.com/2013/12/20/delta-robot-nedir-ve-nerelerde-kullanilir/> [Ziyaret Tarihi: 3 Ocak 2020]
- Anonim, 2013b. Delta Robotu Nerelerde Kullanılır? [Online] <https://arduinodeltaproject.wordpress.com/2013/12/23/delta-robotu-nerelerde-kullanilir/> [Ziyaret Tarihi: 3 Ocak 2020]
- Anonim, 2014a. DÜNYA GENELİNDE ROBOTLAR - 2 "NAO". [Online] <https://projectgokturk.blogspot.com/2014/11/dunya-genelinde-robotlar-2-nao.html> [Ziyaret Tarihi: 16 Aralık 2019]

- Anonim, 2014b. Delta Robot Analizi. [Online] <https://arduinodeltaproject.wordpress.com/2014/01/04/delta-robot-analizi/> [Ziyaret Tarihi: 2 Ocak 2020]
- Anonim, 2016. Tüm Robot Çeşitleri. [Online] <http://www.robotpark.com.tr/Tum-Robot-Cesitleri> [Ziyaret Tarihi: 24 Ekim 2019]
- Anonim, 2018a. Robotik ve Robotik Kodlama Nedir. [Online] <https://www.cocukyeri.com/blog/robotik-ve-robotik-kodlama-nedir> [Ziyaret Tarihi: 13 Ekim 2019]
- Anonim, 2018b. Türkiye robot kurulumunda dünyada 20'inci. [Online] <https://www.ih.com.tr/haber-turkiye-robot-kurulumunda-dunyada-20inci-754499/> [Ziyaret Tarihi: 16 Ekim 2019]
- Anonim, 2018c. Hidrolik (Sistem) Nedir? Ne İşe Yarar? Nerelerde Kullanılır? [Online] <https://teknolojirojeleri.com/mekanik/hidrolik-sistem-nedir-ne-ise-yarar-nerelerde-kullanilir> [Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2019]
- Anonim, 2018d. CNC Ahşap İşleme Makinesi. [Online] <https://www.pngindir.com/png-nu09fs/> [Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2019]
- Anonim, 2018e. Haptik Teknolojisi. [Online] <https://www.sihirlifasulyeler.com/teknoloji/haptik-haptic-teknolojisi-nedir> [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2019]
- Anonim, 2018f. Robot teknolojisinde büyük aşama: Unite BT'nin Dijital Asistanı ile tanışın. [Online] <http://www.milliyet.com.tr/teknoloji/robot-teknolojisinde-buyuk-asama-unite-bt-nin-dijital-asistani-ile-tanisin-2796749> [Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2019]
- Anonim, 2018g. Endüstriyel Robotların Sınıflandırılması Ve Küresel Koordinat Sistemine Göre Robot Tasarımı. [Online] <http://otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/endustriyel-robotlarin-siniflandirilmesi-ve-kuresel-koordinat-sistemine-gore-robot-tasarimi/> [Ziyaret Tarihi: 27 Aralık 2019]
- Anonim, 2018h. Kinematik Nedir? Kinematik ve Özellikleri. [Online] <https://www.notbu.net/kinematik-nedir-kinematik-ve-ozellikleri/> [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2020]
- Anonim, 2019a. Endüstri 4.0'ın belirleyicisi: Robotik sistemler. [Online] <https://www.nachi.com.tr/blog/endustri-4-0-in-belirleyicisi-robotik-sistemler> [Ziyaret Tarihi: 16 Ekim 2019]
- Anonim, 2019b. Dünyada ve Türkiye'de Robot Teknolojisi. [Online] <http://www.endustriotomasyon.com/tr/icerik/sayfa/dunyada-ve-turkiyede-robot-teknolojisi> [Ziyaret Tarihi: 16 Ekim 2019]

- Anonim, 2019c. Dünyanın İlk Robotunu Yapan Müslüman Alim El Cezeri Kimdir. [Online] <https://www.tarihkomplo.com/2019/02/el-cezeri-kimdir.html> [Ziyaret Tarihi: 20 Ekim 2019]
- Anonim, 2019d. Kaynak Robotu. [Online] <http://robotr.org/kaynak-robotu/> [Ziyaret Tarihi: 24 Ekim 2019]
- Anonim, 2019e. Pnömatik Pantolon Şişirme Robotu. [Online] <http://aegmakina.com/urunlerimiz/pnomatik-pantolon-sisirme-robotu/> [Ziyaret Tarihi: 8 Kasım 2019]
- Anonymous, 2018. IFR International Federation of Robotics. [Online] <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally> [Ziyaret Tarihi: 18 Ekim 2019]
- Bakır, A., Güney, Ö.F., Kuncan, M., ve Ertunç., H.M., 2012. 3 Eksenli Robot Mekanizmasına Monte Edilmiş Bir Kamera Vasıtasıyla Farklı Rotasyon ve Boyutlardaki Geometrik Cisimlerin Tanımlanarak Vakum Tutucu İle Ayrılması. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, Niğde.
- Barutçuoğlu, E.I., 2001. Robotların Tarihçesi. [Online] <https://docplayer.biz.tr/2368830-Robotların-tarihçesi.html> [Ziyaret Tarihi: 20 Ekim 2019]
- Baylan, O., 2019. Endüstriyel Robotların Avantajları. [Online] <https://www.metaluzmani.com/endustriyel-robotların-avantajları/> [Ziyaret Tarihi: 27 Aralık 2019]
- Bayrak, M., 2019. Nano Robotlar. [Online] <https://malzemebilimi.net/nano-robotlar.html> [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2019]
- Bélangier-Barrette, M., 2015. How Many Axes Does My Robot Need? [Online] <https://robohub.org/how-many-axes-does-my-robot-need/> [Ziyaret Tarihi: 25 Aralık 2019]
- Berezniak, M., 2018. Teslasuit – A Wearable Smart Suit With Applications Beyond Imagination. [Online] <https://explorebiotech.com/teslasuit-a-wearable-smart-suit-with-applications-beyond-imagination/> [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2019]
- Berkay, A., Şeker, M., ve Esin, E. M., 2003. Pnömatik Robot Uygulaması, *Elektrik - Elektronik – Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi*, İstanbul, 209-212.
- Bingül, Z., ve Küçük, S., 2005. Robot Tekniği 1, *Birsen Yayınevi*, İstanbul.
- Bozkurt, C., 2019. Robotlar Hakkında Genel Bilgiler. [Online] <https://cihanbozkurt.com.tr/robotlar-hakkında-temel-bilgiler/> [Ziyaret Tarihi: 12 Ekim 2019]
- Camillo, J., 2016. What's New With SCARA Robots. [Online] <https://www.assemblymag.com/articles/93338-whats-new-with-scara-robots> [Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2019]

- Cin, İ., 2010. Türkiye'nin İlk İnsansı Robot Girişimi SURALP Tanıtıldı. [Online] <https://www.girisimhaber.com/post/2010/10/16/Turkiyenin-Ilk-Insansi-Robot-Girisimi-SURALP-Tanitildi.aspx> [Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2019]
- Çengelci, B., ve Çimen, H., 2005. Endüstriyel robotlar. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 69-78.
- Çırak, B., ve Yörük, A., 2016. Mekatronik biliminin öncüsü İsmail El-Cezeri. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (4), 175-194.
- Çolak, M., 2019a. Robot Programlama – Robot Türleri ve Eğitsel Amaçlı Robotlar. [Online] <http://bilgisayarbilim.com/robot-programlama-robot-turleri-ve-egitsel-amacli-robotlar/> [Ziyaret Tarihi: 24 Ekim 2019]
- Çolak, M., 2019b. Robot Programlama – Eğitsel Robotta Mekanik Bileşenler. [Online] <http://bilgisayarbilim.com/robot-programlama-egitsel-robotta-mekanik-bilesenler/> [Ziyaret Tarihi: 25 Kasım 2019]
- Çubukçu, A., Kuncan, M., İmren, M., Erol, F., Ertunç, H.M., Öztürk, S., ve Kaplan, K., 2015. Görüntü İşleme İle 3 Eksenli Robot Mekanizması Üzerinde Nesne Ayırt Edilmesi ve Sıralanması. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, Denizli.
- Demircan, K., 2019. Yapay Zeka Süper Zeki Olacak Mı?. [Online] <https://khosann.com/yapay-zeka-super-zeki-olacak-mi/> [Ziyaret Tarihi: 8 Kasım 2019]
- Dilibal, S., ve Şahin, H., 2018. İşbirlikçi Endüstriyel Robotlar Ve Dijital Endüstri. [Online] <http://otomasyondergisi.com.tr/bolumler/fokus/isbirlikci-endustriyel-robotlar-ve-dijital-endustri/> [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2019]
- Dinç, Ş., 2015. Robotiğin Tarihçesi ve Gelişimi (ROBOTİK-2). [Online] <https://www.kontrollkalemi.com/robotigin-tarihcesi-ve-gelisimi-robotik-2/> [Ziyaret Tarihi: 20 Ekim 2019]
- Dirin, İ., 2014. Paralel robot kinematiği, yörünge planlaması ve 3-UPS, 1-RU paralel robot uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Dişlitaş, S., 2015. Endüstriyel Robot Programlama. *Baskı, Endüstriyel Robot Programlama Eğitimi ile Mesleki ve Teknik Eğitim Güçlendirilmesi (ERPE-METEG) Projesi*, Çorum.
- Doğan, E., 2010. Delta paralel robot ileri ve ters kinematik hesaplamaları. Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- Ersöz, H., 2007. Endüstriyel robotlar ve uygulama alanları. Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

- Erdoğan, T., 2012. Hareketli Konveyör üzerinde kamera görüntüsü ile nesne tanıma ve nesneleri yerine koyma uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İZMİR.
- Geliş, K., 2014. Endüstriyel Robotlar Ders Notları. [Online] <http://doczz.biz.tr/doc/20835/end%C3%BCstriyel-robotlar-ders-notlar%C4%B1n%C4%B1-indirmek-i%C3%A7in-t%C4%B1klay%C4%B1...> [Ziyaret Tarihi: 27 Aralık 2019]
- Gören, A., ve Başer, Ö., 2008. İdeal Mekatronik Mühendisliği Eğitimi ve Hidrolik–Pnömatik. *Uluslararası Hidrolik Pnömatik Kongresi*, 307-318.
- Güçtekin, O., 2018. Hidrolik Sistemler. [Online] <http://osmanguctekin.cbu.edu.tr/wp-content/uploads/2018/02/Hidrolik-ders-notu.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2019]
- Gül, Ö., 2019. Bir Delta Robot' un Teleskopik Mast Sistemleri İçin Yörünge Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, *Çankaya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Gürgöze, G., ve Türkoğlu, İ., 2019. Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(1), 53-66.
- Horoz, E., Öten, H.F., Kuncan, M., ve Ertunç, H.M., 2013. Kamera Yardımı İle Ayırt Edilen ve Tanımlanan Cisimlerin 3 Eksenli Robot Mekanizması İle Taşınması. *Otomatik Kontrol ulusal Toplantısı*, Malatya.
- Huang, T., Li, Z., Li, M., Chetwynd, D. G., and Gosselin, C. M., 2004. Conceptual design and dimensional synthesis of a novel 2-DOF translational parallel robot for pick-and-place operations. *Journal of mechanical Design*, 126(3), 449-455.
- İlken, Z., 2002. Mekatronik Geleceğin Bilim Dalı. [Online] <http://arsiv.ntv.com.tr/news/48978.asp> [Ziyaret Tarihi: 29 Eylül 2019]
- İnner, 2017b. SERİ VE PARALEL MANİPÜLATÖRLER. [Online] <http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr/seri-paralel-robotlar/> [Ziyaret Tarihi: 28 Aralık 2019]
- İnner, B., 2017a. Robot Nedir?. [Online] <http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr/robot-nedir/> [Ziyaret Tarihi: 12 Ekim 2019]
- Kalınay, G., Hasten, E. ve Kutoğlu, A., 2018. Görüntü Tabanlı Delta Paralel Robotu. *ETÜ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Öğrenci Dergisi*. Erzurum.
- Karahan, O., 2012. SERİ ve PARALEL ROBOTLARDA PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU İLE YÖRÜNGE KONTROLÖRÜ TASARIMI. Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Karatay, C., 2019. Her 10 bin çalışana 710 robot! Hangi ülke birinci sırada? [Online] <https://www.stendustri.com.tr/robot-yatirimlari/her-10-bin-calisana-710-robot-hangi-ulke-birinci-sirada-h100731.html> [Ziyaret Tarihi: 24 Ekim 2019]

- Koca, Ö., 2010. SURALP: Sabancı'dan Türkiye'nin ilk İnsansı (Humanoid) Robotu. [Online] <https://www.tankado.com/suralp-humanoid-insansi-robot-sabanci-universitesi/> [Ziyaret Tarihi: 2 Ocak 2020]
- Koçoğlu, O., 2015. Nedir Bu Sensörler? [Online] <https://ugrdmr.wordpress.com/2015/11/03/nedir-bu-sensorler/> [Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2019]
- Köse, İ., Öztürk, S., ve Kuncan, M., 2019. PANTOGRAPHY APPLICATION WITH REAL-TIME PLC BASED ON IMAGE PROCESSING IN GANTRY ROBOT SYSTEM. *European Journal of Technique*, 9(2), 219-229.
- Kunt, E. D., Khalil, I. S. M., Naskali, A. T., Fidan, K. C. and Sabanovic, A., 2010. Yüksek hassasiyetli montaj işlemleri için minyatür delta robot tasarımı, en iyilemesi ve denetimi. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*. Gebze, Kocaeli.
- Kyriakopoulos, K. J., and Savvas G. L., 2006. Section 2.4 Robotics: Fundamentals and Prospects, pp. 93-107, of Chapter 2 Hardware, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright *American Society of Agricultural Engineers*.
- Laribi, M. A., Romdhane, L., and Zeghloul, S., 2007. Analysis and dimensional synthesis of the DELTA robot for a prescribed workspace. *Mechanism and machine theory*, 42(7), 859-870.
- Liu, X. J., Wang, J., Oh, K. K., & Kim, J., 2004. A New Approach to the Design of a DELTA Robot with a Desired Workspace. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 39(2), 209-225.
- Maya, M., Castillo, E., Lomelí, A., González-Galván, E., and Cárdenas, A., 2013. Workspace and payload-capacity of a new reconfigurable delta parallel robot. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 10(1), 56.
- Mevlütöğlu, M. A., 2016. Robotik Teknolojileri Sektör Raporu. [Online] https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/9.Robotik%20Teknolojileri_2016-08-03-11-00-47.pdf [Ziyaret Tarihi: 16 Ekim 2019]
- Nabat, V., de la O RODRIGUEZ, M., Company, O., Krut, S., and Pierrot, F., 2005. Par4: very high speed parallel robot for pick-and-place. In *2005 IEEE/RSJ International conference on intelligent robots and systems* (pp. 553-558). IEEE.
- Narmanlı, S., 2014. 3 Robot Yasası: Üç Adımda Asimov'la Tartışmak. [Online] <https://kayiprihtim.com/dosya/3-robot-yasasi-uc-adimda-asimovla-tartismak/> [Ziyaret Tarihi: 25 Kasım 2019]
- Ocak, O., Oysu, C., ve Bingül, Z., 2010. Delta Robot Tasarımı ve Simülasyonu. *Otomatik kontrol ulusal toplantısı*. Gebze, Kocaeli.

- Opl, M., Holub, M., Pavlík, J., Bradáč, F., Blecha, P., Kozubík, J., and Coufal, J., 2011. DELTA-robot with parallel kinematics. In *Mechatronics* (pp. 445-452). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Orta, H., 2019. Robotları insan yapan teknoloji Türkiye’den çıktı. [Online] <https://shiftdelete.net/robotlari-insan-yapan-teknoloji-turkiye-cikti> [Ziyaret Tarihi: 23 Ekim 2019]
- Özer, T., 2014. Denso Akademik Robot ve Kuka Robot. [Online] http://sezaitaskin.cbu.edu.tr/wp-content/uploads/2016/03/Robotik_KUKA_DENSO.pdf [Ziyaret Tarihi: 24 Ekim 2019]
- Özkarakoç, M., 2009. Scara Robot Manipülatör İle Seçme ve Yerleştirme Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Pierrot, F., Fournier, A., and Dauchex, P., 1991. Towards a fully-parallel 6 dof robot for high-speed applications. In *Proceedings. 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 1288-1293). IEEE.
- Prempraneerach, P., 2014. Delta parallel robot workspace and dynamic trajectory tracking of delta parallel robot. In *2014 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)* (pp. 469-474). IEEE
- Rey, L., and Clavel, R., 1999. The delta parallel robot. In *Parallel Kinematic Machines* (pp. 401-417). Springer, London.
- Sağlam, Ş., 2016. Engelden Kaçan Robot Tasarımı. [Online] <http://sabansaglamsercanceylan.blogspot.com/> [Ziyaret Tarihi: 8 Kasım 2019]
- Semiz, T. Y., 2018. Robotik Nedir? – Robotik Kodlama Nedir? Şimdi Öğren. [Online] <https://maker.robotistan.com/robotik/> [Ziyaret Tarihi: 13 Ekim 2019]
- Sezgin, O., 2014. 1024 Robottan Oluşan Sürü Birlikte Çalışarak Deniz Yıldızı Oluşturuyor. [Online] <https://www.gercekbilim.com/1024-robottan-olusan-suru-birlikte-calissarak-deniz-yildizi-olusturuyor/> [Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2019]
- Şabanoviç, A., and Yannier, S., 2003. Robotlar: Sosyal etkileşimli makineler. *TÜBİTAK Bilim Teknik Dergisi*.
- Şahinoğlu, R., 2018. Paralel Robot Mekanik Yapı – 2. [Online] <http://www.kaizen40.com/paralel-robot-mekanik-yapi/> [Ziyaret Tarihi: 2 Ocak 2020]
- Şanlıtürk, İ. H., 2012. Görerek İşlem Yapabilen Delta Robotun Tasarımı ve Performans Karakteristiklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Şen, M., 2013. Medikal Nanorobotlar. [Online] <https://www.bilim.org/medikal-nanorobotlar/> [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2019]

- Şişman, T., 2017. Robotik ve Endüstriyel Robotlar. [Online]. <http://www.mustafacetinkaya.com.tr/dersler/mdvy/robot.pdf> [Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2019]
- Tan, F., 2018. Türkiye’de üretilen otomobiller. [Online] <https://www.sozcu.com.tr/2018/otomotiv/turkiyede-uretilen-otomobiller-2405987/> [Ziyaret Tarihi: 16 Ekim 2019]
- Tezer, A. A., 2014. Delta Robot Teknolojisi. [Online] <http://hktm.com.tr/tr/elektromekanik-ve-robotik/makaleler/delta-robot-teknolojisi> [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2020]
- Tsuda, J., 2019. Dünya Robotik Raporu 2019. [Online] <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/presidents-report-03-2019> [Ziyaret Tarihi: 18 Ekim 2019]
- Tunç, T., 2019. Robot Tasarımı ve Kullanım Alanları. [Online] <https://www.bilgiustam.com/robot-tasarimi-ve-kullanim-alanlari/> [Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2019]
- Uçar, B. A., 2019. Isaac Asimov Üç Robot Yasası. [Online] <https://www.muhendisbeyinler.net/isaac-asimov-uc-robot-yasasi/> [Ziyaret Tarihi: 24 Kasım 2019]
- Ünlütürk, A., Aydoğdu, Ö., ve Güner, U., 2012. Uzaktan Kontrollü Prototip Mobil Bomba İmha Robotu Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu. *Bursa*. 699-703.
- Williams II, R.L., 2016. The Delta Parallel Robot: Kinematics Solutions [Online] <https://www.ohio.edu/mechanical-faculty/williams/html/pdf/DeltaKin.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10 Ocak 2020]
- Yalçınkaya, Ş., 2019. Robotlar ve Robotik Sistemler. [Online] <https://www.bilgiustam.com/robotlar-ve-robotik-sistemler/> [Ziyaret Tarihi: 13 Ekim 2019]
- Yamanol, İ., 2016. Robotların Kısa Tarihi. [Online] <https://www.bilimkurgukulubu.com/genel/bilim-teknoloji/robotlarin-kisa-tarihi/> [Ziyaret Tarihi: 20 Ekim 2019]
- Yavuz, M. R., 2017. Robotikte Biyomimetik: Biyolojik İlhamlı Robotik. [Online] <https://ceotudent.com/robotikte-biyomimetik-biyolojik-ilhamli-robotik> [Ziyaret Tarihi: 13 Aralık 2019]
- Yılmaz, F., 2018. Robotlar Hayatımızda. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 12, 109-120.
- Zhang, L., and Song, Y., 2011. Optimal design of the Delta robot based on dynamics. In *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 336-341). IEEE.

EKLER**EK-1** Kullanılan Programlara İlişkin Kodlar

EK-1.1**Bu programda delta robota ait her bir kolun eksenel hareket kapasitesi incelenmektedir**

```

#include "delta.c"                // kütüphane eklenir

char txt[4];
char mod;                        // değişken tanımla

void baslama ()
{
    {
        for (mtr1=35; mtr1<90; mtr1++) // 1 numaralı servo motora bağlı olan 1 numaralı
                                         // bacağın başlangıç konumu ayarlanır ve değer 90
                                         // olana kadar devam eder

        motor_3 (1);                // alt program aktif edilir.
    }
    {
        for (mtr2=35; mtr2<90; mtr2++) // 2 numaralı servo motora bağlı olan 2 numaralı
                                         // bacağın başlangıç konumu ayarlanır ve değer 90
                                         // olana kadar devam eder

        motor_3 (2);                // alt program aktif edilir.
    }

    {
        for (mtr3=35; mtr3<90; mtr3++) // 3 numaralı servo motora bağlı olan 3 numaralı
                                         // bacağın başlangıç konumu ayarlanır ve değer 90
                                         // olana kadar devam eder

        motor_3 (3);                // alt program aktif edilir
    }
}

void main()
{
    TRISD = 0X00;                  // D portu çıkış yapılır
    PORTD = 0X00;                  // D portu bilgisi silinir
    TRISE = 0X07;                  // E portu giriş yapılır
    ADCON1 = 7;                    // Converter sonlandırılır
    motor_3(1);                    // alt program aktif edilir
    while(1)
    {
        if (PORTE.F0 == 0) mod = 1; // E butonu 1 ise değişken değerini 1 yap

        if (mod == 1) baslama ();    // Değişken 1 olduğu sürece işlemleri tekrar et

    }
}

```

EK-1.2**Bu programda kolların dört farklı konuma konumlandırılması incelenir**

```

#include "delta.c"      // kütüphane eklenir

char txt[4];
char mod;               // değişken tanımla
void pozisyon ()
{
    // 1. Pozisyonlama Değerleri

    mtr1 = 60;
    mtr2 = 60;
    mtr3 = 60;
    motor_3 (13);       // alt program aktif edilir

    // 2. Pozisyonlama Değerleri

    mtr1 = 130;
    mtr2 = 120;
    mtr3 = 90;
    motor_3 (6);        // alt program aktif edilir

    // 3. Pozisyonlama Değerleri

    mtr1 = 90;
    mtr2 = 120;
    mtr3 = 130;
    motor_3 (2);        // alt program aktif edilir

    // 4. Pozisyonlama Değerleri

    mtr1 = 130;
    mtr2 = 90;
    mtr3 = 120;
    motor_3 (9);        // alt program aktif edilir
}
void main()
{
    TRISD = 0X00;       // D portu çıkış yapılır
    PORTD = 0X00;       // D portu bilgisi silinir
    TRISE = 0X07;       // E portu giriş yapılır
    ADCON1 = 7;         // Converter sonlandırılır
    motor_3(1);         // alt program aktif edilir
    while(1)
    {
        if (PORTE.F0 == 0) mod = 1;    // E butonu 1 ise değişken değerini 1 yap
        if (mod == 1) pozisyon ();     // değişkeni 1 olduğu sürece işlemleri tekrar et
    }
}

```

EK-1.3**Bu programda metal nesnelerin elektromıknatıs ile tutulup başka yere bırakılması incelenmektedir**

```

#include "delta.c"           // kütüphane eklenir

char txt[4];
char mod;                   // değişken tanımla

                               // başlangıç konumları
void baslama ()
{
mtr1=60 ;                   // 1 numaralı motora bağlı bacağın başlangıç konumu
mtr2=60 ;                   // 2 numaralı motora bağlı bacağın başlangıç konumu
mtr3=60 ;                   // 3 numaralı motora bağlı bacağın başlangıç konumu
motor_3 (15);              // alt program aktif edilir

// Nesnelerin Tutulması ve Taşınması Aşaması

portd.rd4=1 ;              //bant konveyöre ait motor çalıştırılır

mtr1=206;                   //1 numaralı motora bağlı bacak yeni değerlere göre konveyöre
                               //konumlandırılır
mtr2=124 ;                  //2 numaralı motora bağlı bacak yeni değerlere göre konveyöre
                               //konumlandırılır
mtr3=206 ;                  //3 numaralı motora bağlı bacak yeni değerlere göre konveyöre
                               //konumlandırılır
portd.rd3=1;                // Elektromıknatıs bobini aktif edilir
motor_3 (10);               // alt programı aktif edilir

portd.rd4=0;                //bant konveyör motoru durdurulur
mtr1=40 ;                   //1 numaralı motora bağlı bacak yeni değerlere göre havaya kalkar
mtr2=40 ;                   //2 numaralı motora bağlı bacak yeni değerlere göre havaya kalkar
mtr3=40 ;                   // 3 numaralı motora bağlı bacak yeni değerlere göre havaya kalkar
portd.rd3=1;                // bobindeki enerji aktif olmaya devam eder
motor_3 (10);               // alt programı aktif edilir

// Nesnelerin Bırakılmasından Sonra Geri Dönüş Aşaması

mtr1=142 ; //1 numaralı motora girilen değerlere göre tutulan nesne bırakılacak alana
                               //getirilir
mtr2=142 ; //2 numaralı motora girilen değerlere göre tutulan nesne bırakılacak alana
                               //getirilir
mtr3=45 ; // 3 numaralı motora girilen değerlere göre tutulan nesne bırakılacak alana
                               //getirilir
motor_3 (10); // alt programı aktif edilir
portd.rd3=0; // bobindeki enerji sonlandırılır
motor_3 (5); // alt programı aktif edilir

```

```

}

void main()
{
    TRISD = 0X00;           // D portu çıkış yapılır
    PORTD = 0X00;           // D portu silinir
    TRISE = 0X07;           // E portu giriş yapılır
    ADCON1 = 7;             // Converter sonlandırılır
    motor_3(1);             // alt program aktif edilir
    while(1)
    {
        if (PORTE.F0 == 0) mod = 1;    // E butonu 1 ise değişkenin değerini 1 yap
        if (mod == 1) baslama ();      // değişken 1 olduğu sürece işlemleri tekrar et

    }
}

```


ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Emrah OZAN
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Elazığ - 1987
Telefon : 0(543) 232 33 13
Faks : ---
e-mail : emrhozn@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Yeşiltepe Anadolu Lisesi, Merkez, Malatya	2004
Üniversite	: Siirt Üniversitesi, Merkez, Siirt	2017
	Fırat Üniversitesi, Merkez, Elazığ (T.E.F)	2010
	Fırat Üniversitesi, Merkez, Elazığ (İnş.Müh.)	2018
Yüksek Lisans :		

YABANCI DİLLER

İngilizce - Orta