

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



Endüstriyel Robotlarda Kalibrasyon Metodları

BİTİRME TEZİ

Hazırlayan

Mehmet YILDEMİR 2011010226010

Tez Danışmanı

Doç.Dr. Aytül Bozkurt

KARABÜK-2016

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER.....	1
ŞEKİLLER	4
KABUL VE ONAY	7
ÖNSÖZ.....	8
BÖLÜM 1.....	9
1.GİRİŞ.....	9
1.1. ENDÜSTRİYEL ROBOT.....	9
1.2. ENDÜSTRİYEL ROBOT TARİHÇESİ	10
1.3. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN AVANTAJLARI.....	11
1.4. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN KULLANIMI	13
1.5. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN UYGULAMA ALANLARI	14
BÖLÜM 2.....	17
2. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN TEMEL YAPISAL ÖZELLİKLERİ.....	17
2.2. ALET YÖNLENDİRME.....	18
2.3. ENDÜSTRİYEL ROBOT SÜRÜCÜ SİSTEMLERİ.....	19
2.4. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN ÇALIŞMA ALANI ZARFLARI.....	21
2.5. SERBESTLİK DERECEŚİ (DOF Degrees Of Freedom)	22
2.6. HAREKET KONTROL METOTLARI	23
2.7. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN SINIFLANDIRILMASI	23
Kartezyen Robotlar.....	23
Silindirik Robotlar	24
Küresel Robotlar.....	24
SCARA Robotlar.....	25
Dikey Mafsallı (Articulated) Robotlar	25

2.8. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ.....	26
Hassasiyet	26
Tepkime Süresi	27
Kararlılık.....	28
Yük Taşıma Kabiliyeti ve Hız.....	28
BÖLÜM 3.....	31
3. ENDÜSTRİYEL ROBOT SİSTEMİ	31
3.1. MANİPÜLATÖR	31
3.2. EFEKTÖRLER/ALETLER.....	33
3.3. ENERJİ BESLEME YÖNTEMLERİ.....	34
3.4.ÇEVRE BİLİMLERİ BAĞLANTILARI	36
3.5. SENSÖRLER	36
BÖLÜM 4.....	37
4.KUKA AGİLUS 6-EKSEN ENDÜSTRİYEL ROBOT.....	37
4.1.GENEL ÖZELLİKLER.....	37
4.2. MANİPÜLATÖR	40
4.3. SMARTPAD	43
4.4. KR C4 KOMPAKT KONTROLÖR	44
BÖLÜM 5.....	45
5.ENDÜSTRİYEL ROBOT PROGLAMA YÖNTEMLERİ.....	45
5.1. PASİF PROGRAMLAMA.....	45
Elle Pasif Programlama	46
Taklit Yoluyla Pasif Programlama	46
5.2. AKTİF PROGRAMLAMA.....	47
On-Line Programlama (Teach Pendant).....	47
Off-Line Programlarım (OLP).....	48
BÖLÜM 6.....	49

6. ROBOT KALİBRASYON YÖNTEMLERİNİN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ	49
6.1.ROBOT HATA KAYNAKLARI VE PERFORMANS DEĞERLENDİRME	49
6.1.1. Doğruluk ve Tekrarlanabilirlik	49
6.1.2. Programlama	51
6.2. ROBOT KALİBRASYONU	52
BÖLÜM 7	53
7. İKİ TEKERLEKLİ DENGİ ROBOTU	53
7.1. GİRİŞ	54
7.2. PROJENİN GÜNÜMÜZDEKİ ÖRNEKLERİ	54
7.3. PROJEDE KULLANILAN MALZEMELER	57
BÖLÜM 8	64
8. SONUÇ	64
EKLER	65
PROJENİN ARDUİNO KODLARI	65
KAYNAKLAR	74
2.4. ÖZGEÇMİŞ	77

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1:Endüstriyel Robotlar	10
Şekil 2:İlk Endüstriyel Robot (Unimate, 1961).....	11
Şekil 3:Endüstriyel Robotların Avantaj-Dezavantaj değerlendirmesi.....	12
Şekil 4:Endüstriyel Robot Yoğunlukları	13
Şekil 5:Dünyada Endüstriyel Robotların uygulama alanlarına göre dağılımı	14
Şekil 6:Endüstriyel Robotlara yönelik Kaynak uygulamaları	15
Şekil 7:Endüstriyel Robotlara yönelik Elleçleme (Handling) uygulamaları	15
Şekil 8:Endüstriyel Robotlara yönelik Montaj uygulamaları	15
Şekil 9:Endüstriyel Robotlara yönelik Paletleme uygulamaları.....	16
Şekil 10:Endüstriyel Robotlara yönelik İşleme uygulamaları	16
Şekil 11:Endüstriyel Robotlara yönelik Ölçüm ve Kontrol uygulamaları	17
Şekil 12:Endüstriyel Robot Eksenleri.....	17
Şekil 13:İnsan Elinin Hareket Kabiliyetleri.....	18
Şekil 14:Robot bilek (Minnor Eksen) hareketleri	18
Şekil 15:Hidrolik sürücülü endüstriyel robot	19
Şekil 16:Elektrik sürücülü endüstriyel robot	20
Şekil 17:Pnömatik sürücülü endüstriyel robot.....	20
Şekil 18:Robot Eklem Tipleri.....	21
Şekil 19:Majör Eklem Tiplerine Göre Endüstriyel Robotlar	22
Şekil 20:Robotların Serbestlik Dereceleri (DOF-Degrees Of Freedom).....	22
Şekil 21:Robot Hareket Kontrol Tipleri	23
Şekil 22:Kartezyan Robotlar	24
Şekil 23:Silindirik Robotlar.....	24
Şekil 24:Küresel Robotlar	25
Şekil 25:SCARA Robotlar	25
Şekil 26:Dikey Mafsallı (Articulated) Robotlar	26
Şekil 27:Mutlak ve Tekrarlanabilirlik hassasiyeti	27
Şekil 28:Endüstriyel Robot Sistemleri	29
Şekil 29:KUKA Endüstriyel Robot	30
Şekil 30:Manipülatör	31

Şekil 31:Manipulatörün temel bileşenleri	32
Şekil 32:KUKA robot serbestlik derecesi	32
Şekil 33:End-Effector Tipleri	34
Şekil 34:Harici enerji beslemeli Endüstriyel Robot (Gaz Kaynaklı Hücresi)	35
Şekil 35:Entegre enerji beslemeli Endüstriyel Robot.....	36
Şekil 36:İletişim yöntemleri	36
Şekil 37:Sensörler.....	37
Şekil 38:KUKA Agilus KR 6 R900 sixx endüstriyel robot sistemi	38
Şekil 39: KUKA Agilus KR 6 R900 sixx endüstriyel robotun temel özellikleri	39
Şekil 40:KUKA Agilus KR 6 R900 sixx endüstriyel robot Çalışma Alan Zarfı.....	39
Şekil 41:KUKA Agilus KR6 R900 sixx Endüstriyel Robot Manipulatörü.....	40
Şekil 42:A1 Arabirimi	41
Şekil 43:A4 Arabirimi	42
Şekil 44:Selanoid valf özellikleri	42
Şekil 45:Manipulatör nakil pozisyonu.....	43
Şekil 46:smartPAD Teach Pendant özellikleri	44
Şekil 47:KUKA KR C4 Compact Kontrolör Özellikleri.....	44
Şekil 48:Programlama teknikleri	45
Şekil 49:Elle Pasif Programlama.....	46
Şekil 50:Taklit yoluyla Pasif programlama	47
Şekil 51:On-Line Programlama (Teach Pendant)	48
Şekil 52:Çevrim Dışı (Off-Line) Programlama.....	49
Şekil 53:Doğruluk ve Tekrarlanabilirlik Geometrik Anlamı	50
Şekil 54:Doğruluk ve tekrarlanabilirlik etkisi	51
Şekil 55:Kontrol Mimarisi.....	52
Şekil 56:Tipik robot programlama dilleri	52
Şekil 57:Bernhardt ve Albright statik ve dinamik kalibrasyon sınıflandırması.	53
Şekil 58:Projenin devresi.....	54
Şekil 59:Günümüzdeki örnekleri.....	56
Şekil 60:6V 250 Rpm Motor ve Tekerlek Seti	57
Şekil 61:MPU6050 6 Eksen İvme ve Gyro Sensörü gy-521	58
Şekil 62: Arduino bağlantısı	59
Şekil 63: L298N Motor Sürücü Kartı	60

Şekil 64:Girişler.....	61
Şekil 65:Arduino Nano	64

KABUL VE ONAY

Mehmet YILDEMİR...tarafından hazırlanan "Endüstriyel Robotlarda Kalibrasyon Metodları" başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. 09/06/2016

Tez Danışmanı

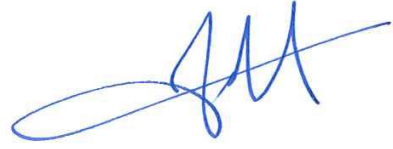
Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 09/06/2016

Tez Jürisi

Başkan: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

.....



Üye : Yrd.Doç. Dr. Aytül BOZKURT

.....



Üye :

..... Ays. Gök. Esma BEKER



KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 11/06/2016

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Müh. Bölüm Bşk.



ÖNSÖZ

Bu çalışma endüstriyel robotların kinematik kalibrasyonu üzerine odaklanmaktadır. Kinematik modelleme, parametre tanılama ve en iyi poz seçimi yöntemleri sunulmaktadır. Üretilen normal dağılımlı gürültü içeren ölçümler kullanılarak bilgisayar ortamında kinematik kalibrasyon benzetimleri elde edildi.

Bunun yanı sıra, tam poz ölçümleri kullanılarak ABB ERB 6600 endüstriyel robotu üzerinde kinematik kalibrasyon deneyleri gerçekleştirildi. Robotun kinematik modeli değiştirilmiş Denavit - Hartenberg notasyonu kullanılarak oluşturuldu.

Parametre tanımlama işleminde doğrusal olmayan küçük kareler yöntemi kullanıldı. Deney sonuçlarına göre robot konumlama hataları %80 oranında azaltıldı.

Mehmet YILDEMİR

BÖLÜM 1

1.GİRİŞ

1.1.ENDÜSTRİYEL ROBOT

Robotik genel anlamda makina, elektrik-elektronik ve bilgisayar gibi alanların birleşiminden oluşan genel amaçlı programlanabilir makina sistemlerine yönelik çok disiplinli modern bir bilimdir. Dünyada robotiğin ilk temelleri 1136-1208 yılları arasında yaşamış olan EI-Cezeli tarafından atılmıştır. Bununla birlikte robot kelimesi ilk defa 1922 yılında Çek yazar KarelCapek tarafından Slav dilinde işçi, köle, esir anlamına gelen crobot'a kelimesinden türetilmiştir. Robotik kelimesi ise ilk defa Isaac Asimov tarafından kullanılmıştır.[5]

Bilim-Kurgu alanında önemli eserleri bulunan Isaac Asimov tarafından ilk olarak 1939 yılında gündeme getirilen ve yine 1950 yılında yazdığı "I, Robot" adlı eserinde kaleme alınan Robot Kanunları şu şekilde sıralamıştır:

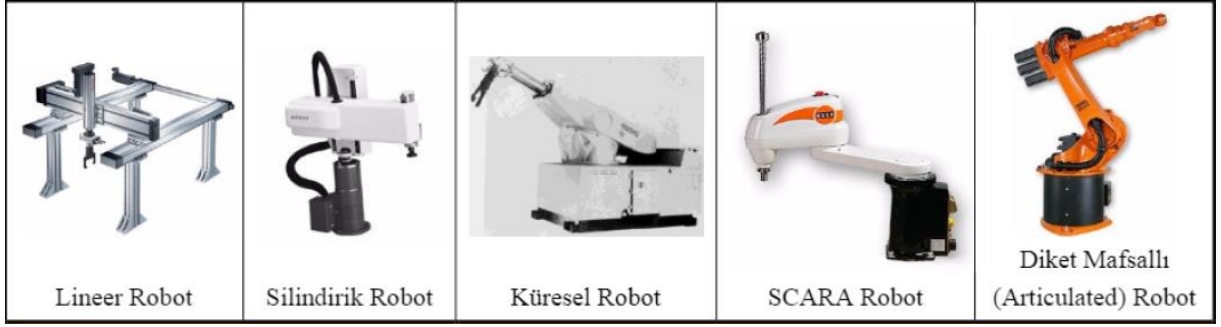
Kural - 1: Bir robot insanlara zarar vermemelidir, ayrıca pasif kalarak zarar görmesine seyirci kalmamalıdır.

Kural - 2: Birinci kuralla çelişmediği sürece, bir robot insanlar tarafından verilen komutlara uymalıdır.

Kural - 3: Birinci veya İkinci kuralla çelişmediği sürece, bir robot kendi varlığını korumalıdır.

Robot terimi, 1979 yılında Amerikan Robot Enstitüsü tarafından şu şekilde tanımlanmıştır: "Robot, yeniden programlanabilen; malzemeleri, parçaları, özel cihazları çeşitli programlanmış hareketlerle yapılacak işe göre taşıyan veya işleyen çok fonksiyonlu bir manipülatördür."

Şekil 1 'de çeşitli özelliklerde endüstriyel robot görülmektedir.



Şekil 1:Endüstriyel Robotlar

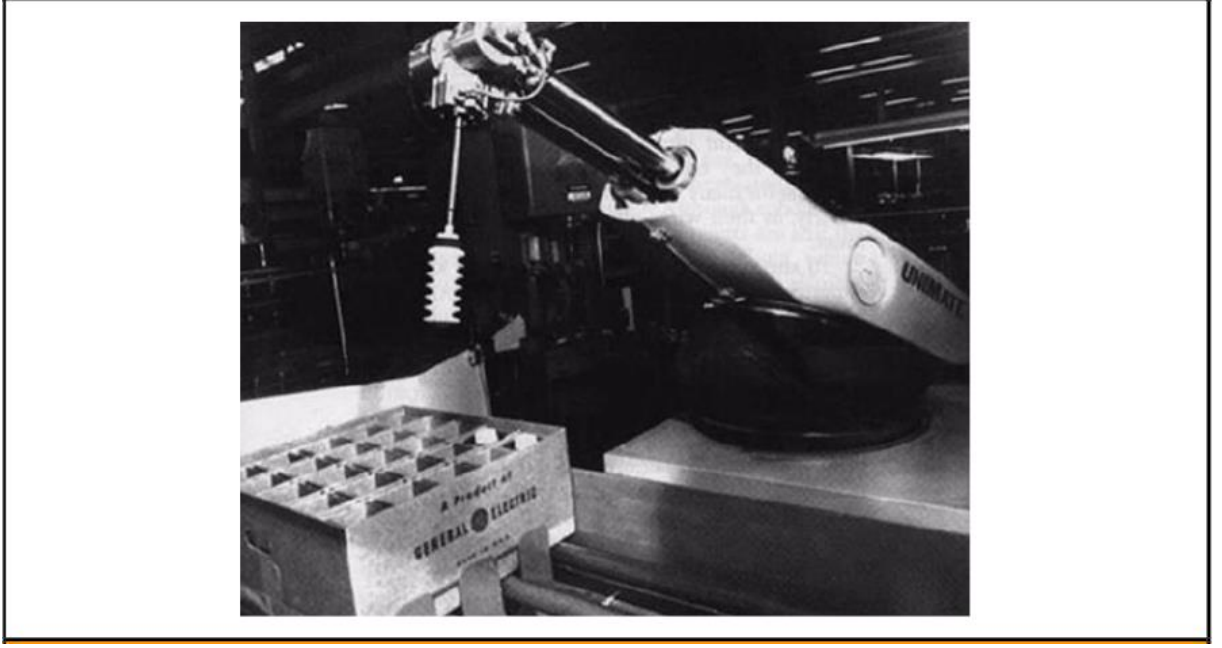
Endüstriyel robotun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırması ISO 8373 standardına göre "Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, sabit veya hareketli olabilen, üç veya daha fazla programlanabilir eksene sahip, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir çok amaçlı manipülatördür." olarak ifade edilmiştir.

EN 10218-1 Avrupa Standardına göre Endüstriyel Robotun tanımı. "Robot/Endüstriyel Robot, üç veya daha fazla eksenle programlanabilen ve otomasyon teknolojisinde kullanım için sabit bir yere takılarak veya hareketli olarak kullanılabilen, otomatik olarak kontrol edilebilen, serbest olarak programlanabilen çok amaçlı manipülatördür. " olarak yapılmaktadır.

Otomasyon, işlem ve üretim kontrolünde insan müdahalesi olmadan veya azaltılmış olarak mekanik, elektrik, elektronik ve bilgisayar tabanlı kısaca mekatronik sistemlerin birlikte kullanılarak işlemlerin otomatik olarak yürütülmesidir. Sahip oldukları özellikler sayesinde endüstriyel robotlar, otomasyon sistemlerinin vazgeçilmez unsurlarından olmuşlardır.[6]

1.2. ENDÜSTRİYEL ROBOT TARİHÇESİ

1956 yılında George Devol ve Joseph Engelberger tarafından Unimation (Universal Animation) adında bir şirket kurulmuştur. Unimation şirketi tarafından yapılan çalışmalar sonucu 1959 yılında ilk endüstriyel robot geliştirilmiştir. Dünyada Endüstriyel Robotun ilk uygulanması ise 1961 yılında Unimation şirketi tarafından General Motors'da bir konveyöre entegre edilen ve metal pres makinesinden sıcak ve ağır iş parçalarını alıp paletlere istiflemekle görevli Unimate olmuştur. O zamanki teknoloji ile endüstriyel robotun programı manyetik bir tambur üzerine kaydedilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: İlk Endüstriyel Robot (Unimate, 1961)

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte değişik yapı ve özelliklere sahip birçok endüstriyel robot geliştirilmiş ve çeşitli sektörlerde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

1.3. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN AVANTAJLARI

Endüstriyel Robotların sahip oldukları özellikleri, çalışmaları ve endüstrideki yeri genel olarak değerlendirildiğinde Şekil 3'te görüldüğü gibi avantajlarının daha fazla olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3:Endüstriyel Robotların Avantaj-Dezavantaj değerlendirmesi

Endüstriyel Robotların kullanılmasının sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- İnsanların fiziksel özellikleri zorlayan ağır ve büyük işlerde çalışabilirler,
- İnsan sağlığı için elverişsiz ve tehlikeli koşullarda çalışabildiklerinden işyeri güvenliğini sağlarlar,
- Sahip oldukları yüksek hassasiyet ve tekrarlanabilirlik sayesinde ürün kalitesinde standartları korurlar,
- Bozuk üretim miktarı azaltılarak, hammadde israfı engellenir ve üretim maliyetini düşürürler,
- Yeniden programlama sayesinde yeni bir işe kolayca adapte edilebilirler,
- Monoton, sıkıcı ve yorucu işlerde hızlı bir şekilde verimi ve ürün kalitesini düşürmeden sürekli çalışarak daha çok iş yapabilirler,
- Uzaktan erişim, yönetim, kontrol edilebilme özelliklerine sahiptirler,
- Aynı ortamda birlikte sorunsuz ve hızlı bir şekilde çalışabilmektedirler,
- İşyeri güvenliği, sağlık, eğitim, sigorta vb. giderlerin azaltılmasıyla birlikte ucuz işgücü sağlarlar,

Endüstriyel robotların kullanımında sağladığı avantajların yanında birtakım dezavantajlar' da olabilmektedir. Bunlar ise şu şekilde sıralanabilir:

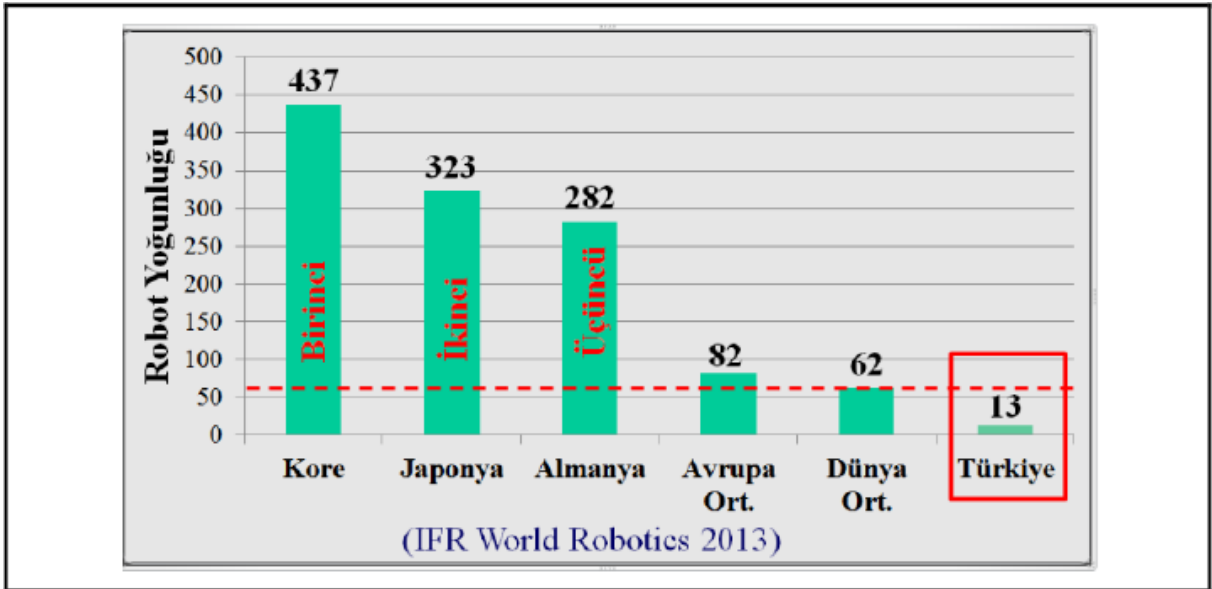
- İşgücünün ucuzlaması nedeniyle işsizlik problemlerine yol açabilmektedirler,

- Programlama sorunlarında istenmeyen zararlı sonuçlara neden olabilmektedirler,
- Tekrarlı işlerde yapılan bir hesaplama hatası tüm üretilen ürünlere yansıyabilmektedir.

Yukarıda ifade edilen işsizlik problemlerine yönelik olarak; aslında teknolojik gelişmeler, bilgi toplumu olma yolunda insanların bedenini değil, zihnini zorlayan işlerle uğraşmasına neden olmaktadır. Böylelikle de ihtiyaç sebebiyle yeni robotların tasarlanması, geliştirilmesi ve programlanmasının yanı sıra robot ve çevre ekipmanların bakım-onarım ve tamiri, robot üretim tesislerinin kurulumu vb. yeni iş imkânlarının oluşmasına yol açmaktadır.[1]

1.4. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN KULLANIMI

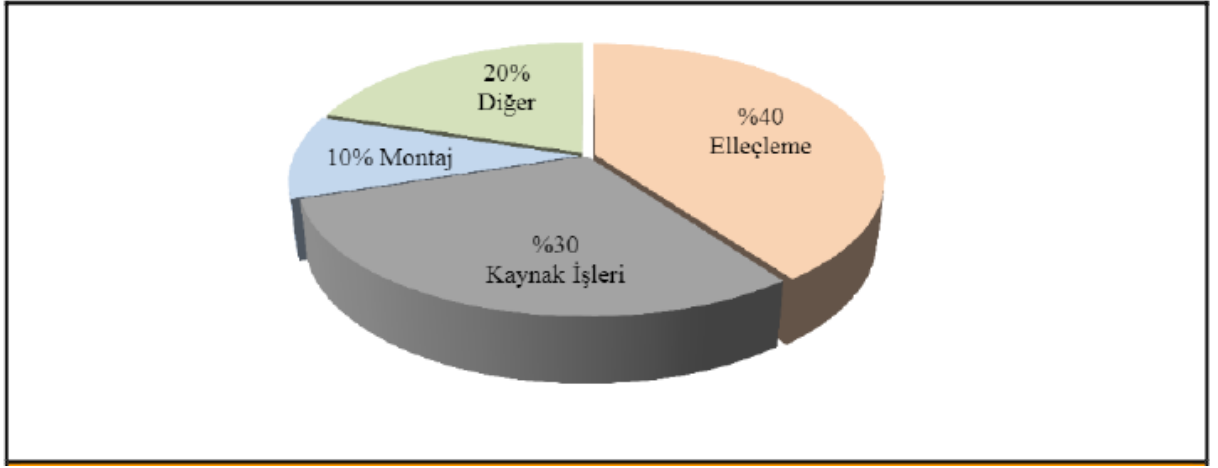
Sanayileşme ve bilgi toplumu olma yolunda Endüstriyel Robotların kullanılması dünya ülkelerinde hızla yaygınlaşmaktadır. Ülkelerin endüstriyel robotlar kullanma durumu sanayide 10.000 çalışan başına düşen robot sayısı ile ölçülmekte ve Robot Yoğunluğu olarak adlandırılmaktadır. Uluslararası Robot Federasyonu (IFR-International Federation of Robotics-World Robotics) 2013 istatistiklerine göre; dünyada Endüstriyel Robot Yoğunluğu olarak birinci sırada 437 robot yoğunluğu ile Kore yer almaktadır (Şekil 4). İkinci sırada 323 robot yoğunluğu ile Japonya ve üçüncü sırada 282 robot yoğunluğu ile Almanya gelmektedir. Türkiye yaklaşık 13 robot yoğunluğu ile, 62 olan dünya ortalamasının ve 82 olan Avrupa ortalamasının oldukça altında bulunmaktadır.



Şekil 4:Endüstriyel Robot Yoğunlukları

1.5. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN UYGULAMA ALANLARI

Sanayide Endüstriyel Robotların kullanımı başta elleçleme (Handling: tutma, taşıma ve bırakma), kaynak-lehimleme, montaj-sökme, boyama, kesme olmak üzere birçok alanda gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Dünyada Endüstriyel Robotların uygulama alanlarına göre dağılımı Şekil 5 'te görülmektedir.



Şekil 5:Dünyada Endüstriyel Robotların uygulama alanlarına göre dağılımı

Sahip olduğu avantajlar nedeniyle endüstriyel robotların özellikle başta otomotiv, elektrik-elektronik, kimya, plastik makine, metal, yiyecek-içecek sektörleri olmak üzere kullanım alanları oldukça yaygındır.

Endüstriyel Robotların temel kullanım alanlarının belli başlı olanları şu şekilde sıralanabilir:

- Elleçleme (Handling) (Malzeme seçme, taşıma, sıralama, yerleştirme vb.) uygulamalarında,
- Montaj (Mounting) ve Sökme uygulamalarında,
- Nokta Kaynak (Spot Welding), Ark Kaynak ve Rotalı Kaynak uygulamalarında,
- Yapıştırma/Sızdırmazlık maddeleri uygulamalarında
- Malzeme işleme (Frezeleme vb.) uygulamalarında,
- Çapak temizleme, parlatma, boyama vb. uygulamalarda,
- Paketleme, stok ve yükleme uygulamalarında,
- Döküm, presleme, dövme vb. uygulamalarda,
- Ölçüm ve kontrol uygulamalarında

Şekil 6 - Şekil 11'de Endüstriyel Robotların uygulama alanlarına yönelik çeşitli fotoğraflar görülmektedir.



Şekil 6:Endüstriyel Robotlara yönelik Kaynak uygulamaları



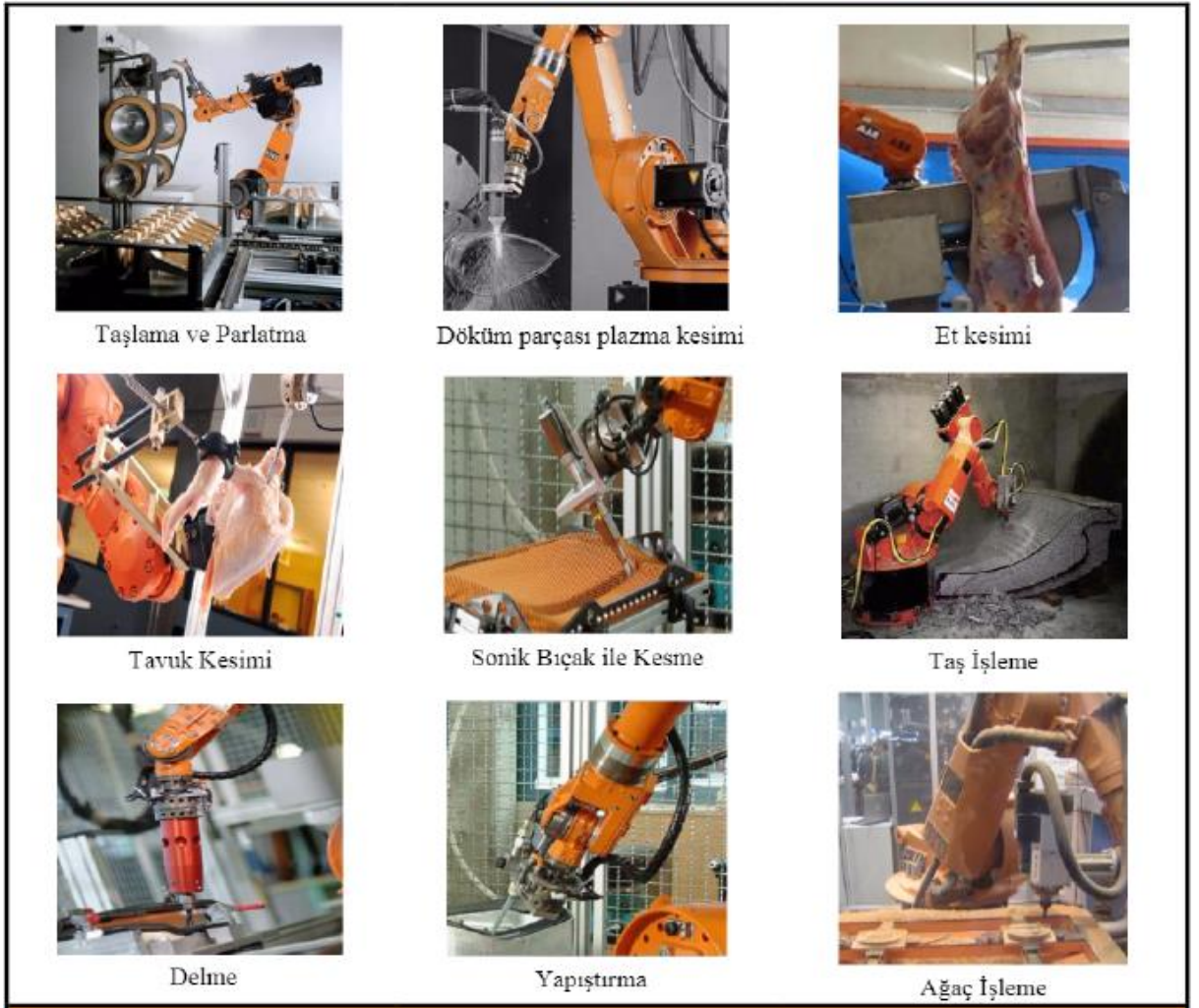
Şekil 7:Endüstriyel Robotlara yönelik Elleçleme (Handling) uygulamaları



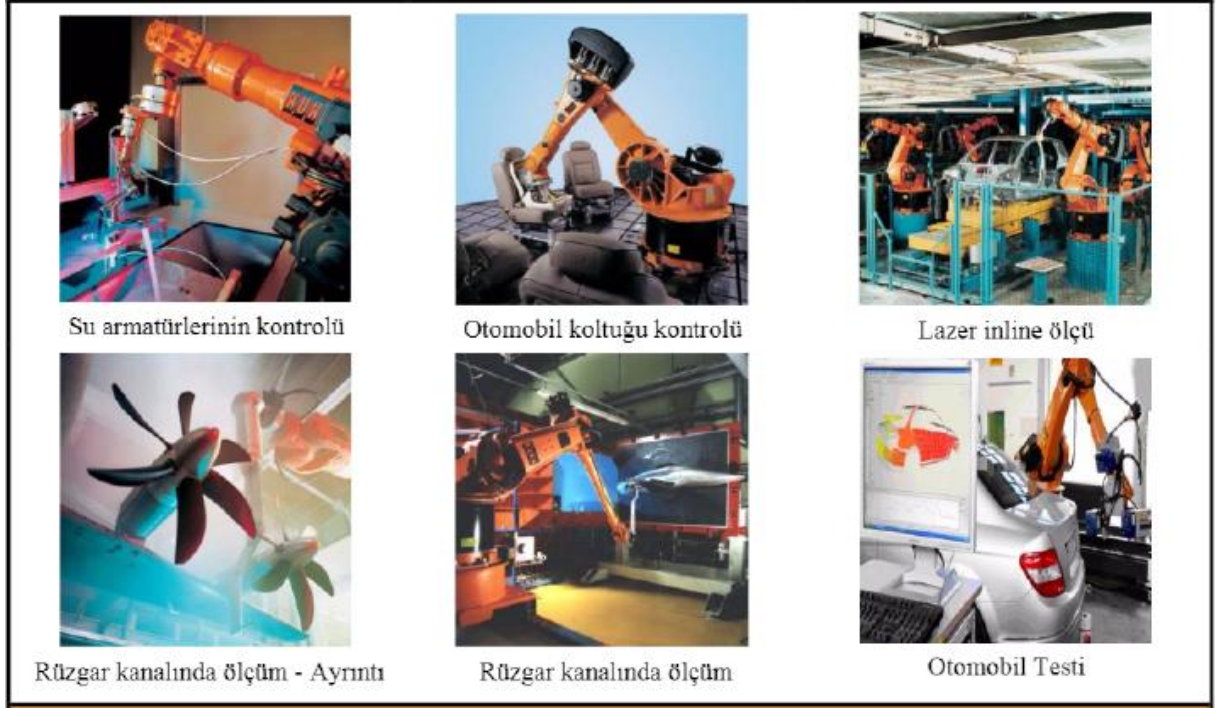
Şekil 8:Endüstriyel Robotlara yönelik Montaj uygulamaları



Şekil 9:Endüstriyel Robotlara yönelik Paletleme uygulamaları



Şekil 10:Endüstriyel Robotlara yönelik İşleme uygulamaları



Şekil 11:Endüstriyel Robotlara yönelik Ölçüm ve Kontrol uygulamaları

BÖLÜM 2

2. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN TEMEL YAPISAL ÖZELLİKLERİ

2.1. EKSEN SAYILARI

Endüstriyel robot sisteminde, bir manipülatörün sahip olduğu eksen sayısı ve özelliğine bağlı olarak manipülatörün hareket kabiliyeti değişmektedir. Şekil 12'de manipülatör eksen tipleri ve özellikleri görülmektedir.

Eksen	Tip	Özellik	Açıklama
1-3	Major Eksen	Bilek Pozisyonu Belirleme	Endüstriyel robotun çalışma alanı zarfı belirlenir.
4-6	Minor Eksen	Alet Yönü Belirleme	3D uzayda manipülatör ucundaki aletin yönlendirilmesi sağlanır.
7-n	Redundant Eksen	Engellerden Sakınma	Manipülatörün istenilmeyen alanlardan kaçınılması veya çalışma uzayındaki engellerin etrafından erişim sağlanır.

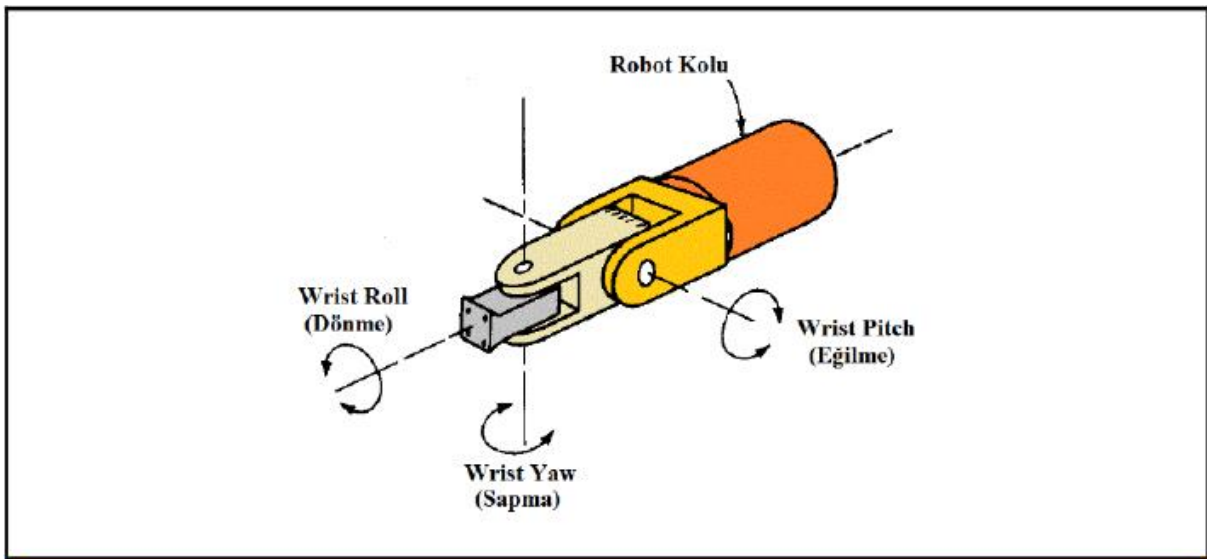
Şekil 12:Endüstriyel Robot Eksenleri

2.2. ALET YÖNLENDİRME

Endüstriyel robotların yönü Roll, Pitch ve Yaw ile ölçülmektedir. İnsan ve robot bileği benzer hareket kabiliyetlerine sahiptir. Kişiden kişiye değişmekle birlikte, insan bileğinin hareket kabiliyetleri Şekil 13'de görülmektedir. Şekil 14'de ise bir endüstriyel robotun bileğine (minör eksen) yönelik Row (Dönme), Pitch (Eğilme) ve Yaw (Sapma) hareketleri görülmektedir.

Hareket Şekli	Açıklama	Örnek Kabiliyet
ROLL (Dönme)	Sağ Kol 0° konumunda düz ve avuç içi aşağı şekilde iken, bileğin saat yönünde ve saat tersi yönde hareket ettirilmesi.	 (Dönme = $180^\circ + 90^\circ = 270^\circ$)
PITCH (Eğilme)	Sağ Kol 0° konumunda düz ve avuç içi aşağı şekilde iken, bileğin aşağı ve yukarı hareket ettirilmesi.	 (Eğilme = $50^\circ + 50^\circ = 100^\circ$)
YAW (Sapma)	Sağ Kol 0° konumunda düz ve avuç içi aşağı şekilde iken, bileğin sola ve sağa hareket ettirilmesi.	 (Sapma = $20^\circ + 45^\circ = 65^\circ$)

Şekil 13:İnsan Elinin Hareket Kabiliyetleri



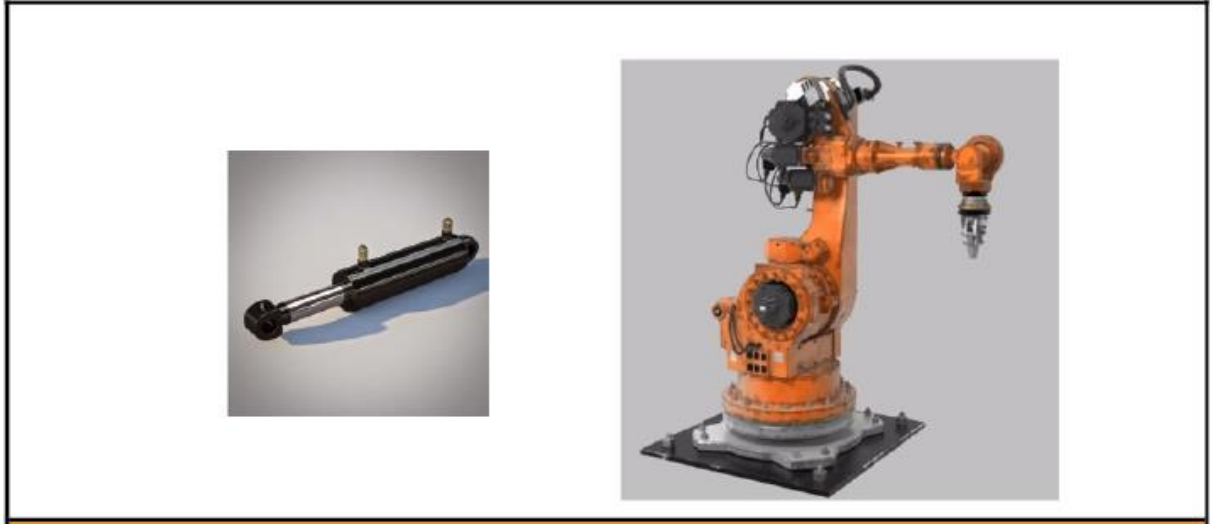
Şekil 14:Robot bilek (Minnor Eksen) hareketleri

2.3. ENDÜSTRİYEL ROBOT SÜRÜCÜ SİSTEMLERİ

Robot manipülatör eklem hareketleri için gerekli gücün sağlanmasında kullanılan sürücü sistemleri şunlardır:

- Elektriksel Sürücü Sistemleri
- Hidrolik Sürücü Sistemleri
- Pnömatik Sürücü Sistemleri

Hidrolik sürücü sistemlerine sahip endüstriyel robotlar genellikle ağır endüstride kullanılmakla birlikte erimiş çelik işleme, otomobil parçası vb. büyük yükler için yüksek hız ve dayanım sağlamaktadırlar (Şekil 15). Robotun taban bağlantısının yapılması gerekmektedir. Hidrolik sürücüler iller büyük ve hantal olmakla birlikte gürültülü, yağ sızdırma ve temizlik sorunlarına sebep olabilmektedirler. Düşük güçte yüksek tork üretebilmelerine rağmen, performansları doğrusal olmadığından kontrolleri zordur.



Şekil 15: Hidrolik sürücülü endüstriyel robot

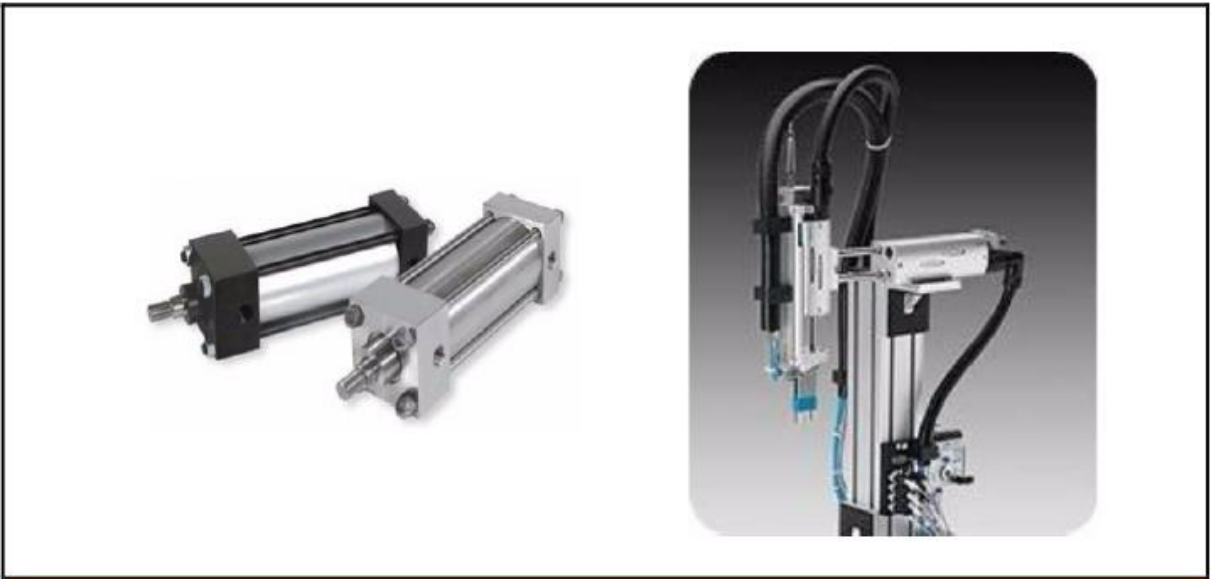
Günümüzde çoğu robot manipülatörleri için DC servomotor ve step motor sürücüleri kullanılmaktadır. Şekil 16'te elektrik sürücü sistemine sahip endüstriyel robot ve ilgili sürücü mekanizmaları görülmektedir. Elektrik sürücü sistemleri temiz yapılı olmakla birlikte hassasiyet ve tekrarlanabilirlik olarak daha iyidirler. Ancak elektrik sürücü sistemleri, hidrolik sürücülere göre hem daha yavaş hem de düşük güçlüdürler. Robotun taban bağlantısının yapılması gerekmektedir. Elektrik motorları, redüktörler yardımıyla daha güçlü ve hassas bir hale getirilebilmektedir. DC servomotorların düşük güçte yüksek tork üretmeleri önemli bir

tercih sebebi olmuştur. Step Motor ise genellikle yüksek tork ihtiyacı gerektirmeyen tutma, taşıma ve yerleştirme gibi daha basit uygulamalarda kullanılmaktadır.



Şekil 16: Elektrik sürücülü endüstriyel robot

Pnömatik sürücü sistemleri, özellikle birkaç serbestlik dereceli (DOF) küçük robotlar için kullanılmaktadır (Şekil 17). Genellikle Tutma-Bırakma gibi basit işlemlerin hızlı bir şekilde yapılmasını sağlarlar. Pnömatik sürücü sistemlerinin enerji verimliliği daha iyi olmakla birlikte, geri besleme (feedback) kontrolü zordur. Ayrıca hareketli robot pistonlarının ataletini hızlı bir şekilde ortadan kaldıracak hava basıncı tertibatı sıkıntısından dolayı da kontrol işlemi zorlaşmaktadır. Bu nedenle de genellikle basit uygulamalarda tercih edilmektedirler. Genellikle manipülatör efektörleri pnömatik yapıda olmaktadır.



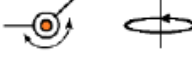
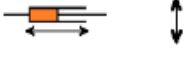
Şekil 17: Pnömatik sürücülü endüstriyel robot

2.4. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN ÇALIŞMA ALANI ZARFLARI

Çalışma Alanı Zarfı (WorkingEnvelope - WorkArea - Çalışma Hacmi - Erişim Uzayı), manipülatörün mekanik hareket yeteneğın bağı olarak çevresinde erişebileceğı tüm noktaları kapsayan uzayı anlatmaktadır. Robotun tasarlanmasında eksenler ve serbestlik derecelerine bağı olarak manipülatörün Çalışma Alanı Zarfı değışmektedir. Bir robotun Çalışma Alanı Zarfı, diğerk makine ve sistemlerle etkileşimleri açısından oldukça önemlidir.

Endüstriyel robotun çalışma alanının belirlenmesinde eklemler büyük rol oynamaktadırlar. Eklemler sayesinde robota çok yönlü hareket etme kabiliyeti kazandırılmaktadır. Dolayısıyla hareket kabiliyeti robotun çalışma alanının belirlenmesiyle doğrudan ilgili olmaktadır.

Endüstriyel robotların tasarlanmasında genellikle Revolute (Dönel) ve Prismatic (Prizmatik) olmak üzere 2 temel eklem tipi kullanılmaktadır (Şekil 18). Ayrıca endüstride silindirik, küresel, vida vb. çeşitlilikte eklem tipleri de mevcuttur.[9]

Eklem Tipi	Sembolik Gösterim		Eklem Tanımı
	Harf sel	Şekilsel	
Rotational - Revolute (Dönel)	R		Eksen etrafında dönme hareketi
Prismatic - Translational (Prizmatik - Ötelemeli)	P (veya T)		Eksen boyunca lineer hareket

Şekil 18:Robot Eklem Tipleri

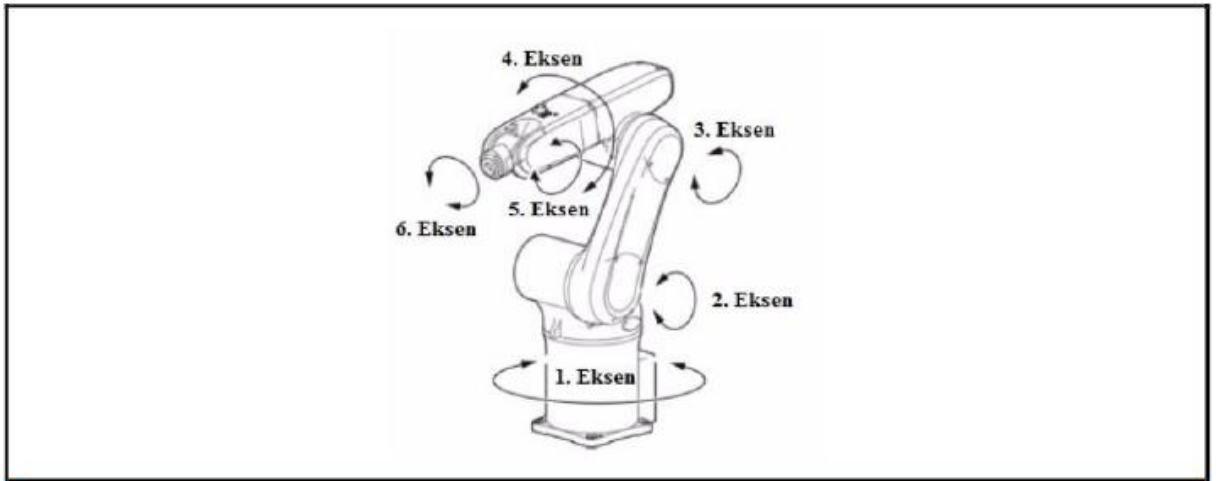
Bir robotun her eklemi sınırlı bir hareket aralığına sahiptir. Endüstriyel Robotun ilk 3 ekleminin oluşturduğu ve bilek pozisyonunun belirlenmesini sağlayan eksen Major Eksen, sonraki 3 eklemin oluşturduğu ve elin yönünü belirlenmesini sağlayan eksen ise Minör Eksen olarak adlandırılmaktadır. Endüstriyel Robotların Majör Eksen Eklem Tiplerine göre sınıflandırılması Şekil 19’da görölmektedir. Endüstriyel Robotun Majör eksen elden yapısına bağı olarak çalışma zarfı belirlenir.

Robot Tipi	Majör Eksenler			Major Eksen Tipi
	Eksen 1	Eksen 2	Eksen 3	
Kartezyen	P	P	P	PPP
Silindirik	R	P	P	RPP
Küresel	R	R	P	RRP
SCARA	R	R	R	RRR (Yatay)
Mafsallı	R	R	R	RRR (Dikey)

Şekil 19:Majör Eklem Tiplerine Göre Endüstriyel Robotlar

2.5. SERBESTLİK DERECEŚİ (DOF Degrees Of Freedom)

Serbestlik Derecesi (DOF - Degrees Of Freedom), bir eklemin hareketine bağılı olarak robot kolunun yönünün belirlenebilmesi olarak tamamlanabilmektedir. Şekil 20'te 6-eksen endüstriyel robotun serbestlik dereceleri görülmektedir. Endüstriyel robotlarda bağımsız hareket özelliğı kazandıran her eklem bir serbestlik derecesi meydana getirir ve buna bağılı olarak bir robot ekseninin oluşmasını sağlar. Günümüzde gelişmiş endüstriyel robotlar, 5-7 serbestlik derecesine sahip olarak üretilmektedirler. Ancak bu durum robot uygulama alanlarına bağılı olarak değışebilmektedir. Sözelimi toplama-yerleştirme uygulamaları için robotların sadece 3 eksene sahip olması yeterli iken, kaynak uygulamaları için robotların en az 5-7 ere ne sahip olması gerekmektedir.[7]



Şekil 20:Robotların Serbestlik Dereceleri (DOF-Degrees Of Freedom)

2.6. HAREKET KONTROL METOTLARI

Endüstriyel Robotun son efektör hareketinin kontrol edilmesinde Şekil 21’te görüldüğü gibi temelde iki robot hareket kontrol tipi mevcuttur.

Kontrol Metodu	Uygulama Alanları
Noktadan Noktaya (Point-to-Point Control)	Nokta Kaynak, Seç ve Yerleştir, Yükleme ve Boşaltma
Sürekli Rota (Continuous Path Control)	Sprey Boyama, Ark Kaynak, Tutkallama

Şekil 21:Robot Hareket Kontrol Tipleri

Endüstriyel robotun harekete dayalı bir işlemi yerine getirirken takip ettiği yola yörünge adı verilmektedir.

2.7. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN SINIFLANDIRILMASI

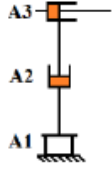
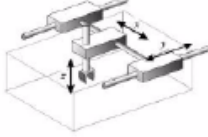
Endüstriyel robotlar; geçmişten günümüze değişik yapı ve özellikle teknolojiye sahip olmakla birlikte genel anlamda şu şekilde sınıflandırılabilirler:

- Kartezyen Robotlar
- Silindirik Robotlar
- Küresel Robotlar
- SCARA Robotlar
- Mafsallı Robotlar

Kartezyen Robotlar

Kartezyen Robot, 3 majör ekseninin hepsi prizmatik olan (PPP) en basit robottur. Bütün robot hareketleri birbirine dik açılı bir şekilde gerçekleşmektedir. Kartezyen robotlarda hareketli kısımlar X, Y ve Z kartezyen koordinat sistemi eksenlerine paralel olarak hareket etmektedirler. Kartezyen robotlar, en kısıtlı hareket serbestliğine sahip robot tasarımına sahiptirler. Kartezyen Robotların Çalışma Alanı Zarfı dikdörtgen prizması şeklindedir. Kartezyen robotlara yönelik özellikler ve uygulama örneği Şekil 22’de görülmektedir.

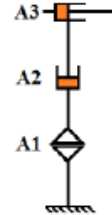
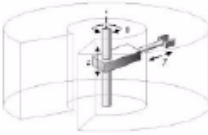
Kartezyen robotlar, malzeme taşıma veya yüzeysel çalışma yapmak için yere veya tavana monte edilebilmektedirler. Kartezyen robotlar özellikle mermer, cam, ahşap gibi malzemelerin montajı, taşınması ve işlenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır.

Major Eksen Tipi	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Uygulama Örneği
P-P-P (3P)	 Kartezik Koordinatları	 Prizmatik	 Lineer Robot

Şekil 22:Kartezyan Robotlar

Silindirik Robotlar

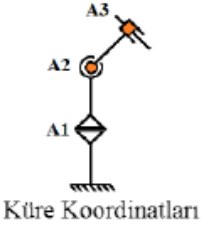
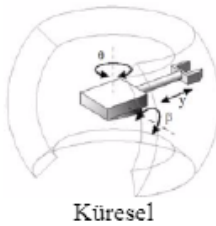
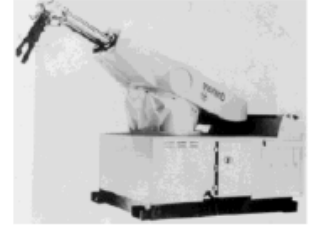
Silindirik Robot, 1. eklemi Revolute (R) diğer 2 eklemi Prismatic (P) olan (RPP) robottur. Silindirik robotlarda, robot kolu silindir veya silindir parçası şeklinde hareket etmektedir. Silindirik Robotların Çalışma Alanı Zarfı silindir parçası şeklindedir. Silindirik robotlara yönelik özellikler ve uygulama örneği Şekil 23'da görülmektedir.

Major Eksen Tipi	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Uygulama Örneği
R-P-P (R2P)	 Silindirik Koordinatlar	 Silindirik	

Şekil 23:Silindirik Robotlar

Küresel Robotlar

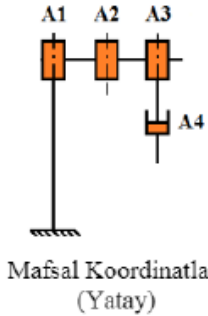
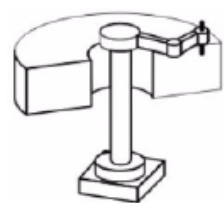
Küresel Robot, ilk 2 eklemi Revolute (R) ve 3. eklemi Prismatic (P) olan (RRP) robottur. Küresel Robotların Çalışma Zarfı küre şeklindedir. Küresel robotlara yönelik özellikler ve uygulama örneği Şekil 24'de görülmektedir.

Major Eksen Tipi	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Uygulama Örneği
R-R-P (2RP)			

Şekil 24:Küresel Robotlar

SCARA Robotlar

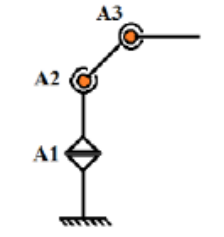
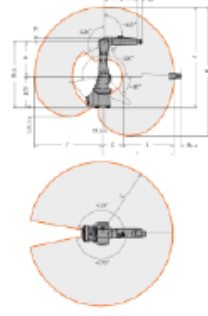
SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) Robot, Küresel Robot gibi ilk 2 eklemleri Revolute (R) ve 3. eklemleri Prismatic (P) olan (RRP) veya ilk 3 eksenini Revolute (R) ve 4. Eksenini Prismatic (P) olan (RRRP) robottur. SCARA Robotun, Revolute (R) eklemleri yatay hareket etmektedir. SCARA robotlar doğruluk, yüksek hız ve kolay montaj açısından önemli özelliklere sahiptir. SCARA robotlara yönelik özellikler ve uygulama örneği Şekil 25'da görülmektedir.

Major Eksen Tipi	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Uygulama Örneği
R-R-R-P (3RP)			

Şekil 25:SCARA Robotlar

Dikey Mafsallı (Articulated) Robotlar

Dikey Mafsallı (Articulated) Robotlar, insan kolu anatomisine benzeyen majör eklemlerinin her üçü de Revolute (R) olan (RRR) robotlardır. Dikey Mafsallı robotlara aynı zamanda Antropomorfik veya Revolute Robot adı da verilmektedir. Dikey Mafsallı Robotların Çalışma Alanı tam karaya benzer şekildedir. Mafsallı robotlar, hareket yeteneklerinden dolayı daha kabiliyetli robotlardır. Mafsallı robotlar, özellikle kaynak ve boyama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dikey Mafsallı (Articulated) robotlara yönelik özellikler ve uygulama örneği Şekil 26'da görülmektedir.

Major Eksen Tipi	Kinematik Yapı	Çalışma Alanı	Uygulama Örneği
R-R-R (3R)	 Mafsal Koordinatları (Dikey)		

Şekil 26:Dikey Mafsalı (Articulated) Robotlar

2.8. ENDÜSTRİYEL ROBOTLARIN PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ

Endüstriyel robotların performanslarının belirlenmesinde hassasiyet, hız, yük taşıma kapasitesi, tepkime süresi, kararlılık gibi çeşitli faktörler ön plana çıkmaktadır.[4]

Hassasiyet

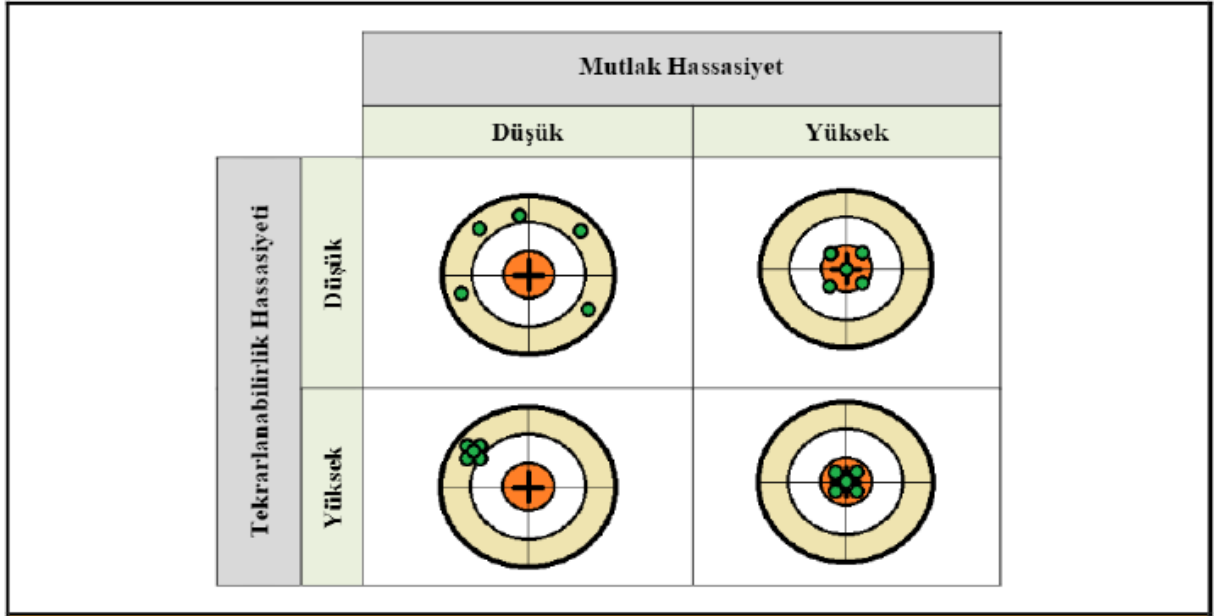
Hassasiyet (Precision) ölçülebilecek en küçük değişim miktarı olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel robotların hareket hassasiyeti, robotun en önemli performans göstergelerinden biridir. Robotun performans ölçütlerinden hassasiyet; doğruluk, çözünürlük ve tekrarlanabilirlik özelliklerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Şekil 27'da düşük ve yüksek mutlak ve tekrarlanabilirlik hassasiyeti görülmektedir.

Doğruluk (Accuracy): Doğruluk, yapılan ölçümlerin gerçek değere göre ne kadar yakın olduğu ile ifade edilmektedir. Bu açıdan doğruluğun ifade edilmesinde ölçme ve ölçme hatası önemli bir rol oynamaktadır. Ölçme, bilinmeyen bir büyüklüğün kendi cinsinden bilinen ve birim olarak kabul edilen büyüklükle karşılaştırılması işlemidir. Ölçme hatası ise, ölçüm sonucu elde edilen değer ile gerçek değer arasındaki farktır. Bir robotun doğruluğu ise, robotun TCP'sini çalışma alanı zarfı içerisinde herhangi bir noktaya konumlandırma mesafesi yeteneğidir.

Çözünürlük (Resolution): Çözünürlük, çıkış değerinde gözlenebilir bir değişikliği üreten en küçük giriş değişim aralığı, değeridir. Endüstriyel robotlarda çözünürlük ise,

eksenlerin hareket adım aralığı ile ilişkilidir. Bu şekilde eksen hareket adım aralığı azaldıkça, robotun çözünürlüğü ters orantılı olarak artmaktadır.

Tekrarlanabilirlik (Repeatability): Tekrarlanabilirlik, aynı koşullarda aynı giriş değerinin tekrarlanan uygulamalarında aynı çıkışı vermesi kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel robotun tekrarlanabilirliği ise, çalışma alanı zarfı içerisinde robota daha önceden öğretilen bir noktaya robotun TCP'ni tekrar tekrar konumlandırma yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bu şekilde bir endüstriyel robotun tekrarlanabilirliği, robotun tekrarlanan hareketleri sonucunda, robot TCP'si ile öğretilen nokta arasındaki maksimum hata miktarı ile belirlenmektedir.



Şekil 27: Mutlak ve Tekrarlanabilirlik hassasiyeti

Tepkime Süresi

Tepkime Süresi (Response Time) yani Cevaplama Süresi, sistemin girişine verilen değişikliğe karşılık olarak çıkışında fark edilebilir bir değişikliğin elde edilebilmesi için gereken süredir. Endüstriyel Robotlar için Tepkime süresi ise, robotun hareket hızıyla ilişkili olarak kısa süre içerisinde bir sonraki duruma geçme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Endüstriyel robotların tercihen hızlı bir tepkime süresine sahip olması istenmektedir.

Kararlılık

Kararlılık (Stability), sabit bir girişı ölçmek için bir zaman periyotu süresince aynı çıkışı verebilme kabiliyetidir. Endüstriyel Robotlar için kararlılık ise, genellikle bir pozisyondan diğeri pozisyona hareketin gerçekleştirilmesi esnasında robot kolunda meydana gelen salınımların ölçüsü olarak ifade edilmektedir. Kararlılığı iyi olan bir endüstriyel robotun, hareket esnasında hiç salınım göstermemesi gerekmektedir.

Yük Taşıma Kabiliyeti ve Hız

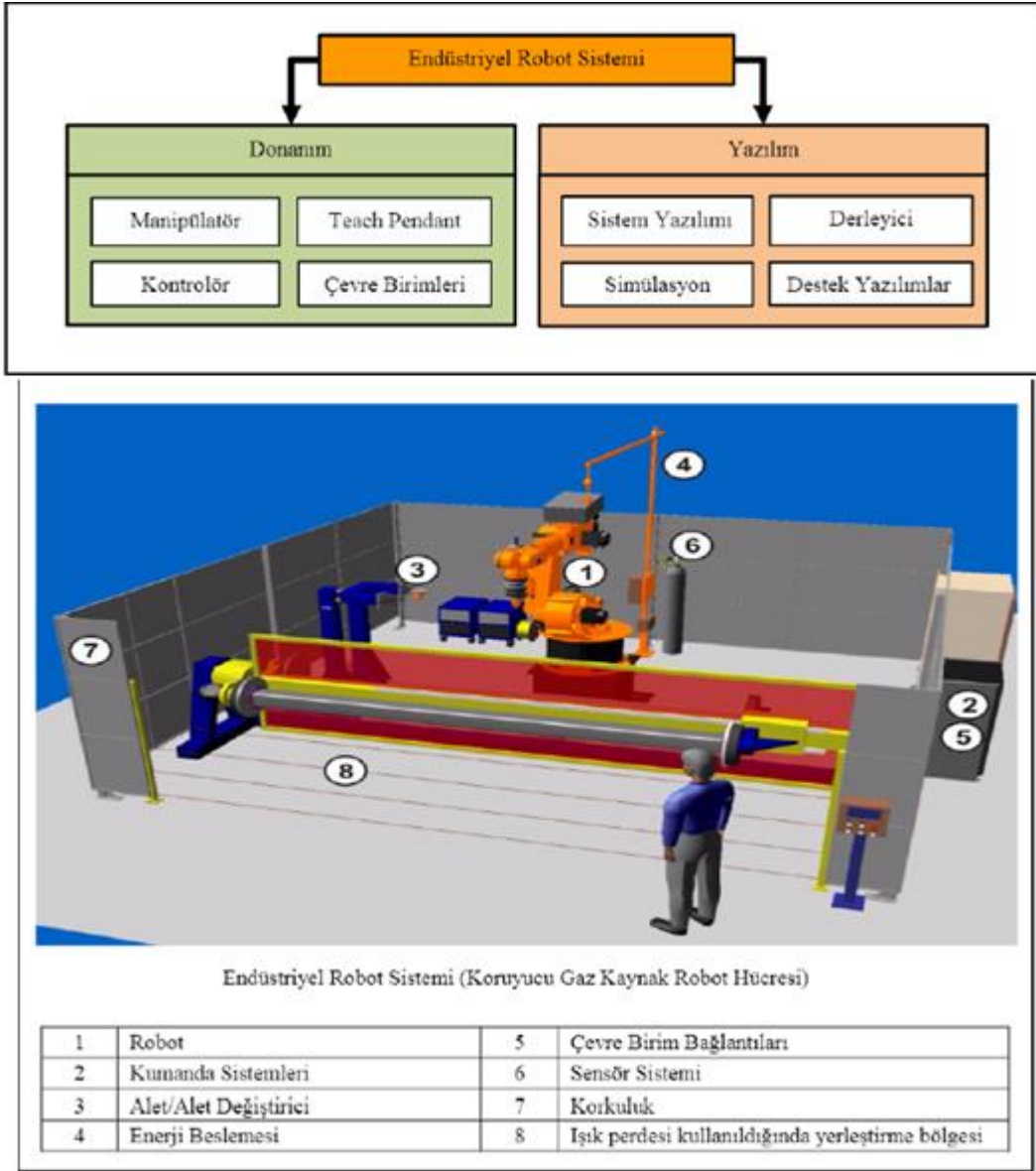
Endüstriyel robotların yük taşıma ve hız kapasiteleri; robotların sistem tasarımı, büyüklüğü, koordinat ve sürücü sistemleri gibi teknolojik unsurlarına bağılı olduğu kadar taşınan malzemelerin boyut ve şekillerine bağılı olarak da değışiklik göstermektedir. Endüstriyel Robotlar için genellikle Maksimum ve Nominal yük taşıma kapasiteleri ön plana çıkmaktadır:

Maksimum Yük Taşıma Kapasitesi; Bir robotun minimum hızda iken tekrarlanabilirlik sınırları içerisinde taşıyabileceğı maksimum yük değeri olarak ifade edilmektedir.

Nominal Yük Taşıma Kapasitesi: Bir robotun maksimum hızda iken tekrarlanabilirlik sınırları içerisinde taşıyabileceğı maksimum yük değeri olarak ifade edilmektedir.

Endüstriyel Robot hızı, söz konusu bir iş çevriminin tamamlanması için geçen süreyi anlatmaktadır. Endüstriyel Robotun hızlı olması demek, yapılması istenen işin daha kısa sürede yapılması anlamına gelmektedir.

Robot Hücresi (Robot Cell) olarak da bilinen Endüstriyel Robot Sistemi Şekil 28'de görüldüğü gibi temelde donanım ve yazılım tabanlı bir sistemdir.



Şekil 28:Endüstriyel Robot Sistemleri

Şekil 29’de KUKA firmasına ait 6-eksenli bir Endüstriyel Robot görülmektedir. Endüstriyel Robot temel olarak manipülâtör, kontrolör ve Teach Pendant bölümlerinden oluşmaktadır.



Şekil 29:KUKA Endüstriyel Robot

Çevre Birimleri, Endüstriyel Robotun sistem sınırları dışındaki bileşenlerdir. Başlıca çevre birimleri şu şekilde sıralanabilir:

- Aletler (Efektör / Tool)
- Güvenlik Ekipmanları
- Taşıma Bantları
- Sensörler
- Makinalar vb.

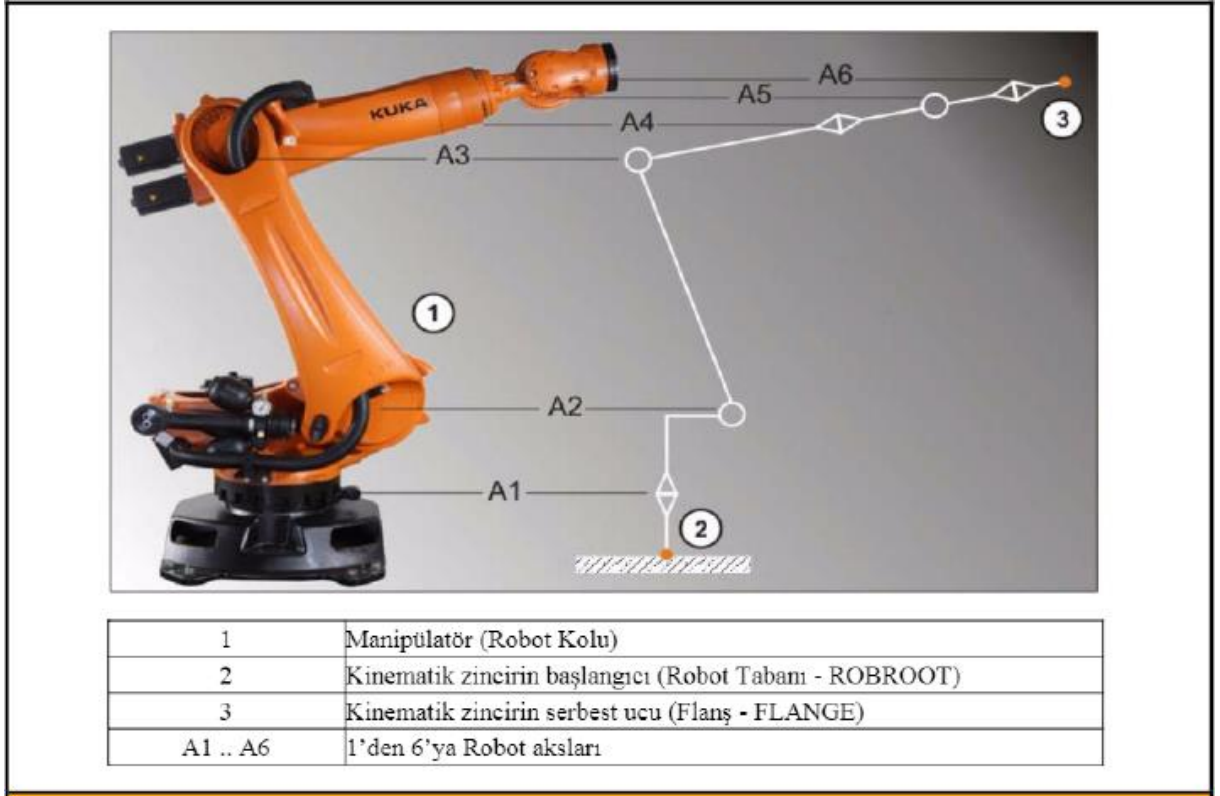
Kontrolör, Endüstriyel Robotta istenen hareketlerin yapılması ve çevre birimlerle uyumlu çalışmanın sağlanması amacıyla bilgisayar tarafından ilgili programa bağlı olarak üretilen sinyaller doğrultusunda gerekli kontrol isimlerinin yapıldığı sistem birimidir.

BÖLÜM 3

3. ENDÜSTRİYEL ROBOT SİSTEMİ

3.1. MANİPÜLATÖR

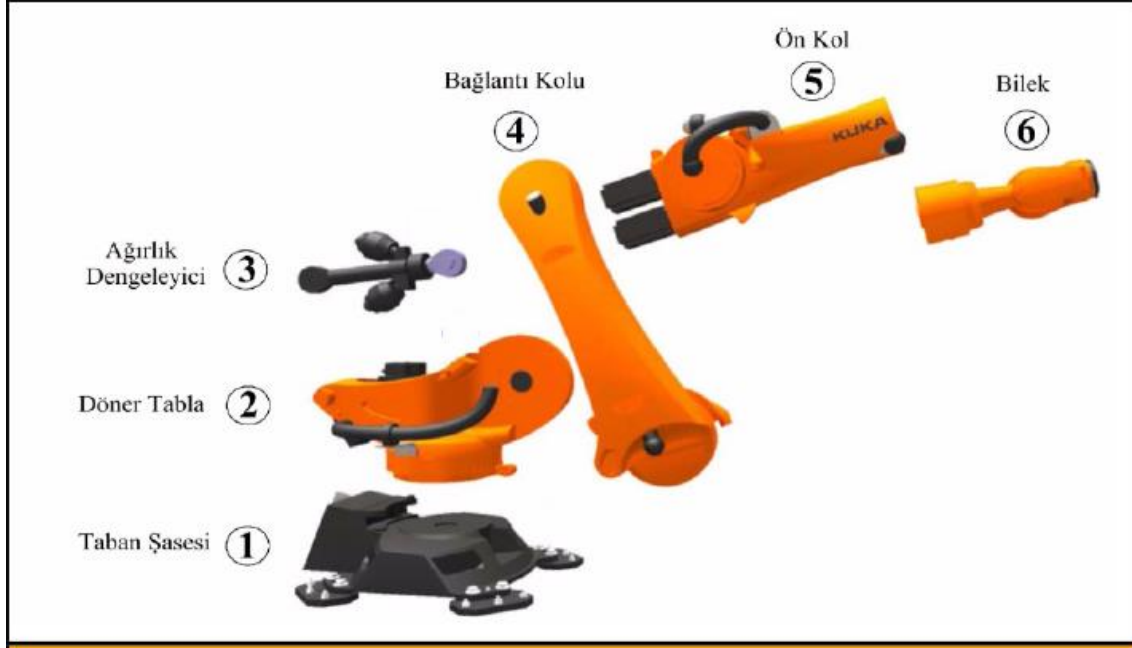
Robotların manipülatör hareketinin belirtilmesi amacıyla negatif ve pozitif bir yön belirtilmiş doğruya eksen adı verilmektedir. Genel anlamda manipülatör deyince, asıl mekanik düzeni oluşturan robot kolu akla gelmektedir. Manipülatör Şekil 30'da görüldüğü gibi, robotun kinematik zincirini oluşturan ve sahip olduğu eksenleri doğrultusunda hareket etmeyi sağlayan birbirine bağlı çok sayıda hareketli akstan ile birlikte ilgili mekanik ve elektronik aksama' oluşturduğu robot kolu olarak ifade edilebilmektedir.[3]



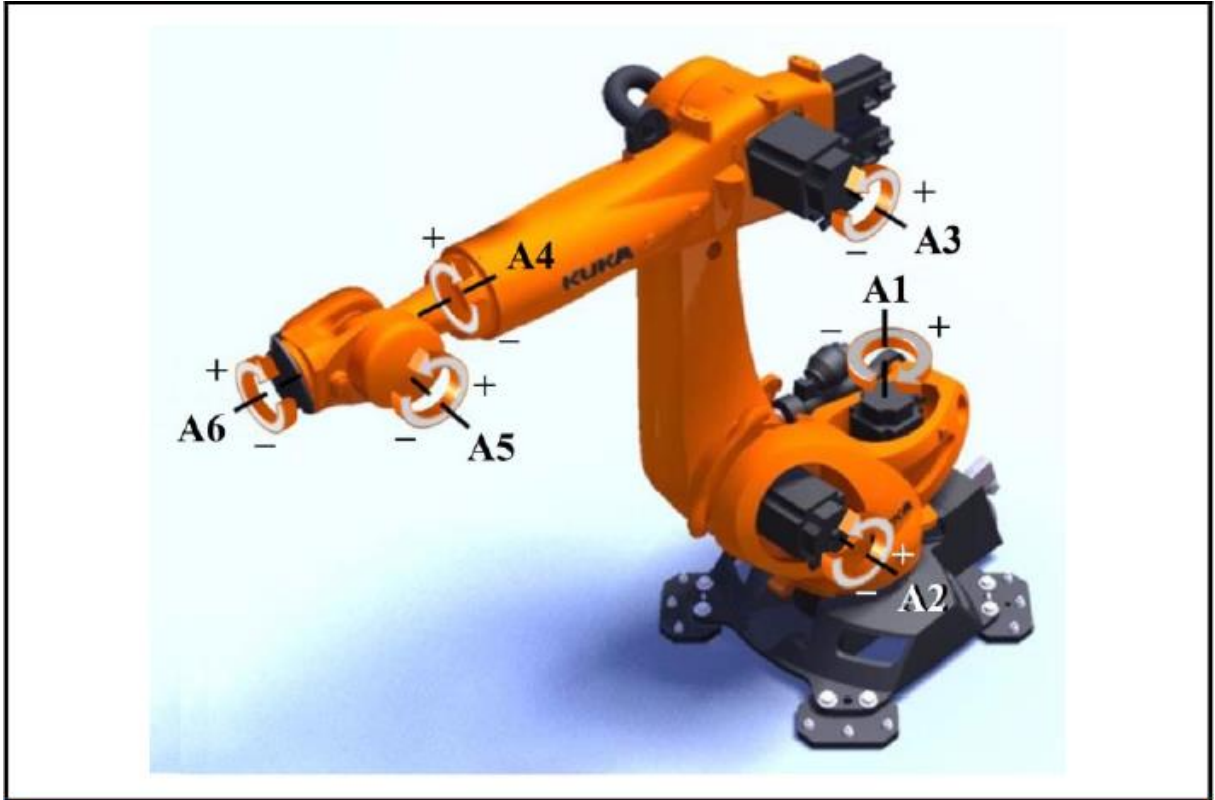
Şekil 30:Manipülatör

Robot kolunu oluşturan akslar tasarıma bağlı olarak hidrolik, pnömatik ve elektrik sürücü sistemleri yardımıyla gerekli düzenlemelerin yapılması sonucu hareket ettirilmektedir. Elektrik sürücüler ile birlikte genellikle servo motorlar kullanılmaktadır. Servo motorlar, redüksiyon dişlileri üzerinden manipülatörün ilgili aks bileşenlerine bağlantılıdır.

Bir robot kolunun bileşenleri genellikle alüminyum ve çelik dökümden oluşmakla birlikte aynı zamanda yalıtılmış durumlarda karbon-fiber bileşenler de kullanılmaktadır. Manipülatörün temel bileşenleri Şekil 31'da görülmektedir. Robot kolunu oluşturan her bir aks, robot tabanından robot flanşına kadar ayrı ayrı numaralandırılmıştır.[2]



Şekil 31:Manipülatörün temel bileşenleri



Şekil 32:KUKA robot serbestlik derecesi

3.2. EFEKTÖRLER/ALETLER

Robot teknolojisinde kullanılan kavrayıcılar(grippers-tutucular), ölçüm araçları, aletler ve programa göre çalışma alanında hareket eden ve robotun ortamını manipüle etmek için robota hizmet eden diğer işlem elemanları Uç Efektörü (End Effector) olarak tanımlanmaktadır. Şekil 33'de çeşitli yapı ve fonksiyon sahip End-Effector tipleri görülmektedir. Efektörler tasarım yapılarına göre üç temel hareket yapabilmektedirler:

- Yatay (Sola-Sağa) Hareket
- Dikey (Yukarı-Aşağı) Hareket
- Döndürme ve Fırlatma Hareketi

Endüstriyel Robotun bileğine bağlanacak herhangi bir alet için, Alet Merkez Noktası (TCP - Tool Center Point) tanımlanmaktadır. Robotun kontrol edilmesi, mevcut tüm spesifikasyonlar TCP'nin hareketleri ile ilgili olacak şekilde yapılandırılabilir. Genellikle efektörler pnömatik yapıda tasarlanmakla birlikte elektrikli ve hidrolik yapıda olanlar da mevcuttur. Endüstride yaygın olarak kullanılan efektörler (aletler) şunlardır:

- Kavrayıcı / Tutucu (Çene kavrayıcı, Vakum kavrayıcı, vb.)
- Kaynak Tabancası
- Boyama Memesi
- Yapıştırma Memesi
- Su Jeti kafası
- Lazer Kaynak/Kesme Optiği
- Delme/Frezeleme kafası
- Vidalayıcı
- Kesme Aleti (Testere, bıçak vb.)
- Ölçüm Sensörleri

Grippers (Tutucular)			
			
Elektrikli Paralel Gripper	Standart Pnömatik Gripper	Açısal Hareketli Gripper	
			
3 Parmak Adaptif Gripper	Parmak (Finger) Tipi Gripper	Vakum (Vacuum) Tipi Gripper	
			
Çatal (Fork) Tipi Gripper	Box or Case Grippers	Manyetik Gripper	
Talaş Kaldırma Araçları (Material Removal Tools)	Kaynak Torkları (Welding Torches)		Boyama Aletleri (Painting Tools)
			
Cutting, Drilling, deburring, Grinders, Polishers, Buffing	Arc Welding	Spot Welding	Spray Painting
Kuvvet-Tork Sensörleri (Force-Torque Sensors)	Çarpışma (Collision) Sensörleri	Alet (Tool) Değiştiriciler	
			

Şekil 33:End-Effector Tipleri

3.3. ENERJİ BESLEME YÖNTEMLERİ

Endüstriyel Robota bağlı efektör (alet) için gerekli enerjinin sağlanması ile birlikte uygulamaya göre sensör değerlerinin ve kontrol sinyallerinin iletilmesi gerekli olabilmektedir. Bu amaçla gerekli enerjinin sağlanması ve sinyallerin iletilmesinde genel olarak 2 farklı yöntem kullanılabilmektedir:

- Harici enerji beslemesi
- Robota Entegre enerji beslemesi

Harici enerji beslemesinde gerekli olan enerji, robottan bağımsız olarak kollar veya benzer tertibatlar üzerinden hortum veya kablo paketleri vasıtasıyla sağlanmaktadır. Harici enerji beslemesi yönteminde, robot hareketine bağlı olarak hortum veya kablo paketlerinin zarar görmemesi için düzgün bağlantı yapılmasına özen gösterilmelidir. Şekil 34'te gaz kaynak hücresi için harici enerji beslemeli bir endüstriyel robot görülmektedir.



Şekil 34: Harici enerji beslemeli Endüstriyel Robot (Gaz Kaynaklı Hücresi)

Entegre enerji beslemesinde gerekli olan enerji, robot yapı grupları içerisinde veya robot yapı grupları boyunca iletilerek sağlanmaktadır. Enerji beslemesi gerilimsiz olduğunda; robot, hortum ve kablo paketlerine verilecek zarar önlenmiş olmaktadır. Şekil 35'te entegre enerji beslemeli bir endüstriyel robot görülmektedir.



Şekil 35:Entegre enerji beslemeli Endüstriyel Robot

3.4.ÇEVRE BİLİMLERİ BAĞLANTILARI

Endüstriyel Robot ve çevre birimleri arasında iletişimin kurulması amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Şekil 36). Başlıca iletişim yöntemleri şunlardır:

- Entegre Girişler/Çıkışlar
- Veriyolu (BUS) Sistemleri (PROFINET, PROFIBUS, INTERBUS, ETHERNET IP, Can-Bus/DeviceNet)
- Ethernet



Şekil 36:İletişim yöntemleri

3.5. SENSÖRLER

Sensörler; sıcaklık, nem, basınç, mesafe, ışık, ses, kuvvet, elektrik, ivme, pH gibi fiziksel veya kimyasal büyüklükleri algılayıp elektrik sinyallerine çeviren düzeneklerdir. Şekil 37'da çeşitli sensörler görülmektedir. Kapalı çevrim kontrol sistemlerinde geri besleme (FeedBack) işleminin yapılmasında sensörler kullanılmaktadır. Sensörler ile elde edilen ölçüm değerleri kumanda sistemleri için gerekli kontrol verileri oluşturmaktadır. Robot hücrelerinde sensör sistemlerin başlıca kullanılma amaçları şunlardır:

- Nesnelerin Durumu (Örnek: Açık, Kapalı)
- Engellerle Çarpışına
- Fiziksel Değerlerin Tespiti (Örnek: Kuvvet)
- Pozisyon İşaretleri ve Nesnelerin Konumu
- Nesnelerin Konturu
- Ortam Resimleri (Piksel Resimler)



Şekil 37:Sensörler

BÖLÜM 4

4.KUKA AGİLUS 6-EKSEN ENDÜSTRİYEL ROBOT

4.1.GENEL ÖZELLİKLER

Şekil 38'de KUICA ailesinin yeni nesil küçük robotlarından KUKA Agilus KR6 R900 sixx model endüstriyel robot, ile birlikte KR C4 kontrolör ve smartPAD programlama ve kontrol panelinden (Teach Pendant) oluşan tüm sistem görülmektedir.

KUKA Agilus KR6 R900 model endüstriyel robot 6 eksenli (harici 2 eksen ilave edilebilir), çok yüksek hızlı, çevrim süresi düşük, entegre enerji besleme sistemine sahip olmakla birlikte zemine, duvara veya tavana monte edilerek çalıştırılabilmektedir. Tüm KUKA robot

modelleri için evrensel kontrol teknolojisine sahip KR C4 kontrolör ile KUKA Agilus KR6 R900 sixx model endüstriyel robot uygun bir şekilde çalıştırılmaktadır.[10]



Şekil 38:KUKA Agilus KR 6 R900 sixx endüstriyel robot sistemi

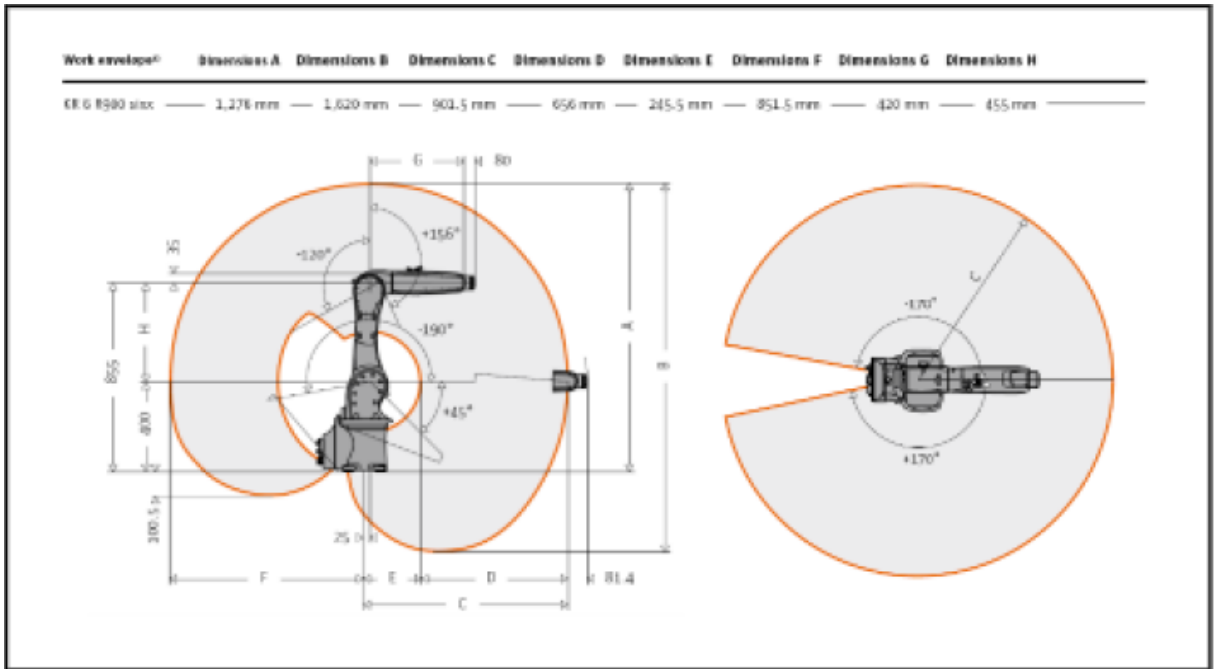
KUKA Agilus KR 6 R900 sixx endüstriyel robotun sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Çevrim süreleri düşüktür. Yüksek çalışma hızlanma ve hassasiyete sahiptirler.
- Tümlşik (entegre) enerji besleme sistemine sahiptirler. Bu durum robotu sadeleştirir ve çalışma esnasında hareket kolaylığı sağlanır.
- Tüm eksenlerdeki tümlşik frenleme sayesinde duvar, tavan ve tabana monte edilerek etkili bir şekilde kullanılabilirdiğinden farklı montaj seçeneklerine sahiptir.
- KUKA büyük robotlar gibi KR C4 kompakt kontrolör ile çalıştırılmaktadırlar.
- KUKA küçük robotların motor ve dişlileri yağlama gerektirmediğinden bakım masrafları düşüktür.
- Çalışma Alanı Zarfı uygunluğundan dolayı düşük maliyetli ve az yer kaplamaktadırlar.
- KUKA küçük robotlar insan-makine işbirliğini basitleştirmektedirler.

KUKA Agilus KR 6 R900 sixx endüstriyel robotun temel özellikleri Şekil 39’de, Çalışma Alan Zarfı büyüklüğü ve biçimi ise Şekil 40’de görülmektedir.[8]

Kategori		Özellik
Maksimum Erişim Mesafesi		901 mm
Yük (Payload)		6 kg
Eksen Sayısı		6
Montaj Pozisyonu		Zemin, Tavan ve Duvar
Robot Ayak İzi Alanı		209 mm x 207 mm
Robot Ağırlığı		52 Kg
Robot Çalışma Ortam Sıcaklığı		5 C° ~ 45 C°
Robot Koruma Sınıfı		IP 54
Aks Hareket Aralığı	Eksen 1 (A1)	$\pm 170^\circ$
	Eksen 2 (A2)	$+45^\circ / -190^\circ$
	Eksen 3 (A3)	$+156^\circ / -120^\circ$
	Eksen 4 (A4)	$\pm 185^\circ$
	Eksen 5 (A5)	$\pm 120^\circ$
	Eksen 6 (A6)	$\pm 350^\circ$
Entegre Enerji Destekleri (Eksen 4 üzerinde)		6 Dijital Giriş / 2 Dijital Çıkış
		EtherCAT/EtherNet (Bus Cable)
		3 adet 5/2-Yollu Bistable Solenoid Valf (Kompresör Havası)
		Doğrudan Hava Hattı

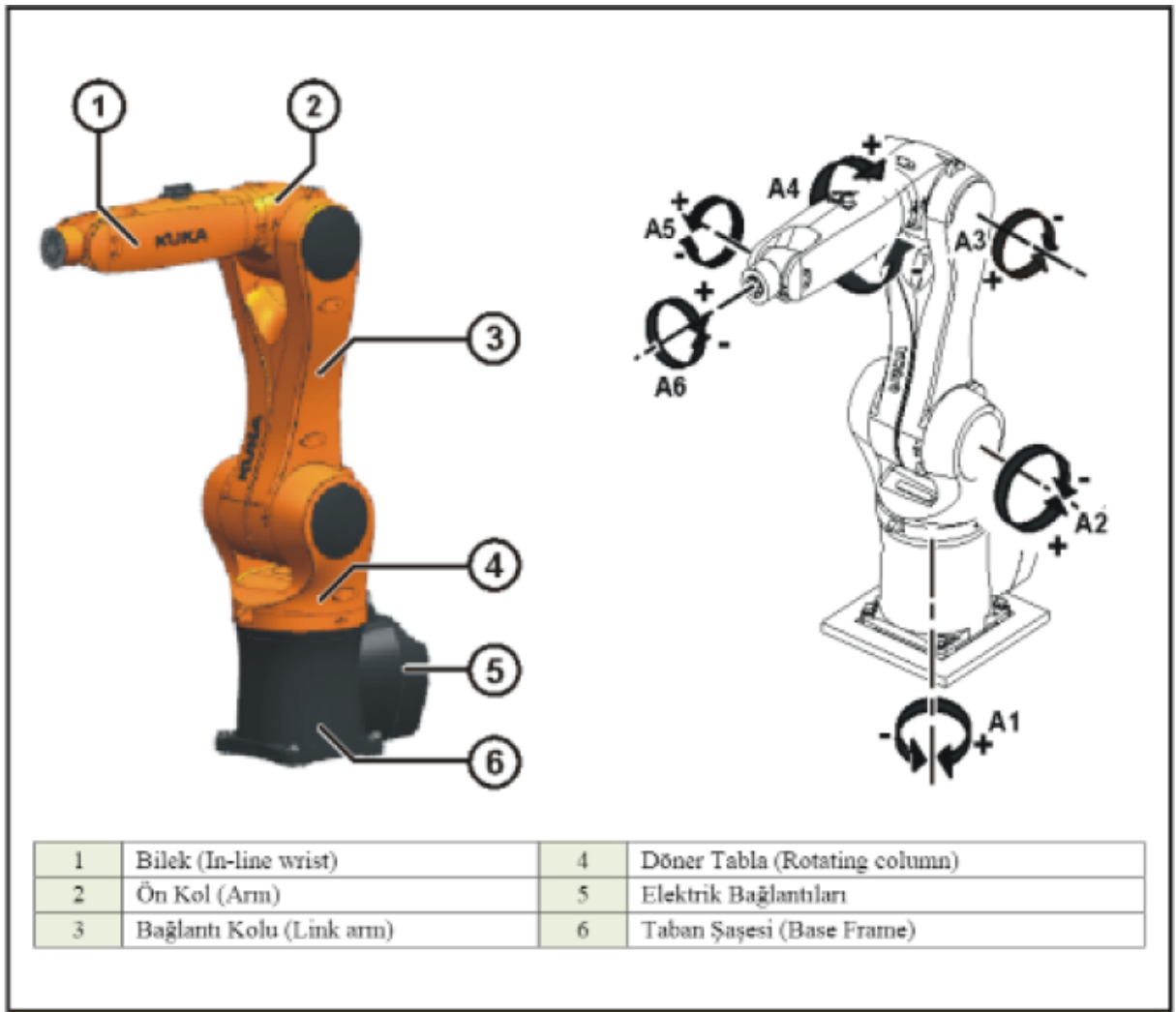
Şekil 39: KUKA Agilus KR 6 R900 sixx endüstriyel robotun temel özellikleri



Şekil 40:KUKA Agilus KR 6 R900 sixx endüstriyel robot Çalışma Alan Zarfı

4.2. MANİPÜLATÖR

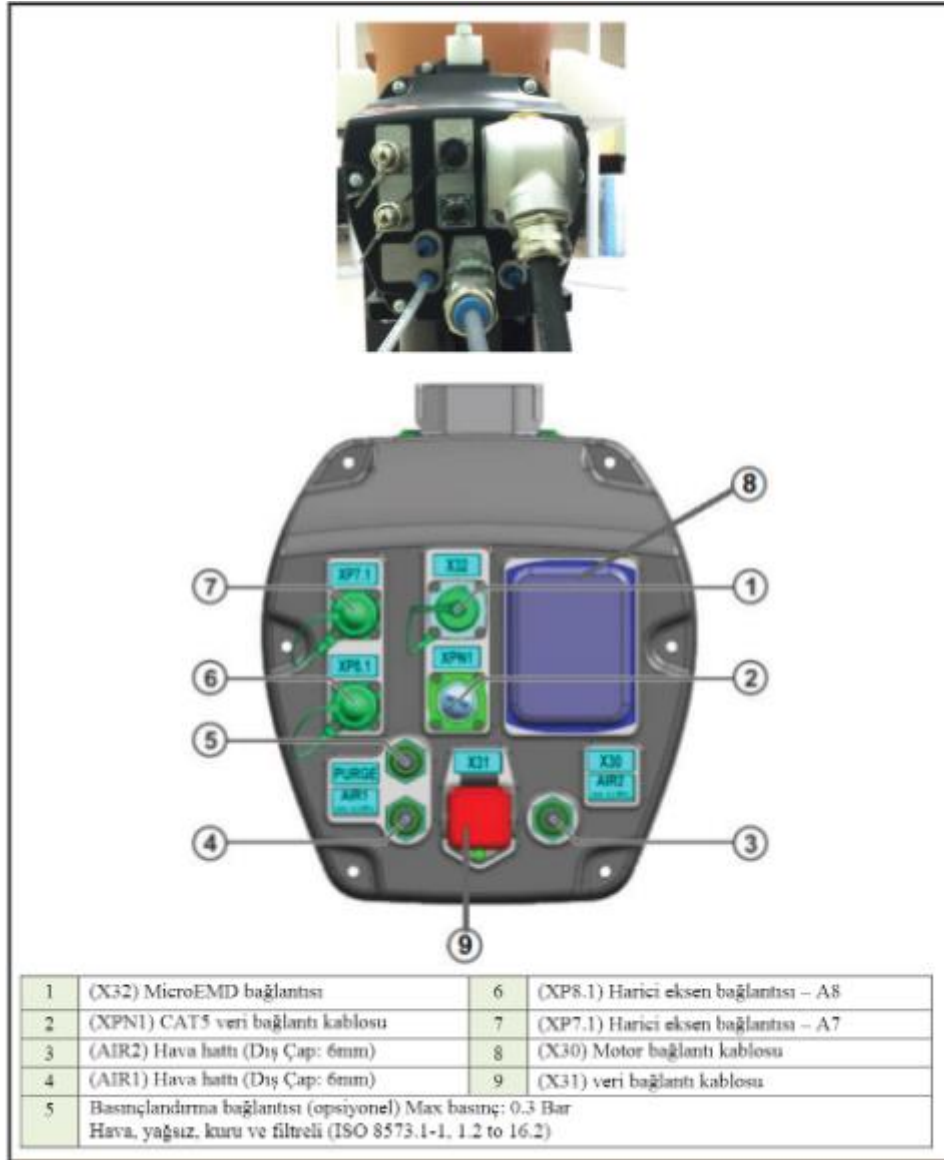
Manipülâtör, Endüstriyel Robot sistemin esas hareket eden ve çok sayıda akstan oluşan insan koluna benzer kısımdır. Şekil 41’da KUKA Agilus KR6 R900 sixx Endüstriyel Robot manipülâtörü ve onu oluşturan temel bileşenler görülmektedir. Manipülâtör hafif alaşım dökümden yapılmış 6-eksen mafsallı kola sahiptir. Manipülâtördeki her eksen yönelik bir fren sistemi mevcuttur. Manipülâtör içerisindeki motor ve kablolar eklem hareketleri, kir, nem ve vida yerlerine karşı özel korumaları içerisindedir.



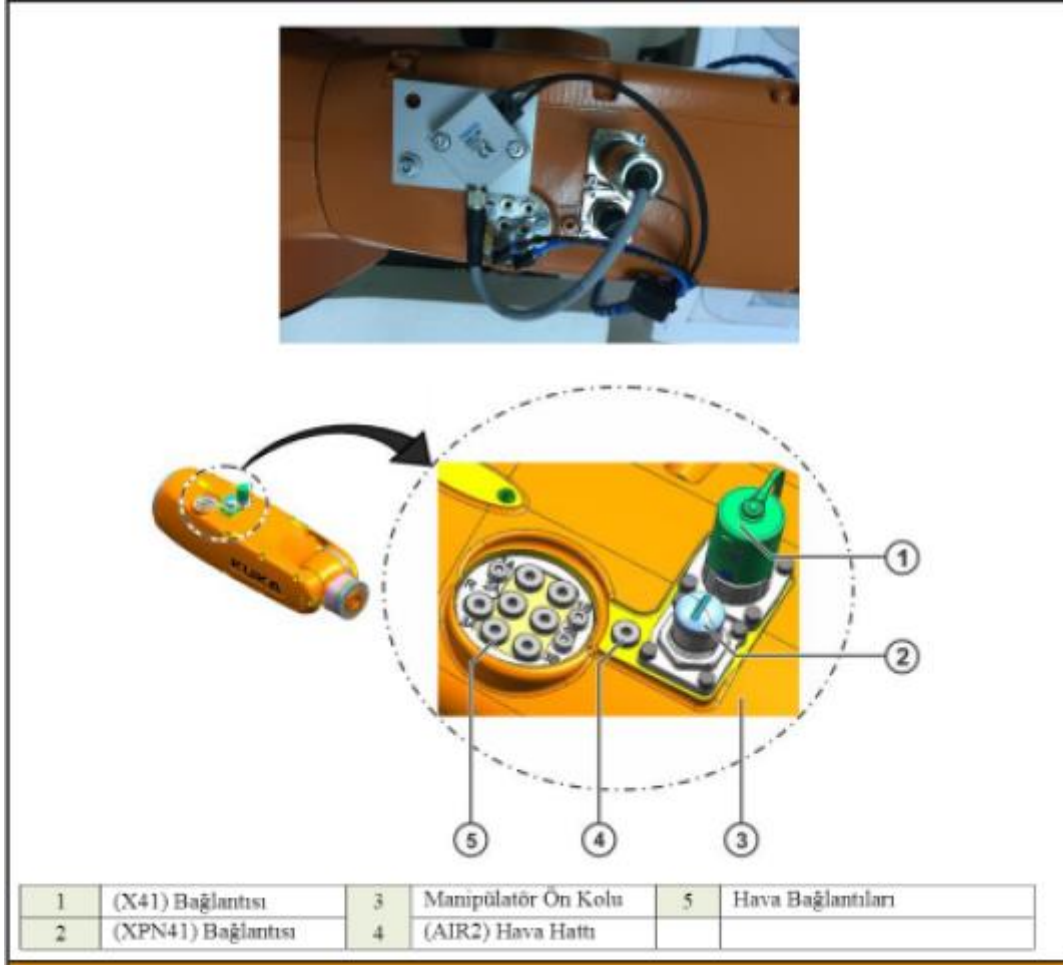
Şekil 41:KUKA Agilus KR6 R900 sixx Endüstriyel Robot Manipülâtörü

KUKA Agilus KR6 R900 sixx Endüstriyel Robot manipülâtörü üzerinde güç, sinyal. hava vb. bağlantıların yer aldığı A1 Arabirimi ve A4 Arabirimi mevcuttur. A1 arabirimi Şekil 42’de

görüldüğü gibi Taban Şasesi arka tarafında, A4 Arabirimi ise Şekil 43'de görüldüğü gibi ön Kol üzerinde yer almaktadır. A4 arabiriminde yer alan, Manipulatör ön kolu içerisine entegre edilmiş ve dahili olarak enerjilenen 3 adet 5/2* yollu Bistable Solenoid valf bulunmaktadır. Şekil 44'de valf sisteminin ayrıntıları verilmiştir.



Şekil 42:A1 Arabirimi



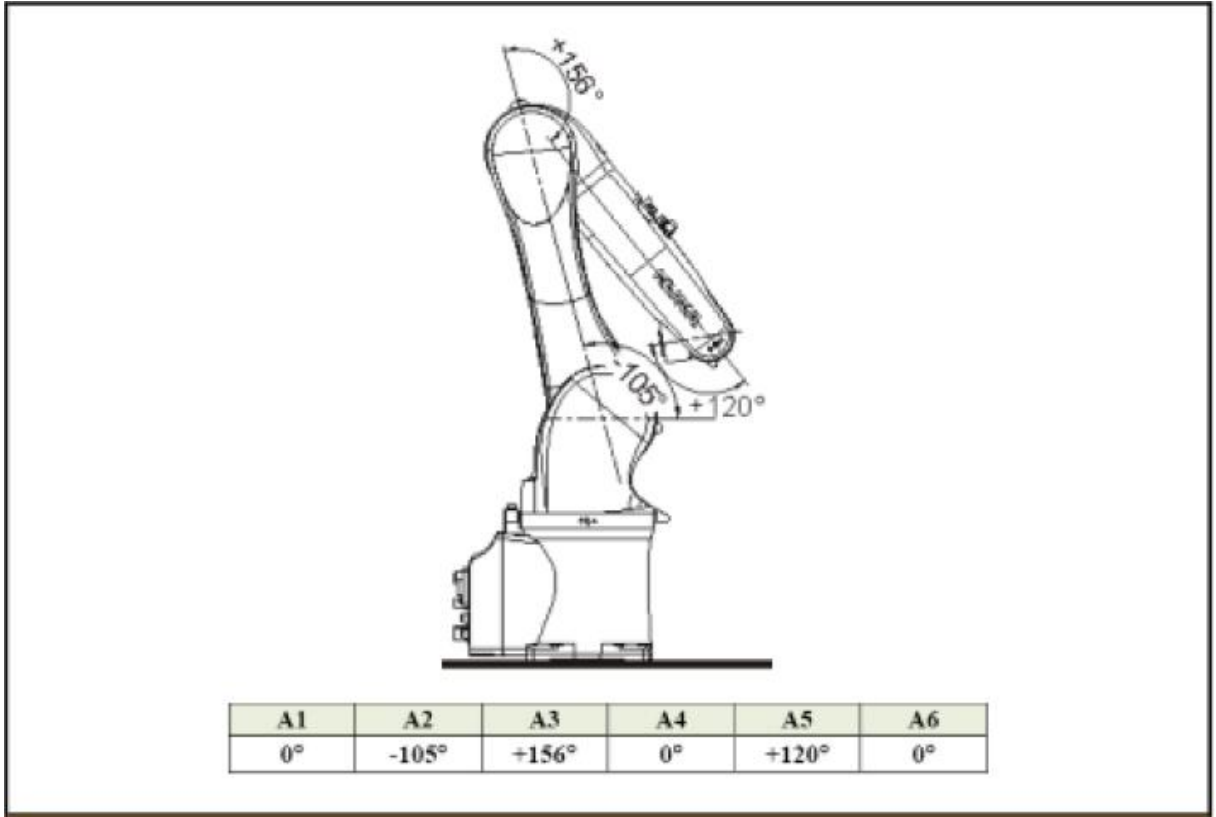
Şekil 43:A4 Arabirimi

Valf Tipi	5/2-yollu Bistable Solenoid valf
Maksimum Basınç	7 Bar
Anahtarlama Frekansı	10 Hz
Çalışma Sıcaklığı	5 C° ~ 45C°
Dışlı Yuvası	M5
Akışkan	Hava, yağsız, kuru ve filtreli (ISO 8573.1-1, 1.2 to 16.2) Filtreleme Derecesi: max. 5µm
Çalışma Gerilimi	24 V DC
Akım	25 mA

Şekil 44:Solanoid valf özellikleri

Endüstriyel robotların güvenli ve herhangi bir zarar görmeden bir yerden başka bir yere taşınması gereken durumlarda, öncelikle manipülâtörün Nakil Pozisyonuna alınması ve üzerinde bulunan vida, çivi vb. harici bileşenlerin çıkarılması gerekmektedir. Manipülâtör yeni yerine sabitleninceye kadar Nakil Pozisyonunda kalmalıdır. KUKA Agilus KR6 R900

sixx model endüstriyel robot manipülatörün taşınması esnasında A1....A6 aksların alması gereken pozisyonlar Şekil 45 'de görüldüğü gibi ayarlanmalıdır.



Şekil 45:Manipülatör nakil pozisyonu

4.3. SMARTPAD

smartPAD, KUKA robotların programlanması ve kontrol edilmesinde kullanılan yeni nesil öğretme paneli (Teach Pendant) olarak kullanılmaktadır. KUKA smartPAD'in yansımasız dokunmatik ekrana, 12 yönlü 6D fareye ve ergonomik bir yapıya olması, kullanımının rahat olması gibi sahip olduğu avantajlı özellikler sayesinde Endüstriyel robotun programlanması ve kontrol edilmesi son derece basit, hızlı ve güvenli bir şekilde yapılabilmektedir. Şekil 46'da smartPAD Teach Pendant özellikleri yer almaktadır.

Kategori	Özellik
Tip	KR C4 compact
Ekran	8,4" Yansımaz ve Çizilmeye Dayanıklı Endüstriyel Dokunmatik Ekran
Mouse	Ergonomik 6D Mouse (12 Yönlü)
Boyutlar (D x W x H)	80 mm x 330 mm x 260 mm
Ağırlık	1.1 Kg
Uygulama Alanı	Tüm KUKA robotları ve KR C4 kontrolörü ile birlikte çalışabilmektedir.
Bağlantı Durumu	Çalışma anında robottan ayrılabilme ve başka KR C4 kontrolörle çalışabilme
USB	Tümleşik USB desteği (Arşivleme ve Geri Yükleme)

Şekil 46:smartPAD Teach Pendant özellikleri

4.4. KR C4 KOMPAKT KONTROLÖR

KUKA KR C4 kompakt kontrolör yüksek performanslı, güvenilir, düşük bakım gerektiren oldukça sessiz bir teknolojiye sahiptir. Şekil 47’te KR C4 kompakt özellikleri yer almaktadır

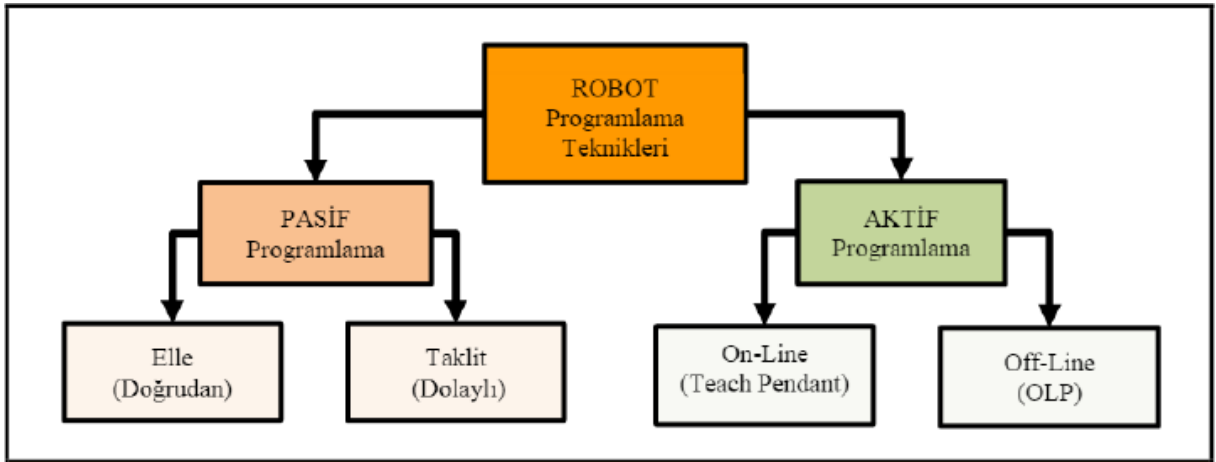
Kategori	Özellik
Tip	KR C4 compact
İşlemci	Multi-Core Teknoloji
Sabit Disk	HDD, SSD isteğe bağlı
Arabirim	USB, EtherNet, DVI-I
Field Buses	PROFINET, EtherNet/IP, PROFIBUS, DeviceNet, EtherCAT
Max Eksen Sayısı	6 + 6 (ilave eksen kutusuyla)
Koruma sınıfı	IP 20
Boyutlar (D x W x H)	460 mm x 483 mm x 271 mm
Ağırlık	33 Kg
Çalışma Ortam Sıcaklığı	5 C° ~ 45 C°
Power Supply Bağlantısı	Voltaj Aralığı
	Voltaj Aralığı Toleransı
	Frekans
	Şebeke Sigortası

Şekil 47:KUKA KR C4 Compact Kontrolör Özellikleri

BÖLÜM 5

5.ENDÜSTRİYEL ROBOT PROGLAMA YÖNTEMLERİ

Programlama bir problemin çözülmesine veya bir işin gerçekleştirilmesine yönelik olarak, yapılması istenen işlemlerin belirli bir düzen içerisinde bilgisayara öğretilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Endüstriyel robotun bir işi yapabilmesi için öncelikle, istenen görev ve hareketler açısından robotun programlanması gerekmektedir. Robot programlama, robota bir işin belirli bir hız ve sıra içerisinde kontrollü olarak yaptırılmasıdır. Robot programlama teknikleri Şekil 48 'te görülmektedir. Günümüzde genellikle gelişmiş kontrol yeteneklerine sahip endüstriyel robotların programlanması amacıyla Off-Line programlama (OLP) yöntemleri yoğun olarak kullanılmaktadır.



Şekil 48:Programlama teknikleri

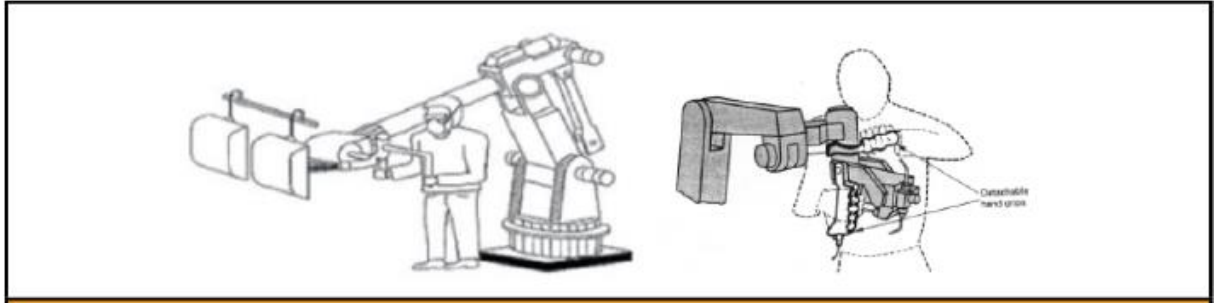
5.1. PASİF PROGRAMLAMA

Endüstriyel robotların programlanmasında kullanılan Pasif Programlama tekniklerinin temelinde mekaniksel öğretiler yer almaktadır. Pasif programlamada operatör robotla temas halindedir ve öğretme esnasında öngörülen iş operatör tarafından da aynen yapılmaktadır.

Pasif programlama işlemleri, elle ve taklit yoluyla olmak üzere iki temel yapıda gerçekleştirilmektedir.

Elle Pasif Programlama

Pasif programlama tekniklerinden biri olan Elle Programlamam temel prensibi, operatör tarafından bizzat robot kolu tutularak istenen işin gerçekleştirilmek suretiyle robota öğretilmesidir. Fazla kullanışlı olmamakla birlikte, Elle Programlama yöntemi Şekil 49'da görülmektedir.



Şekil 49: Elle Pasif Programlama

Elle pasif programlama yönteminin kullanılabildiği endüstriyel robotlar, temelde Öğretme ve Çalışma olmak üzere iki ayrı moda sahip olmaktadır. Öğretme Modunda, endüstriyel robot için programlama işlemleri yapılırken;

Çalışma Modu ile robotun gerçek anlamda çalışması sağlanabilmektedir.

Taklit Yoluyla Pasif Programlama

Şekil 50'de taklit yoluyla pasif olarak bir endüstriyel robotun programlanması görülmektedir. Kurulan düzenek sayesinde; operatörün elindeki kontrol ünitesi yardımıyla, operatör tarafından yapılan hareketler endüstriyel robot tarafından sensörler yardımıyla algılanarak eşzamanlı olarak tekrarlanmakta ve kayıt edilmektedir. Bu sayede taklit yoluyla en karmaşık hareketler robota öğretilerek gerekli programlama işi yapılabilir. Uygulama esnasında Endüstriyel Robot, kaydedilmiş hız ve hareket sırasına bağlı olarak manipülatörün ilgili akslarını hareket ettirmektedir.



Şekil 50: Taklit yoluyla Pasif programlama

Taklit Yoluyla Programlamada, robota ve çevreye zarar verilmemesi için operatörü tarafından özellikle robotun çalışma sınırlarını ve kapasitesi iyi bilmesi ve bu hususlar dikkate alınarak gerekli programlama işlemlerinin yapılması gerekmektedir.

5.2. AKTİF PROGRAMLAMA

Endüstriyel robotların programlanmasında, Aktif Programlama tekniklerinin temelinde bilgisayar veya Teach Pendant gibi sayısal tabanlı öğretme işlemleri yer almaktadır. Aktif programlama ile endüstriyel robotların programlanması daha kolay ve daha gelişmiş bir şekilde yapılabilmektedir.

On-Line Programlama (Teach Pendant)

On-Line (Çevrimiçi) Programlama, gerçek bir robot kullanılarak robot programlarının üretilmesi tekniğidir. On-Line Programlamada kullanılan Teach Pendant. Genellikle öğretme kutusu (Teaching Box) olarak da ifade edilmektedir. Teach Pendant ile programlamada temel olan şey, Endüstriyel Robot tarafından yapılması istenen işlerin programcı tarafından öğretilerek ve gerekli kodlamalar yapılarak robot program hafızasına yüklenmesidir. Şekil 51’de Teach Pendant ile bir endüstriyel robotun programlanması görülmektedir. Manipülatörün hangi hızda ve nasıl hareket edeceği her bir aks dikkate alınarak Teach Pendant yardımıyla programı tarafından robot program hafızasına alınmaktadır. Bu şekilde yapılan programlama bir isim ile sisteme kayıt edilerek, daha sonra istenildiğinde ilgili programın çağırılmasıyla robot tarafından ilgili işlerin yapılması sağlanabilmektedir.



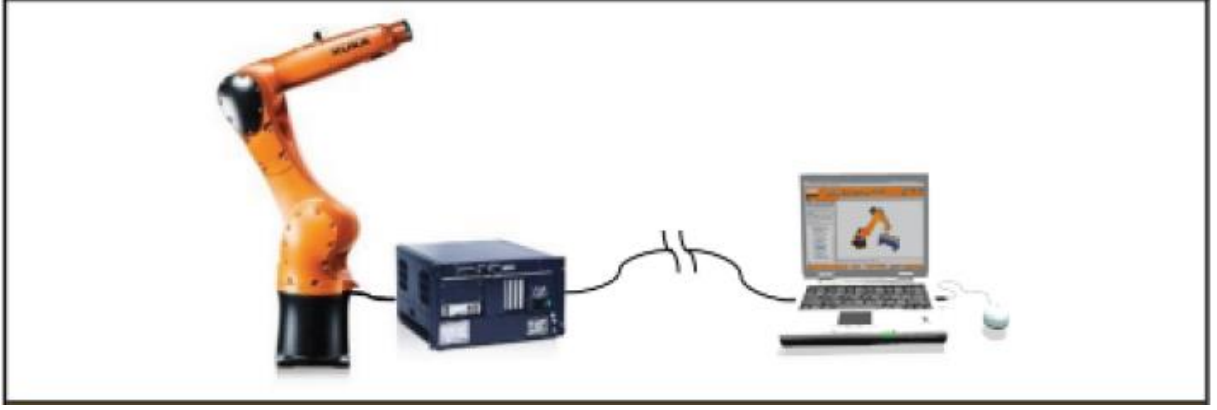
Şekil 51:On-Line Programlama (Teach Pendant)

Bilgisayar olmayan yerlerde robotların programlanması ve gereken bütün işlemler için Teach Pendant rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca OLP ile program geliştirme esnasında gerekli olan manipülâtör pozisyonlarının belirlenmesi işlemlerinde Teach Pendant büyük kolaylık sağlamaktadır. Böylelikle istenen pozisyon koordinatları doğrudan belirlenerek hafızaya alınarak gerekli yerlerde kullanılabilir.

Off-Line Programlarım (OLP)

Off-Line Programlama (OLP - Off-Line Programming). Endüstriyel Robotun öngörülen işlevlerini yerine getirmesi amacıyla, yapması gereken hareket ve işlere yönelik program kodlarının bilgisayarlar vasıtasıyla yazılıp derlenmesi, isteğe bağlı olarak simule edilmesi ve nihayetinde robota yüklenmesi sürecidir. Şekil 52’de OLP tekniği ile bir endüstriyel robotun programlanması görülmektedir.

Off-Line Programlanmada, robot mevcut çalışmasını sürdürürken (üretim çalışmaları devam ederken), aynı zamanda robota yönelik yeni bir program geliştirilebilir. Üstelik robot çalışma alanı ile programlarım alanının aynı ortamda olma zorunluluğu da bulunmamaktadır. Ayrıca endüstriyel robotun programının geliştirilmesi için robotun montaj edilmesine de gerek duyulmamaktadır.



Şekil 52:Çevrim Dışı (Off-Line) Programlama

BÖLÜM 6

6. ROBOT KALİBRASYON YÖNTEMLERİNİN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ

Bu bölümde robot kalibrasyonun mevcut yöntemleri incelenir. İlgili bilgiler Robot programlama, performans değerlendirme ve hata kaynakları gibi konular üzerine verilir. Literatürde önceki çalışmalar da sunulmuştur.

6.1.ROBOT HATA KAYNAKLARI VE PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Endüstriyel robotlar için performans gereksinimleri yaptıkları görevlere göre yerine getirilir. En sık kullanılan iki performans kriterleri ve farklı programlama teknikleri üzerindeki etkileri önümüzdeki bölümlerde tartışılmıştır.

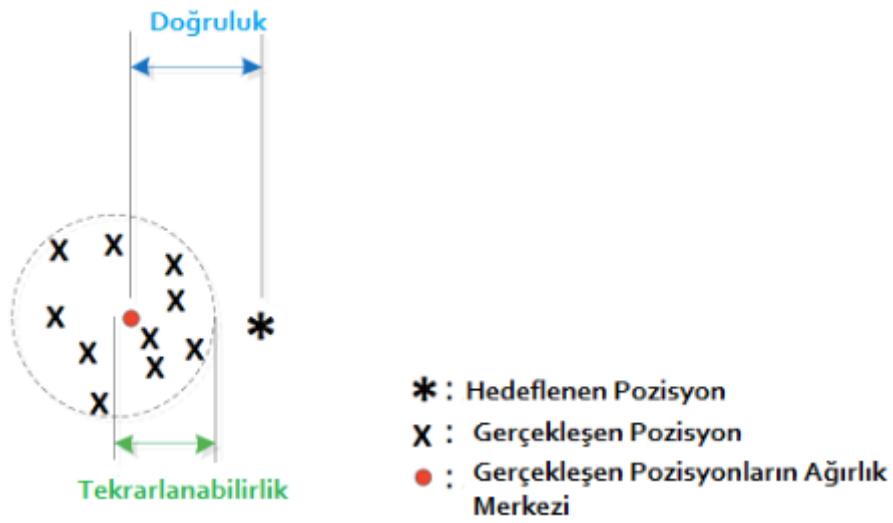
6.1.1. Doğruluk ve Tekrarlanabilirlik

Bir endüstriyel robot, görevlerinin yürütülmesi sırasında robotun etkinliği üzerinde doğrudan etkisi olacak birçok metroloji veya ölçülebilir özelliğe sahiptir. Ana ölçülebilir özellikleri ise tekrarlanabilirlik ve doğruluktur. Kabaca bir robot için tekrarlanabilirlik; aynı görevi tekrarlama yeteneği olarak tanımlanabilir. Öte yandan, doğruluk ; istenen görev ve gerçekleştirilen görev arasındaki farktır.Başka bir deyişle doğruluk her seferinde hedefe isabet ederken, tekrarlanabilirlik, tekrar tekrar aynı görevi yapmaktır. Buna rağmen robotik dilinde, tekrarlanabilirlik, tekrar tekrar aynı görevi yapmaktır. Buna rağmen robotik dilinde, tekrarlanabilirlik ve doğruluk genellikle anlamları karıştırılan iki terimdir.[11]

Mutlak pozisyon doğruluğu, robotun minimum hata ile özel programlanmış konuma ulaşabilme yeteneğidir. Pozisyon doğruluğundan bahsederken, belirli bir referans çerçevesine göre hesaplandığı gerçeğine atıfta bulunmaktadır. Genellikle, bu pozisyon doğruluğu

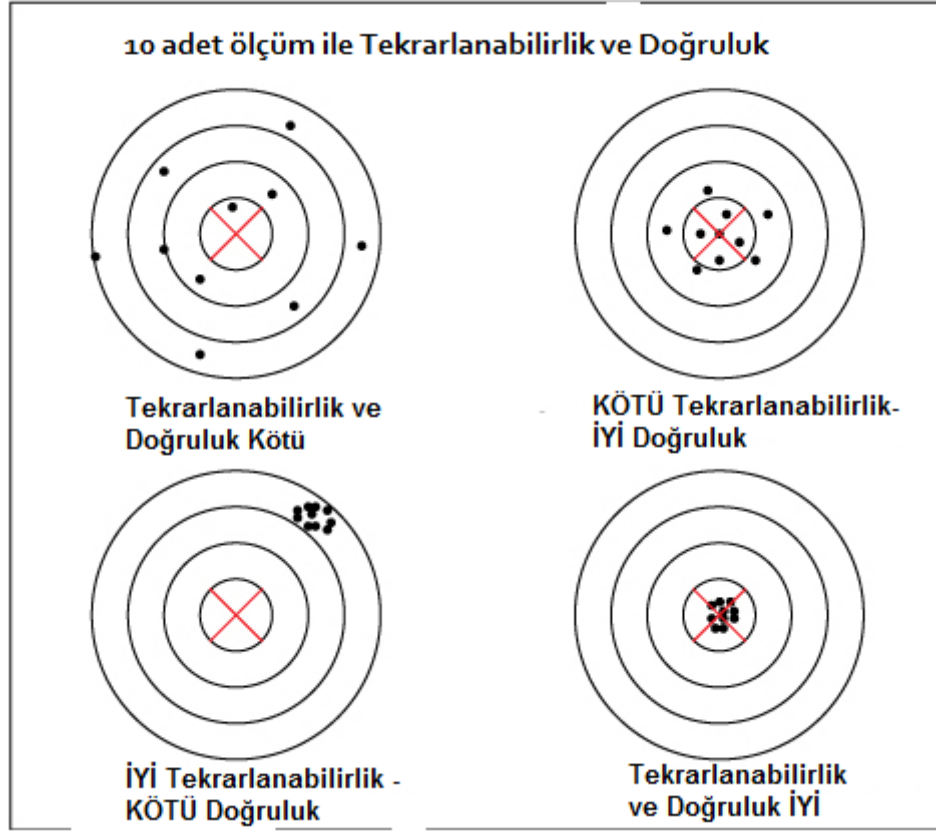
varyasyonları ölçmek için özel olarak kullanılan referans çerçeveler vardır. Robot hareketinin statik doğruluğunu değerlendirmek için pozisyon ölçümleri, bir önceki son-efektör'ün pozundan, son-efektör hareketinin tamamlanmasında kadar yapılır.

Geometrik olarak, belirli bir pozisyon için robotun pozisyon doğruluğu, tekrarlanan hareketler sonucunda, hedeflenen konumu ve ağırlık merkezi konumu arasındaki mesafe olarak tanımlanabilir. Matematiksel olarak, mutlak doğruluk x, y, z kartezyenindeki pozisyonel hatalardan biri için oluşan hataların derlenmesidir. Son olarak, belirli bir çalışma alanı için robot konum doğruluğu, önceden belirlenmiş çalışma alanı veya referans çerçevesi içinde eşit olarak dağıtılan çeşitli pozisyonlarda oluşan maksimum hata olarak tarif edilebilir.



Şekil 53:Doğruluk ve Tekrarlanabilirlik Geometrik Anlamı

Tekrarlanabilirlik ise aynı kontrollü pozisyon için robot hareketi aynı koşullar altında birkaç kez tekrarlandığında, son efektörün ulaştığı çeşitli pozisyonlar arasındaki farklılığın yakınlığı olarak tanımlanabilir. Geometrik olarak, pozisyon tekrarlanabilirliği; aynı hedef konum için bütün pozisyonları kapsayan küçük kürenin yarıçapı olarak tanımlanabilir.

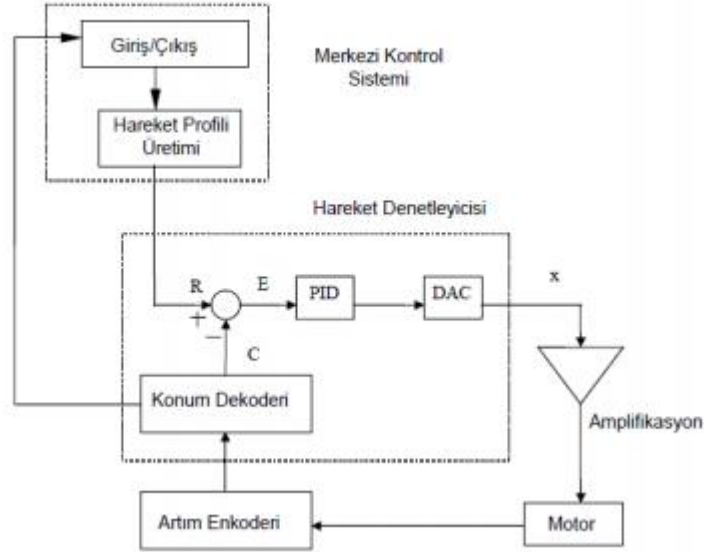


Şekil 54: Doğruluk ve tekrarlanabilirlik etkisi

6.1.2. Programlama

Bir robotun bir görevi yerine getirmesi için, ilk olarak programlanması gerekmektedir. Robot programlaması, robot faaliyetler dizisinin ve hareketlerinin tanımlanması ve robota bu hareketleri/aktiviteleri öğretilmesini kapsamaktadır. Robot sistemlerin programlanmasında kullanılan gelişmiş programlama teknikleri vardır. Robot programlama online ve offline programlama şeklinde iki gruba ayrılabilir. Çevrim içi programlamada robot, programlama sürecinin çeşitli aşamalarında yer almaktadır; çevrim dışı programlamada ise robot, program geliştirmeye katılmaz, yalnızca önceden belirlenmiş bir programı çalıştırır. Çevrim içi programlama, göster ve öğret tekniği olarak anılır. Bu teknik manuel olarak her istenilen konuma robotu hareket ettirmeyi gerektirir. Ortaya çıkan "program", daha sonraki bir aşamada aynı hareketi gerçekleştirecek robota komut vermek için kullanılan harici ekipmandan alınan bir dizi ortak koordinat ve aktivasyon sinyalleridir. Çevrim dışı programlama için ileri düzeyde planlama detaylarını bilmek gerekir. Bu tip programlamalar montaj hattında birden fazla robotun birlikte çalıştığı durumlarda kullanılabilir. Çevrim dışı programlama bilgisayar programlamaya benzer bir dil tabanlı programlama tekniğidir. Çevrim dışı programlama ile, programlar yüksek ya da düşük seviyeli dillerde yazılır. Şu anda

100'den fazla robot programlama dili vardır. Şelil 56, en sık kullanılan robotik dillerin bazılarını gösterir.



Şekil 55:Kontrol Mimarisi

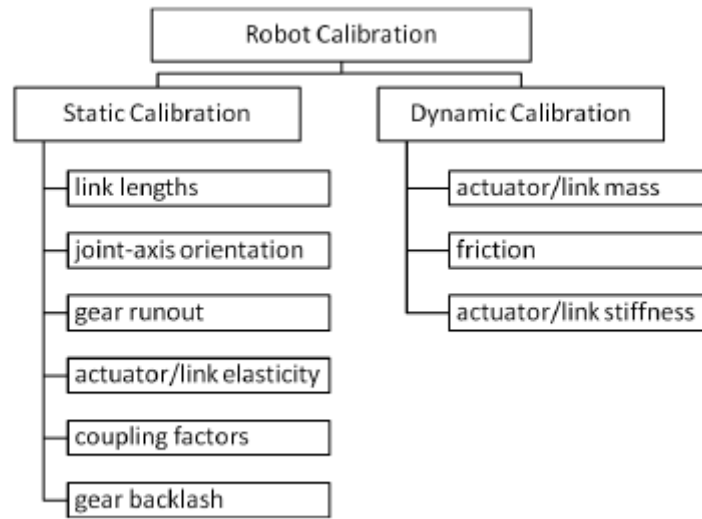
Geliştirici	Dil	Robotik Platform
Cincinnati Milacron	T3	T3
Unimate robot sistemleri	RPL, VALII	PUMA
Adept	VALII	Adept1
Sheinmann	AL, PAL	Stanford Kolu
IBM	AML, Funky, Emily, Maple Autopass	IBM Kolu
Bedix	RCL	PACS Kolu
General Electric	Help	Allegro
Anorad	Anorad	Anomatic
Olivetti	Sigla	Sigma
Stanford	WAVE	Stanford Kolu, Robovision
Automatix	RAIL	Autovision, Cyber Vision

Şekil 56:Tipik robot programlama dilleri

6.2. ROBOT KALİBRASYONU

Robot kalibrasyonu daha doğru bir tanımlama ile bir robotun doğruluğunu artıran bir işlemdir. Robot kalibrasyonun amacı yazılım aracılığıyla modifikasyonlarla robotun tekrarlanabilirliği ve doğruluğunu geliştirmek için uygulanır.

Bernhardt ve Albright iki gruba robot kalibrasyonunu sınıflandırmış: Statik ve dinamik kalibrasyon. Statik kalibrasyonda bağlantı uzunlukları gibi robot statik konumlandırma özelliklerini etkileyen parametrelerin belirlenmesi amacı güdülür bunlar, Ortak uzaklıklar, dişli Aşınması, dişli boşluklu, aktüatör ve bağlantı esnekliği ve bağlantı faktörü. Diğer yandan Dinamik kalibrasyon, ,sürtünme ve kütle gibi manipülatör hareket özellikleri ve bağlantılar sert ness ve tahrik eden parametrelerin belirlenmesi ile ilgilenir.



Şekil 57:Bernhardt ve Albright statik ve dinamik kalibrasyon sınıflandırması.

Genel olarak, robot kalibrasyonu dört aşamaya ayrılır:

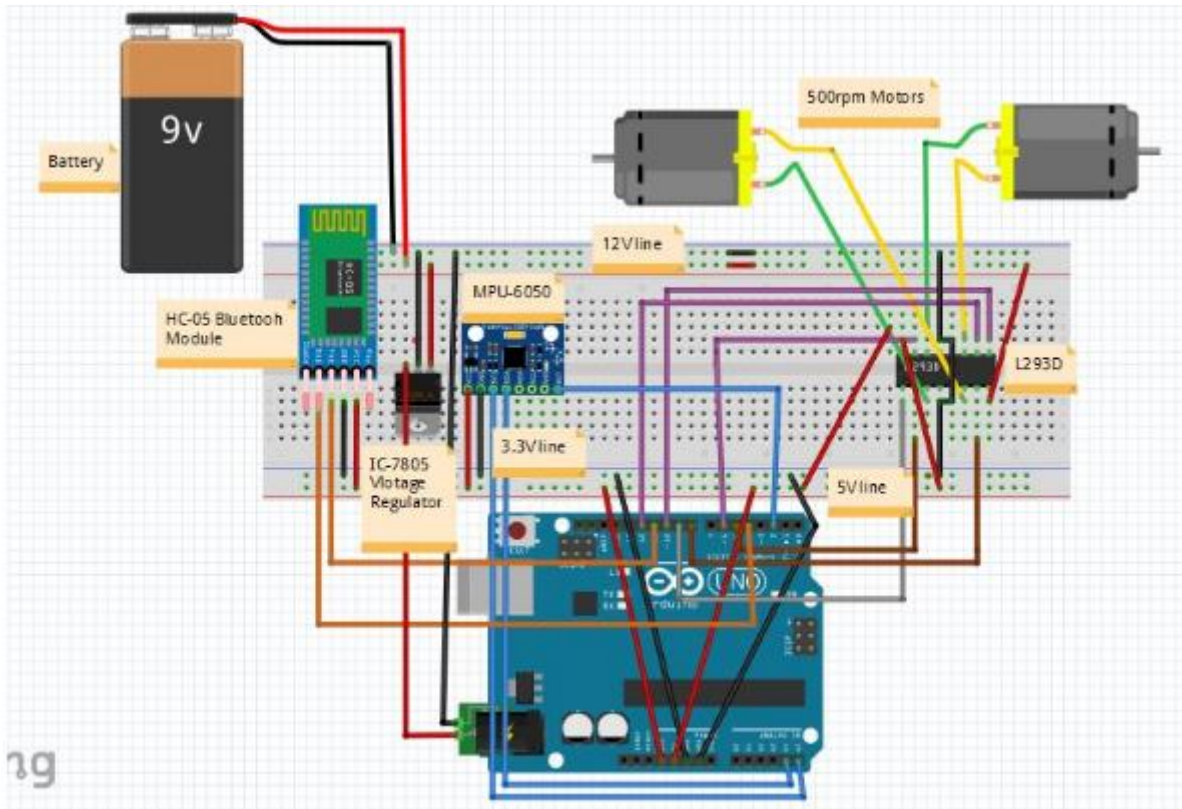
- Modelleme
- Ölçümler
- Tespit
- Doğrulama ve Düzeltme

BÖLÜM 7

7. İKİ TEKERLEKLİ DENGİ ROBOTU

7.1. GİRİŞ

Arduino ile kendini dengeleyen robot yapımı.Yapacağımız denge robotunu android cihazdan dakontrol edebileceğiz.Robotumuzun kontrol sisteminden bahsedecek olursak dengede durması için gyro sensörden gelen açı analiz edilir ve PID kontrol sistemiyle açığa göre motorlara ivmelenme vererek dengeyi sağlar.Kullanacağımız motorların enkoderli olması avantaj sağlayacaktır.



Şekil 58:Projenin devresi

7.2. PROJENİN GÜNÜMÜZDEKİ ÖRNEKLERİ

Smart Rollerboard

Smart Rollerboard kullanıcının dengesine göre yönünü ayarlayan 2 tekerlekli bir seyahat aracıdır. Herhangi bir yönlendirme koluna ihtiyaç duymadan denge merkezinize göre gitmek istediğiniz yöne ilerleyen Elektrikli Kaykay'ı sürmek için ihtiyacınız olan tek şey "içgüdüleriniz".

Smart Rollerboard ileri teknoloji denge algılayıcıları sayesinde kullanıcıları destekler ve istediğiniz yöne doğru ilerlemenizi sağlar.

Kullanıcıların isteğine göre ayarlanabilen iki motora sahip Smart Rollerboard'da hız tamamen kullanıcının inisiyatifine bırakılmıştır.

15 km/h'ye kadar hızlanabilen Smart Rollerboard'ı yavaşlatmak için tek yapmanız gereken kendinizi geriye çekmek.

Smart Rollerboard'lar 1 Yıl Garantiye Sahiptir ve CE/TSE Garanti Standartlarına Uygun Olarak Üretilmiştir.

Yeni nesil iki tekerlekli elektrikli kaykay olan Smart Rollerboard yurt dışında, Mini Segway, Self Balance Scooter, Hoverboard, Airboard, Smart Balance Wheel ve IO HAWK isimleriyle bilinir.

Smart Rollerboard Yeni Nesil Akıllı Elektrikli Kaykayınız

Bu, kolay kullanılır, küçük, mucizevi alet size hız ve onu kullanırken aldığınız hazzın dışında da çözüm önerileri sunar. Smart Rollerboard, işe, plaja, sahilde gezinmeye, AVM'de ve markette tur atmaya, alışveriş mekânlarını hızlıca gezmenize yardımcı olabilecek bir son teknoloji ürünüdür. Smart Rollerboard, size arkadaşlarınızla, ailenizle sahilde turlamanın keyfini çıkarma fırsatı sunuyor. Bu son teknoloji ürün, ayrıca dilerseniz telefonunuza bağlanarak size müzik keyfi de sunar.

Tarzınızı Seçin ve Eğlenmeye Hazır Olun

Üstelik Smart Rollerboard'u kullanmayı öğrenmeniz çok basittir ve ortalama sadece 15 dakika sürer. Bu son moda Ginger ile kısa mesafede araç kullanmak zorunda bile kalmayabilirsiniz! Yürüyerek saatlerce sürecektir bir mesafeyi adeta eğlenerek, sorunsuz bir şekilde ve neredeyse bedavaya yakın bir bedelle kat edebilirsiniz. Tüm bu havalı özellikleri ile Smart Rollerboard size yeni bir yaşam stili sunuyor.

Neden Smart Rollerboard Almalıyım?

- Yeni Board ve Denge Sistemi Sayesinde Rakiplerinden Daha Güvenli
- Sadece Vücut Ağırlık Merkezini Kullanarak Kolayca Yönlendirme
- Çocuklar, Yetişkinler İçin Öğrenmesi Çok Kolay ve Hızlı
- Günlük Kullanıma Uygun Mükemmel Bir Ulaşım Aracı
- %100 Yeni ve Yüksek Kalite (CE/ROCH/TSE belgeleri)
- Darbelere Dayanıklı Gövde

- Toz ve Suya Karşı Koruma
- 2 Saat Şarj ile 6 Saat veya 25 km'ye Kadar Sürüş Keyfi
- 0 Noktasında Tam Dönme Özelliği ile Mükemmel Manevra Özelliği
- Uzaktan Kumanda, Bluetooth ve Hoparlör
- 15-20 km/h Maximum Hız Olanağı

Kolay Ulaşım İmkânı Sağlar

Smart Rollerboard'u yanınızda her yere götürebilirsiniz. Kolayca taşıyabilir, üstelik her yerde saklayabilirsiniz. Ergonomik hafif ve yer yere taşınabilir Ağırlığıyla toplu taşıma araçlarında da yanınızda Smart Rollerboard'la seyahat edebilirsiniz.

Üstün Güvenlik Sunar

Smart Rollerboard, üretiminde kullanılan denge sistemi ve akıllı teknolojisi sayesinde size güvenli bir sürüş deneyimi sağlar. Bu yeni teknoloji, yokuş aşağı kendinden frenleme yöntemi ile aşırı hızlanmanızı engelleyerek istenmeyen kazaların oluşmasını engeller.



Şekil 59:Günümüzdeki örnekleri

7.3. PROJEDE KULLANILAN MALZEMELER

6V 250 Rpm Motor ve Tekerlek Seti

Plastik redüktörlü motor ve tekerlek seti basit uygulamalarda kullanabileceğiniz uygun fiyatlı ve çok kullanışlı bir üründür.

Motorda iki ayrı noktadan mil çıkışı olduğu için sağ ve sol kullanımlarda rahatlıkla kullanılabilir.

Özellikler:

Çalışma Voltajı: 3-6V

Hız: 250 Rpm(@6V)

Ağırlık: 29gr

Teker Ölçüleri:

Çapı: 70mm

Kalınlık: 30mm

Ağırlık: 45gr



Şekil 60:6V 250 Rpm Motor ve Tekerlek Seti

MPU6050 6 Eksen İvme ve Gyro Sensörü gy-521

MPU-6050 çeşitli hobi, multicopter ve robotik projelerinde sıklıkla kullanılan üzerinde 3 eksenli bir gyro ve 3 eksenli bir açısal ivme ölçer bulunduran 6 eksenli bir IMU sensör kartıdır.

Kart üzerinde voltaj regülatörü bulunduğundan 3 ile 5 V arası bir besleme voltajı ile çalıştırılabilir. İvme ölçer ve gyro çıkışlarının her ikisi de ayrı kanallardan I²C çıkışı vermektedir. Her ekseninde 16 bitlik bir çözünürlükle çıkış verebilmektedir.

Pinler arası boşluk standart olarak ayarlandığı için breadboard veya farklı devre kartlarında rahatlıkla kullanılabilir.

Özellikleri:

Çalışma gerilimi: 3-5V

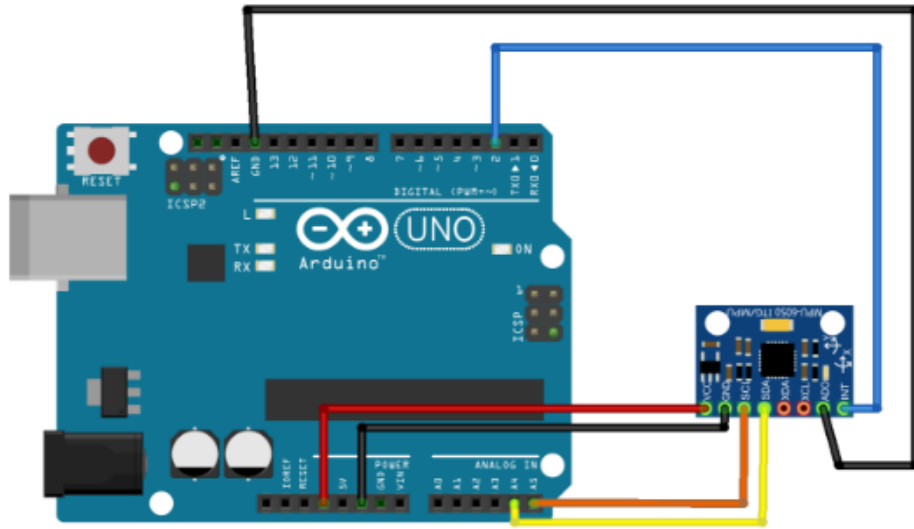
Gyro ölçüm aralığı: + 250 500 1000 2000 ° / s

Açısal ivme ölçer ölçüm aralığı: $\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16$ g

İletişim: Standart I²C



Şekil 61: MPU6050 6 Eksen İvme ve Gyro Sensörü gy-521



L298N Motor Sürücü Kartı

Kart üzerinde 1 adet L298N motor sürücü entegresi mevcuttur. Kanal başına 2A'e kadar akım verebilmektedir.

Motor voltajı 6-15V arası kullanılabilir. Besleme gerilimi 5V ise kart üzerindeki Vcc-5V jumpere kısa devre yapılarak kullanılmaktadır.

Kartın kullanılmayan tüm pinleri kart üzerindeki 4'lü konnektörlere çevrilerek genel kullanım için bırakılmıştır.

Özellikler

2 adet DC motorun bağımsız kontrolü

1 adet step motorun bağımsız kontrolü

Her bir kanaldan sürekli 2A'e kadar verebilmektedir.

Sensör bağlantıları için boş bırakılmış analog ve dijital giriş pinleri

Ürün Boyutları: 68x55x30mm

Ağırlık: 37g



Şekil 63: L298N Motor Sürücü Kartı

Arduino Nano

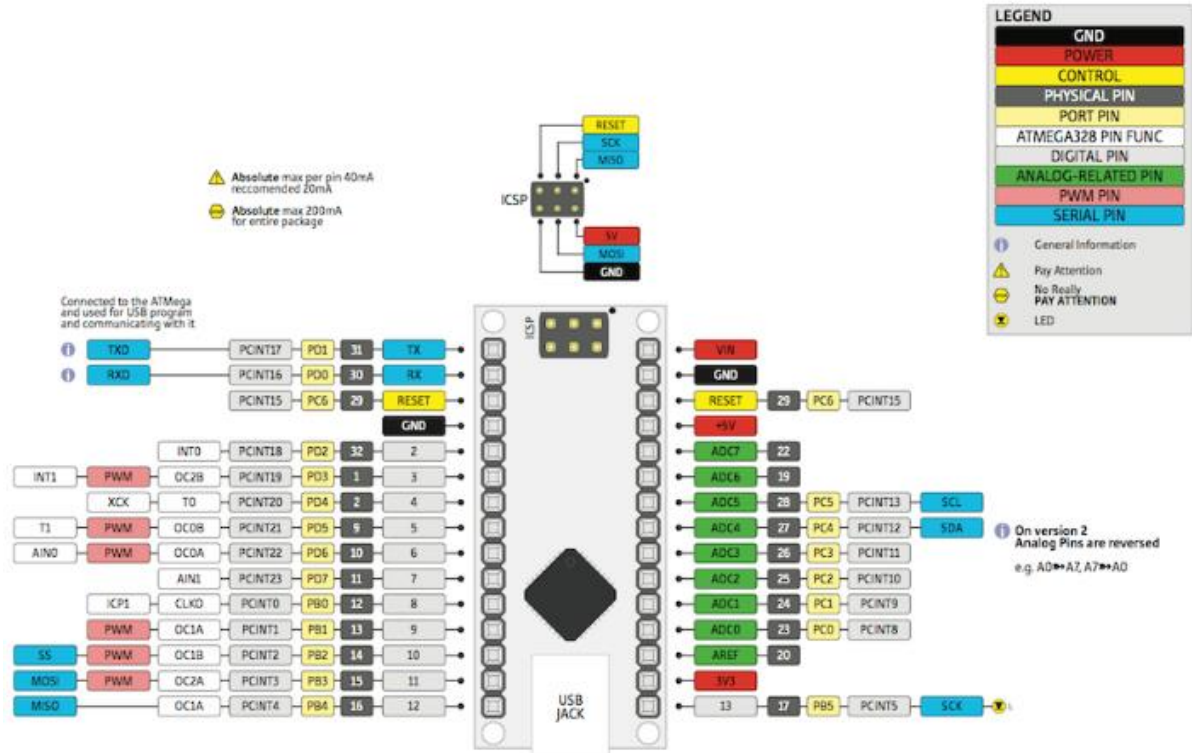
Arduino Nano; Atmega328 temelli bir mikrodenetleyici kartıdır. Üzerinde 14 adet dijital giriş/çıkış pini (6 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir), 8 analog giriş, 16Mhz kristal, usb soketi, ICSP konektörü ve reset tuşu bulundurmaktadır. Kart üzerinde mikrodenetleyicinin çalışması için gerekli olan her şey bulunmaktadır. Kolayca usb kablosu üzerinden bilgisayara bağlanabilir, adaptör veya pil ile çalıştırılabilir.

Teknik Özellikler:

- Mikrodenetleyici ATmega328
- Çalışma Gerilimi 5V
- Giriş Gerilimi (önerilen) 7-12V
- Giriş Gerilimi (limit) 6-20V
- Dijital I/O Pinleri 14 (6 tanesi PWM çıkışı)
- Analog Giriş Pinleri 8
- Her I/O için Akım 40 mA
- .3V Çıkış için Akım 50 mA
- Flash Hafıza 32 KB (ATmega328) 2 KB kadarı bootloader tarafından kullanılmaktadır
- SRAM 2 KB (ATmega328)
- EEPROM 1 KB (ATmega328)
- Saat Hızı 16 MHz
- Uzunluk 45 mm

-Genişlik 18 mm

- 5 g



Şekil 64:Girişler

Güç:

Arduino Nano gücünü usb üzerinden veya harici güç kaynağından alabilir. Harici güç kaynağı AC-DC adaptör olabileceği gibi bataryada olabilir. Adaptör ve batarya kart üzerindeki GND ve Vin pinleri üzerinden bağlanabilir.

Kartın çalışması için sürekli olarak usb'nin bağlı olması şart değildir. Kart sadece adaptör veya batarya ile çalıştırılabilir. Bu sayede kart bilgisayardan bağımsız olarak çalıştırılabilir. Harici güç kaynağı olarak 6-20V arası kullanılabilir. Ancak bu değerler limit değerleridir. Kart için önerilen harici besleme 7-12V arasındır. Çünkü kart üzerinde bulunan regülatör 7V altındaki değerlerde stabil çalışmayabilir. 12V üstündeki değerlerde de aşırı ısınabilir.

Nano kartının üzerindeki mikrodenetleyicinin çalışma gerilimi 5V'dur. Vin pini veya güç soketi üzerinden verilen 7-12V arası gerilim kart üzerinde bulunan voltaj regülatörü ile 5V'a düşürülerek karta dağılır.

Güç pinleri aşağıdaki gibidir:

-VIN: Harici güç kaynağı kullanılırken 7-12V arası gerilim giriş pini.

-5V: Bu pin regülatörden çıkan 5V çıkışı verir. Eğer kart sadece usb (5V) üzerinden çalışıyor ise usb üzerinden gelen 5V doğrudan bu pin üzerinden çıkış olarak verilir. Aynı zamanda bu pin üzerinden 5V girişi yapılabilir. Eğer karta güç Vin (7-12V) üzerinden veriliyorsa regülatörden çıkan 5V doğrudan bu pin üzerinden çıkış olarak verilir.

-3V3: Kart üzerinde bulunan 3.3V regülatörü çıkış pinidir. Maks. 50mA çıkış verebilir.

-GND: Toprak pinleridir.

Hafıza:

Atmega328 32 KB'lık flash belleğe sahiptir (2 KB kadarı bootloader tarafından kullanılmaktadır). 2 KB SRAM ve 1 KB EEPROM'u bulunmaktadır.

Giriş ve Çıkış:

Nano üzerindeki 14 adet dijital pinin hepsi giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. 8 tane analog giriş pininde bulunmaktadır. Bu analog giriş pinleride aynı şekilde dijital giriş ve çıkış olarak kullanılabilir. Yani kart üzerinde toplam 20 tane dijital giriş çıkış pini vardır. Bu pinlerin tamamının lojik seviyesi 5V'dur. Her pin maks. 40mA giriş ve çıkış akımı ile çalışır. Ek olarak, bazı pinlerin farklı özellikleri bulunmaktadır. Özel pinler aşağıda belirtildiği gibidir.

-Seri Haberleşme, 0 (RX) ve 1 (TX): TTL Seri veri alıp (RX), vermek (TX) için kullanılır. Bu pinler doğrudan kart üzerinde bulunan FT232 usb-seri dönüştürücüsüne bağlıdır. Yani bilgisayardan karta kod yüklerken veya bilgisayar-nano arasında karşılıklı haberleşme yapılırken bu pinler kullanılır. O yüzden karta kod yüklerken veya haberleşme yapılırken hata olmaması için mecbur kalınmadıkça bu pinlerin kullanılmamasında fayda vardır.

-Harici Kesme, 2 (interrupt 0) ve 3 (interrupt 1): Bu pinler yükselen kenar, düşen kenar veya değişiklik kesmesi pinleri olarak kullanılabilir. Ayrıntılı bilgi için attachInterrupt() fonksiyon sayfasını inceleyebilirsiniz.

-PWM, 3,5,6,9,10 ve 11: 8-bit çözünürlükte PWM çıkış pinleri olarak kullanılabilir.

-SPI, 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK): Bu pinler SPI haberleşmesi için kullanılır.

-LED, 13: Nano üzerinden 13. pine bağlı olan dahili bir led bulunmaktadır. Pin HIGH yapıldığında led yanacak, LOW yapıldığında led sönecektir.

-Analog, A0-A7: Nano 8 tane 10-bit çözünürlüğünde analog giriş pinine sahiptir. Bu pinler dijital giriş ve çıkış içinde kullanılabilir. Pinlerin ölçüm aralığı 0-5V'dur. AREF pini ve analogReference() foksiyonu kullanılarak alt limit yükseltip, üst limit düşürülebilir.

-I2C, A4 veya SDA pini ve A5 veya SCL pini: Bu pinler I2C haberleşmesi için kullanılır.

-AREF: Analog giriş için referans pini.

-Reset: Mikrodenetleyici resetlenmek istendiğinde bu pin LOW yapılır. Reset işlemi kart üzerinde bulunan Reset Butonu ile de yapılabilir.

Haberleşme:

Arduino Nano'nun bilgisayarla, başka bir arduino veya mikrodenetleyici ile haberleşmesi için bir kaç farklı seçenek vardır. Atmega328, 0 (RX) ve 1 (TX) pinleri üzerinden UART TTL (5V) seri haberleşme imkanı sunar. Kart üzerinde bulunan FT232 usb-seri dönüştürücüde bilgisayarda sanal bir com port açarak Atmega328 ile bilgisayar arasında bir köprü kurar. Arduino bilgisayar programı içerisinde barındırdığı seri monitör ile arduino ile bilgisayar arasında text temelli bilgilerin gönderilip alınmasını sağlar. Usb-seri dönüştürücü ile bilgisayar arasında usb üzerinden haberleşme olduğu zaman kart üzerinde bulunan RX ve TX ledleri yanacaktır.

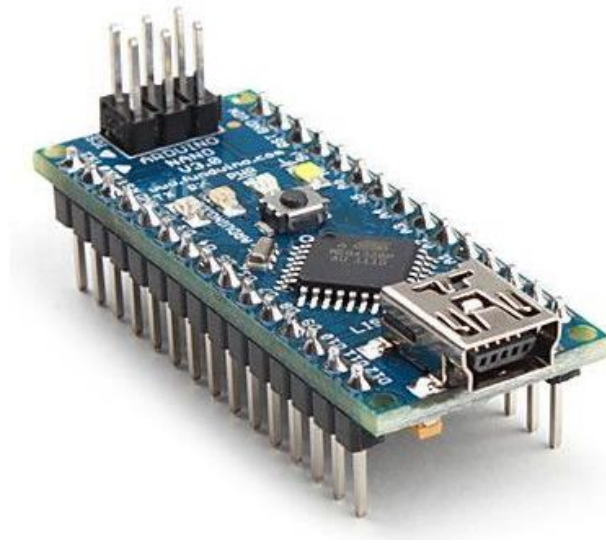
Nano üzerinde donanımsal olarak bir adet seri port bulunmaktadır. Ancak SoftwareSerial kütüphanesi ile bu sayı yazılımsal olarak arttırılabilir.

Atmega328 aynı şekilde I2C ve SPI portlarıda sağlamaktadır. Arduino bilgisayar programı ile gelen Wire kütüphanesi I2C kullanımını, SPI kütüphanesi de SPI haberleşmesini sağlamak için kullanılır.

Programlama:

Arduino Nano kartı Arduino bilgisayar programı (Arduino IDE) ile programlanır. Programda Tools > Board sekmesi altında Arduino Nano'yu seçip programlamaya başlayabilirsiniz. Arduino Nano üzerindeki Atmega328 üzerine bootloader denilen özel bir yazılım yüklü gelir. Bu sayede kartı programlarken ekstra bir programlayıcı kullanmanıza gerek yoktur. Haberleşme orjinal STK500 protokolü ile sağlanır.

Bootloader yazılımı bypass edilerek kart doğrudan mikrodnetleyicinin ICSP header'i üzerinden ISP programlayıcı ile programlanabilir (Referans).



Şekil 65:Arduino Nano

BÖLÜM 8

8. SONUÇ

Kalitede artış; Robotlarda pozisyon doğruluğu insanlara göre daha yüksektir. Günümüz robotları 0,003 cm doğruluğuna ve 0,001 cm tekrarlanabilirliğine ulaşabilirler. Çalışma

hızı, yüksek kaliteli üretim için bir avantajdır. Bu avantajı yakalayabilmek için kalibrasyon yöntemlerini kullanmamız gerekir.

Robot kullanılan sistemlerde üretim kalitesini arttırmakla kalmayıp bunun yanında verimliliği de arttırmaktadır. Üretim sektörünün rekabet ortamında vazgeçilmez iki unsur, kaliteli ve ucuza imalat yapmaktır. Kalibrasyon sayesinde hatasız ve seri üretim sağlayabiliriz.

EKLER

PROJENİN ARDUİNO KODLARI

```
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050_6Axis_MotionApps20.h"
#if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
#include "Wire.h"
#endif
MPU6050 mpu;
#define OUTPUT_READABLE_YAWPITCHROLL
#define LED_PIN 13
bool blinkState = false;
```

```
double P = 300 ,          D = 28000 ,          I = 1.2  ;
```

```
#define AIL LOW
#define AILPIN 2
```

```
#define AILMID 1500
```

```
#define ROLL HIGH
#define ROLLPIN 3
#define ROLLMID 1500
```

```
volatile int AILin = AILMID;
volatile unsigned long StartAIL = 0;
volatile boolean NewAIL = false;
```

```
volatile int ROLLin = ROLLMID;
```

```
volatileunsignedlongStartROLL = 0;
volatilebooleanNewROLL = false;
```

```
unsignedlongsondurum;
doublelhata, sonhata, hata, output, ref, lout;
floatroll, aileron, kumandaail, pitch, elevator, kumandaelev, in;
double  motor1 = 0 , motor2 = 0 ;
double  output1, output2, sagsol;
```

```
constintpwm_sol = 5;
constint solmotor_in1 = 6;
constint solmotor_in2 = 4;
```

```
constint sagmotor_in1 = 8;
constint sagmotor_in2 = 7;
constintpwm_sag = 9;
```

```
// MPU control/statusvars
booldmpReady = false;
uint8_t mpuIntStatus;
uint8_t devStatus;
uint16_t packetSize;
uint16_t fifoCount;
uint8_t fifoBuffer[64];
```

```
// orientation/motionvars
```

```
Quaternion q;
VectorFloatgravity;
floatypr[3];
```

```
intsomething;
```

```
volatileboolmpuInterrupt = false;
voidddmpDataReady() {
mpuInterrupt = true;
}
```

```

void setup() {          //      Serial.begin(9600);

pinMode(solmotor_in1, OUTPUT);
pinMode(solmotor_in2, OUTPUT);
pinMode(sagmotor_in1, OUTPUT);
pinMode(sagmotor_in2, OUTPUT);
pinMode(pwm_sol, OUTPUT);
pinMode(pwm_sag, OUTPUT);
pinMode(13, OUTPUT);

#if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
Wire.begin();
  TWBR = 24; // 400kHz I2C clock (200kHz if CPU is 8MHz)
#elif I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_BUILTIN_FASTWIRE
Fastwire::setup(400, true);
#endif

while (!Serial);
Serial.println(F("Initializing I2C devices..."));
mpu.initialize();

Serial.println(F("Testing device connections..."));
Serial.println(mpu.testConnection() ? F("MPU6050 connection successful") : F("MPU6050
connection failed"));

Serial.println(F("\nSend any character to begin DMP programming and demo: "));

Serial.println(F("Initializing DMP..."));
devStatus = mpu.dmpInitialize();

mpu.setXGyroOffset(220);
mpu.setYGyroOffset(76);
mpu.setZGyroOffset(-85);
mpu.setZAccelOffset(1788);

if (devStatus == 0) {

Serial.println(F("Enabling DMP..."));
mpu.setDMPEnabled(true);

```

```

Serial.println(F("Enablinginterruptdetection (Arduinoexternalinterrupt 0)..."));
attachInterrupt(0, dmpDataReady, RISING);
mpuIntStatus = mpu.getIntStatus();

```

```

Serial.println(F("DMP ready! Waitingforfirstinterrupt..."));
dmpReady = true;

```

```

packetSize = mpu.dmpGetFIFOPacketSize();
}

{

attachInterrupt(AIL, AILhesapla, CHANGE);
attachInterrupt(ROLL, ROLLhesapla, CHANGE);

}

}

```

```

voidloop() {
digitalWrite(13,HIGH);

```

bekle:

```

//////////*****
**

```

```

if (NewAIL)
{

```

```

    // Serial.println(AILin);
    ref = map(AILin, 1064, 1948, -35, 35); //MIDLE 1460
    ref = ref / 100;
    // if ((ref>-0.1)&&(ref<0.1)) ref=0;

```

```

NewAIL = false;
}

```

```

if (NewROLL)
{
    // Serial.println(ROLLin);
    sagsol = map(ROLLin, 1056, 1920, -100, 100); //MIDLE 1460
    if ((sagsol>-10)&&(sagsol<10)) sagsol=0;

```

```

NewROLL = false;

}

////////*****
**

mpuInterrupt = false;
mpuIntStatus = mpu.getIntStatus();

fifoCount = mpu.getFIFOCount();

if ((mpuIntStatus& 0x10) || fifoCount == 1024) {

mpu.resetFIFO();

} else if (mpuIntStatus& 0x02) {

while (fifoCount<packetSize) fifoCount = mpu.getFIFOCount();

mpu.getFIFOBytes(fifoBuffer, packetSize);

fifoCount -= packetSize;

mpu.dmpGetQuaternion(&q, fifoBuffer);
mpu.dmpGetGravity(&gravity, &q);
mpu.dmpGetYawPitchRoll(ypr, &q, &gravity);
    // Serial.println(ypr[1] * 180/M_PI);
something = (ypr[1] * 180 / M_PI);

}

////////*****
*****

if (ypr[1]<-1)
{
    dur();
    lhata=0; lout=0;
    Serial.println("robotu dik konuma getirin");
    goto bekle;
}

```

```

}

if (ypr[1]>1)
{
    dur();
    Ihata=0; Iout=0;
    Serial.println("robotu dik konuma getirin");
    goto bekle;
}

```

```

PID();

```

```

motorayar();

```

```

ekranpid();

```

```

}
//////////*****
*****

```

```

void PID()

```

```

{

```

```

    unsignedlong simdi = millis();
    doublezamandegisimi = (double)(simdi - sondurum);

```

```

    double hata = -0.07- ypr[1]+ref;

```

```

    Ihata += (hata * zamandegisimi);
    doubleLim = 250;
    double K=Lim/I;
    if (Ihata<-K) Ihata=-K;
    if (Ihata>K) Ihata=K;
    Iout = I * Ihata;
    if (Iout< -Lim) Iout = -Lim;

```

```

if (Iout>Lim) Iout = Lim;

doubledhata = (hata - sonhata) / zamandegisimi;

output = ( P * hata + Iout + D * dhata);

if (output> 250) output = 250;
if (output< -250) output = -250;

sonhata = hata;
sondurum = simdi;

}
//////////*****
*****
voidmotorayar()
{
    motor1=output-sagsol; motor2=output+sagsol;
    if (motor1<-250) {motor1=-250;}
    if (motor1>250){ motor1=250;}

    if (motor2<-250) {motor2=-250;}
    if (motor2>250){ motor2=250;}
    ////*****
    if (motor1 <= 0)
    {

        motor1 = -motor1;

    sol_geri(); analogWrite(pwm_sol, motor1);

    }
    elseif (motor1 > 0)
    {

        motor1 =motor1;

    sol_ileri(); analogWrite(pwm_sol, motor1 );
    }
    ////*****

    if (motor2 <= 0)
    {

        motor2 = -motor2;

    sag_geri(); analogWrite(pwm_sag, motor2);

    }

```



```

elseif (motor2 > 0)
{

    motor2 =motor2;

    sag_ileri(); analogWrite(pwm_sag, motor2 );
}
///  

}

voidmotorkontrol()

{

    if (output> 250) output = 250;
    if (output< -250)  output = -250;

    if (output<= 0)
    {
        output2 = 0;
        output1 = -output;

        duz(); analogWrite(pwm_sol, output1); analogWrite(pwm_sag, output1);

    }
    if (output> 0)
    {
        output1 = 0;
        output2 = output;

        geri(); analogWrite(pwm_sol, output2 ); analogWrite(pwm_sag, output2);

    }

}

/////////  

*****

voidekranpid()
{

    Serial.print("  pitch = "); Serial.print(ypr[1]);
    Serial.print("  AILain = "); Serial.print(AILin);
    // Serial.print("  output2= "); Serial.print(output2);

```

```

Serial.print("  ref = "); Serial.print(ref);
Serial.print("  ROLLin = "); Serial.print(ROLLin);
Serial.print("  sagsol = "); Serial.println(sagsol);
Serial.print("  output = "); Serial.print(output);
Serial.print("  motor1 = "); Serial.print(motor1);
Serial.print("  motor2 = "); Serial.print(motor2);
// Serial.println();
}
/////*****
*****

```

```

voidduz() {
sag_ileri();
sol_ileri();
}
void geri() {
sag_geri();
sol_geri();
}
voidsag_ileri() {
digitalWrite(sagmotor_in1, LOW);
digitalWrite(sagmotor_in2, HIGH);
}
voidsag_geri() {
digitalWrite(sagmotor_in1, HIGH);
digitalWrite(sagmotor_in2, LOW);
}
voidsol_ileri() {
digitalWrite(solmotor_in1, LOW);
digitalWrite(solmotor_in2, HIGH);
}
voidsol_geri() {
digitalWrite(solmotor_in1, HIGH);
digitalWrite(solmotor_in2, LOW);
}
void dur() {
analogWrite(pwm_sol, 0);
analogWrite(pwm_sag, 0);
}

```

```

/////////*****
*****

```

```

voidAILhesapla()
{

if (digitalRead(AILPIN) == HIGH)
{

```

```

StartAIL = micros();
}
else
{

if (StartAIL&& (NewAIL == false))
{
AILin = (int)(micros() - StartAIL);
StartAIL = 0;

NewAIL = true;
}
}
}
//////////*****
*****
voidROLLhesapla()
{

if (digitalRead(ROLLPIN) == HIGH)
{

StartROLL = micros();
}
else
{

if (StartROLL&& (NewROLL == false))
{
ROLLin = (int)(micros() - StartROLL);
StartROLL = 0;

NewROLL = true;
}
}
}

```

KAYNAKLAR

1. S. Briot and P. Martinet, “Minimal representation for the control of Gough-Stewart platforms via leg observation considering a hidden robot model,” in Proceedings of

- the 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2013), Karlsruhe, Germany, (2013).
2. V. Rosenzweig, S. Briot, P. Martinet, E. Ozgur, E., and N. Bouton, “A method for simplifying the analysis of leg-based visual servoing of parallel robots,” In: Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2014), Hong Kong, China, (2014).
 3. P. Corke, “The ARCL Kinematic Interface”. Technical report, CSIRO Division of Manufacturing Technology, (1990).
 4. <http://www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/72-endustriyel-robotlarin-dogrulugu-ve-hassasiyeti>
 5. Akman, Toygar: Robot Bilimini Geliştiren Siberetik, Bilim ve Teknik, Sayı: 116, (1990).
 6. Akmehmet Asaf; NATO Semineri, Uzman Sistemler ve Robotik, Sistem Otomasyonu Dergisi
 7. Ata , Fikret: Robotlar ve Robot Kolu, Dok. Tezi Çalışması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
 8. Bayram, Murat: Yeni Nesil Robotlar, Bilim ve Teknik Dergisi, Cilt: (1993).
 9. Craig, John, J.: Introduction to Robotic Mechanics & Control, (1995).
 10. Ordrey: Industrial Robotics Technology Programmings and Applications
 11. Yenitepe, Recep: Endüstriyel Robotların Tahrir Sistemlerinin Karşılaştırılması ve Tahrir Sistemi Seçim Kriterleri, MakinaTek, Temmuz (1996).

2.4. ÖZGEÇMİŞ

ÖZGEÇMİŞ



Mehmet YILDEMİR 1993'da Bursa'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Malcılar lisesinden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.

İletişim Bilgileri

Adres: Osmangazi / BURSA
E-posta: Mehmetyildemir@gmail.com
Tel: 05363335426