

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

OTOMATİK ÜRETİM-5

Ankara, 2009

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, mesleki ve teknik eğitim okul ve kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğrenme materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere mesleki ve teknik eğitim okul ve kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlık'ta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iv
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	2
1. SANAYİ ROBOTLARI	2
1.1. Otomasyon Sisteminin Doğuşu	2
1.2. Yeni Endüstri İşçileri Robotlar	4
1.3. İnsan Kolunun Özellikleri	6
1.4. Robotların Sınıflandırılması	7
1.4.1 Robotların Yapısal Olarak Sınıflandırılması	7
1.4.2. Yol Kontrolüne Bağlı Sınıflandırma	12
1.5. Robotun Sistem Organizasyonu ve Çalışması	13
1.6 Robotun Bölümleri	13
1.7. Robot Biliminde Kavram ve Tanımlamalar	14
1.8. Robotların Olası Etkileri	17
1.9. Robot Kinematiği	18
1.9.1. Robot Koordinatları	18
1.9.2. Koordinat Sisteminin İfade Edilişi	19
1.9.3. Düz Kinematik	20
1.9.4 Ters Kinematik	21
UYGULAMA FAALİYETİ	25
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	29
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	30
2.1. Tatbikatta Dikkat Edilecek Hususlar	30
2.2. Robot Kumandası	30
2.2.1. Robot	31
2.2.2. Denetleyici	31
2.2.3. Öğretme Kutusu (Ö /K)	32
2.2.4. Üç Boyutlu Robot Benzetim Programı (3D-simülasyon)	32
2.2.5. Hariç Giriş/Çıkış (IO) Aygıtı	32
2.2.6. Renk Sensörü	33
2.2.7. Yardımcı Parçalar	33
2.3. Ö/K ile Çalışma	34
2.3.1. Hazırlık	34
2.3.2. Alarm Çaldığında	34
2.3.3. İşlem Hızının Tespiti	34
2.4. Robot Elinin Açılıp Kapatılması	35
2.5. Eklem Yerlerinin Çalışması	35
2.6. Koordinat Hareketleri	36
2.7. Üç Boyutlu Robot Simülasyon Programı	37
2.7.1. 3D-Simülasyonu Başlatma	37
2.7.2. Programın Sonlandırılması	38
2.7.3. Konumun Öğretilmesi	38
2.8. Simülatör Ekranı	40
2.9. Programın İnşası	42
2.9.1. 3D-Simülasyon Programının İcrası	42

2.9.2. Programın ve Konumun Saklanması	43
2.9.3. Konumun Kaydedilmesi	44
2.9.4. Konum ve Programın Açılması	44
2.10. Simülasyon Program ile Robotun Kumandası	45
2.11. Otomatik Hareket	50
2.12. Paletleme Fonksiyonu	51
2.13 Tekrar İşlemi	55
2.14. Renk Sensörünün Kullanımı	58
2.14.1. Renk Sensörü Ayarı	58
2.14.2. Sensör Durumu	58
2.14.3. I/O Aygıtının Görüntüsünü Doğrula	60
2.14.4. 3D-Simülasyon Programının İşletilmesi (OFF Durumunda)	63
2.14.5. 3D-Simülasyon Programının İşletilmesi (ON Durumu)	64
2.15. Sayaçlar	66
UYGULAMA FAALİYETİ	70
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	74
MODÜL DEĞERLENDİRME	75
CEVAP ANAHTARLARI	76
KAYNAKÇA	78

AÇIKLAMALAR

KOD	
ALAN	Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri
DAL/MESLEK	Mekatronik Teknisyenliği
MODÜLÜN ADI	Otomatik Üretim - 5
MODÜLÜN TANIMI	Sanayi robotlarının tanıtılması ve bu robotların programlanmasına yönelik bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Otomatik Üretim - 4 modülünü almış olmak
YETERLİK	Esnek imalat hücresinin denetimini yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Esnek imalat hücresinin denetimini yapmak. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Robot kollarını hatasız olarak programlayabileceksiniz.2. Robot kollarını güvenlik kurallarına uygun olarak kullanabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Fabrika otomasyon, CNC ve CAM laboratuvarı Donanım: Sanayi robotları, takım tezgâhları, CNC torna, CNC freze, CNC ve CAM programı
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Otomasyonun yaygın kullanıldığı fabrikalarda robot, değişik alanlarda etkin bir rol oynamaktadır.

Bu modülde sanayi tipi robotların çalışma metodunu öğreneceğiz. Bu türe ait birçok robot, fiziksel yapısına göre bir görev üstlenmektedir.

Bir robotun çalışması iş parçası koordinatlarının kendisine öğretilmesi ile başlar. Denetim programı bu temel üzerine şekillenir. Bu yöntem birçok robot için aynıdır.

Her bir robot mafsalının açısına, o mafsala hareket veren motoru kumanda ederek karar verebiliriz. Bu yüzden mafsal açıları ile konum koordinatları arasındaki ilişkiyi öğrenmek önemlidir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Betik dili ile veri tabanı bağlantısını doğru olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- İnsanların robot algısını araştırınız. Sonuçlarını bu dersin robot tanımını işlerken tartışınız.

1. SANAYİ ROBOTLARI

1.1. Otomasyon Sisteminin Doğuşu

İnsan zekâsının üretici niteliği, tarih boyunca çok önemli itici bir güç olmuştur. İnsanın düşünce kabiliyeti, yeteneklerinin fevkinde fiziksel güç kullanımını gerektiren işlemler için bir araç olmuştur. En basit kaldıraçlardan, buhar makinelerinden hareketle insan elinin yapabileceği işlemleri yapabilen makineler aşamasına ulaşılmıştır.

Makinelerin çeşitli işlemleri yapmak için yaygın ve etkili kullanımı “Sanayi Devrimi”ni getirmiştir ve bir ara bu devrim, insanoğlunun makinelere saldırması ve onları parçalaması şeklinde ilginç olayları da beraberinde getirmişti. Saldırının temelinde makinelerin, insanların yerini almaya başlaması ve bu nedenle işçilerin işsiz kalması yatıyordu. Fransa’dan sonra İngiltere’de de dokuma tezgâhlarını otomatik duruma getiren makinelere hücum, bu ekonomik nedenlerden ileri gelmişti. İnsanlara yardımcı olacak, onların her isteğini bir köle gibi yerine getirecek ve kesinlikle onun çalışma hayatını elinden almayacak olan makinelere kimse karşı çıkmazdı.

Bazı bilim adamları ve yazarlar makinelerle gelişen sanayi devrimini “yeni uygarlıkları oluşturan dalgalar” olarak tanımlanmaktadır. Tarımın uygulanmasıyla başlayan “birinci dalga”, sanayi devrimiyle başlayan “ikinci dalga”nın getirdikleri değişikliklerle sürmüş ve bu, günümüzde insan gibi düşünüp karar verebilen makinelere kadar gelmiştir. Yeni Çağ’ı biçimlendirecek kadar güçlü ve becerikli olan bu makinelerin bugünkü adı “robot”tur.

Robot denilince çoğumuzun aklına hemen “insan görünüşlü mekanik araçlar” gelir. Bu sözcük dünyanın dört bir yanındaki her yaşta insanda bu tarz çağrışımlar oluşturur. Bilim kurgu roman ve filmlerin katkısıyla bu imaj oldukça yaygın olarak insanların belleğine yerleşmiş bulunmaktadır. Çek dilinde “zorunlu işçilik” anlamına gelen “robot” sözcüğünden türetilen “robot” kelimesini, ilk kez Çekoslovak oyun yazarı Karel Čapek, 1921 yılında yazdığı “Rossum’un Evrensel Robotları” adlı oyununda kullanmıştır. Oyunda da robot, insan görünümü olup insanların hizmetine bakan araçları temsil ediyordu.

Çapek, kendi zamanına kadar, çeşitli oyuncaklar biçimde kullanılarak gelmiş olan “mekanik adam” ya da “otomat adam”ların, tıpkı insan gibi belirli şeyleri algılayan ve belirli işlemleri yapabilen birer “işçi” gibi imal edilebileceklerini düşünmüştür.

Piyesin yazıldığı tarihten bu yana geçen süre içinde robot kelimesi öylesine benimsendi ki, “otomat adam yapımı” üzerindeki bütün çalışmalar, “robot yapımı” olarak tanımlanmış, meydana getirilen bütün otomat adamlara da robot adı verilmiştir.

Robotlarda çelik yayın boşalımı gücü ile harekete geçen çarklarla sağlanan hareket ve işlemler, geçen yıllara muvazi olarak gelişen teknolojiye uygun ilerlemeler gösteriyordu. Elektroniğin kullanılma alanının yayılması, robot yapımında da büyük aşamalar sağladı. Sibernetik biliminin inşası ile birlikte makinelerde de canlı varlıklarda olduğu gibi geri merkezle sağlanan bilgi alışverişi yoluyla kendiliğinden işleyen bir sistemin kurulabileceği kavranılmıştı. Bunun sonucunda da, mekanik hareket, makine hareketi ve otomatik hareket yerine, yepyeni bir hareket sistemi “otomasyon” ortaya çıktı.

Otomasyon kelimesini, 1947 yılında Detroit’de D. S. Harder, “Otomobil imalatında ham maddelerin, herhangi bir insan eli işe karışmaksızın, makine operatörleri tarafından işlenmesi” şeklinde kullanmıştı.

İnsan, tarihi boyunca hep otomatik sistemlerden yana olmuştur. “Katı otomasyon” adı verilen sistemde hemen her süreç ve işlem için özgün sistemler kullanılır. Ancak hayatın ve üretim süreçlerinin giderek karmaşıklaşması, yeni bir sorun ortaya çıkarmıştır.

Eldeki otomasyon araçları çoğunlukla ancak bir ürün elde etmek için iktisatlı olmaktadır. Aynı araçtan bir başka ürün elde etmek, ek olarak büyük yatırımları gerektirmektedir. İşte bu noktada daha esnek, daha ucuza mal olan ve kolaylıkla yeni bir işlemler dizisini gerçekleştirmeye olanak tanıyan otomatik bir araç (esnek otomasyon) geliştirilmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak da “robot bilimi” doğmuş ve esnek otomasyonda yerini almıştır.

İnsanoğlu çağlar boyu, kendisine “hizmet edecek” bir yardımcı aramıştır. Bu nedenle de yaptığı savaşlar sonunda, karşı taraftan tutsak aldığı insanları “köle” olarak çalıştırmıştır. Köleliğin (serv) sona ermiş olmasına rağmen otomasyonda kendiliğinden işleyen sisteme, “köle” kelimesinden gelen, “servo-mekanizma” (servomechanism) adı verilmiştir.

Servo mekanizma, bir ya da birden fazla işlemi bir sistem içinde mekanik hareketlere dönüştüren bir geri beslemeli sistemdir.

Hiç şüphe yok ki, sibernetik ve elektronik teknolojiden önce yapılmış birçok robot vardı. Bunlardan 1928 yılında yapılan “Eric”, 1932 yılında yapılan “Alfa” ve 1939 yılında yapılan “Elektro” adlı olanları, çok ilginç üç ayrı örnektir.

Bu robotlar, hızla geliştirilerek çeşitli işlemlerde bulunan robotlardan, sibernetik yönetimli hizmetçi robotlara, öğreten robotlara ve sanayi robotlarına dönüştürüldü. Biz burada daha çok sanayi robotları üzerinde duracağız.

1.2. Yeni Endüstri İşçileri Robotlar

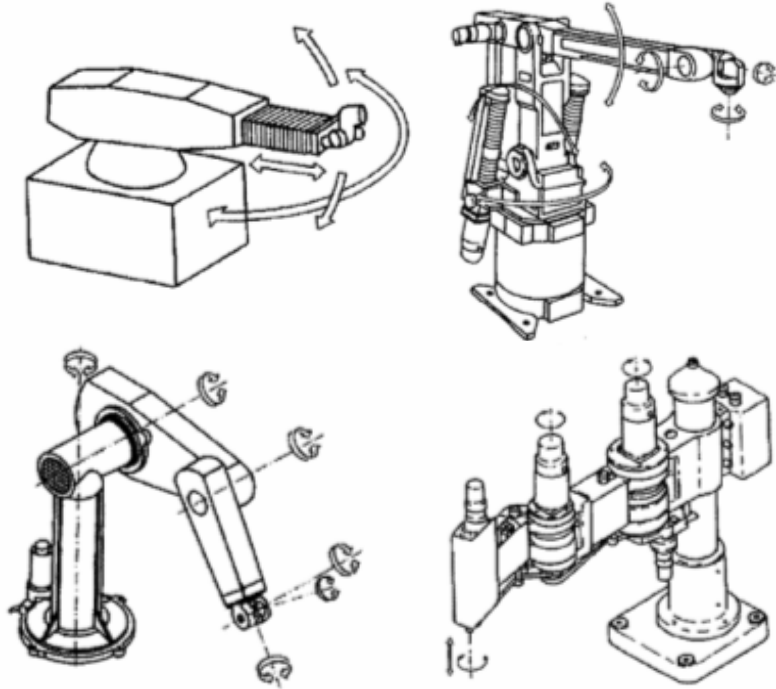
Robotların en fazla kullanıldığı alanlar, hiç kuşku yok ki ağır sanayi kesimi, özellikle otomobil endüstrisidir. Otomobil imalatçıların ana felsefesi ise imalat hattının daha hızlı kaymasını sağlayarak daha fazla üretimde bulunmaktır. İmalat hattının daha hızla kayması demek, o imalat hattı boyunca çalışan birkaç işçi yerine, bir tek “mekanik robot” koymak suretiyle montaj işlemini çabuklaştırmak demektir.

Firmalar arasındaki rekabet, bu düşünceyi pekiştirmiş ve endüstri alanında otomatikleşmeyi zorunlu kılmıştır. “otomasyon” tanımlaması da, (bu zorluluktan olsa gerek) ilk kez 1947 yılında, bu kesimde ortaya çıkmıştır.

Önceleri imalat hattı yanında duran ve (o hat üzerinde kayarak önüne gelen gövdelere) mekanik hareketlerle bazı parçaları monte eden robotların geri besleme işlemi kullanılarak kapasiteleri artırılmıştır. Bu robotlar, parçayı monte ettikten sonra kontrolünü de yapar. Hatalı işlem var ise o parçayı imalat hattından çekip ayırır. Hatalı durumun giderilmesi için geri gönderir. Bu nedenle de bazı yerlerde “İmalat Hattı” (Assembly Line) yerine “Feed-Back Hattı” (Feed-Back Path) tanımlanması kullanılır.

Daha önce robot sözcüğünün işçi anlamına geldiğini söylemiştik. Webster sözlüğü robotu, “insanlara özgü işleri yapan bir otomatik makine” olarak tanımlıyor.

Amerikan Robot Enstitüsü (RIA)nün tanımı, “Programlı hareketlerle değişik görevler için malzemeleri, aletleri ya da özel parçaları taşımak için tasarlanmış, yeniden programlanabilir, çok yönlü bir manipülatördür (kol).” şeklindedir.



Şekil 1.1: Sanayi robotları

Bu, endüstri robotunun kabul edilmiş bir tanımıdır. Önemli nokta, robotun yeniden programlanabilir olmasıdır.

Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir robot şöyle tanımlanır. "Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, sabit veya hareketli olabilen, üç veya daha fazla programlanabilir eksenine sahip, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir çok amaçlı manipülatördür."

Tanımdaki terimlerin açıklamaları, aşağıdaki gibidir.

- **Yeniden programlanabilir:** Fiziksel değişiklikler olmadan programlanmış hareketleri veya yardımcı fonksiyonları değiştirilebilir durumudur.
- **Çok amaçlı:** Fiziksel değişikliklerle farklı bir uygulamaya adapte edilebilir yeteneğidir.
- **Eksen:** Doğrusal veya dönme modunda robot hareketini belirtmek için kullanılan yöndür.
- **Tamlık:** Çalışma hacmi içinde istenen bir noktaya, robotun bilek sonunu götürebilir yeteneğidir. Uzaysal çözülüm, robotun çalışma hacmini bölebileceği en küçük hareket artışıdır. Robotun tamlığı uzaysal çözülüm cinsinden ifade edilebilir çünkü hedef bir noktaya ulaşılabilir yeteneği her eklem hareketi için robotun kontrol artımlarını ne derece tanımlayabildiğine bağlıdır. Tamlık, verilen bir hedef noktaya erişebilmek için robotun programlanabilir kapasitesiyle ilişkilidir.
- **Tekrarlanabilirlik:** Tekrarlanabilirlik, uzayda robota önceden öğretilen bir noktaya, robotun, bileğini veya bileğine eklenen uç elemanlarını götürebilir yeteneğidir. Robotun öğretilen bir noktaya göre tekrarlanan hareketlerinin sonucunda, robot uç noktası ile öğretilen nokta arasında oluşabilecek maksimum hata miktarıdır. Genel amaçlı robotlarda tekrarlanabilirlik değerinin 0,1 mm ile 0,2 mm olması yeterli olabilmektedir. Özel olarak ark kaynağı uygulaması düşünülürse tekrarlanabilirlik değerinin kaynaқта kullanılacak tel çapının yarısından küçük olması istenir.
- **Yük taşıma kabiliyeti ve hız:** Maksimum yük taşıma kapasitesi, robotun minimum hızında tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük değeridir. Nominal yük taşıma kapasitesi de robotun maksimum hızda tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük miktarıdır. Bu yük taşıma kapasitesi değerleri taşınan malzemenin boyut ve şekline bağlıdır.

Japon Robot Birliği (JIRA) ve Japon Endüstri Standartları Komitesi, robotu değişik ölçülerde tarif eder.

- **Manipülatör:** İnsanın üst koluna benzer işlevleri olan ve bir nesneyi bir yerden bir yere hareket ettiren makinedir.
- **Playback robot:** Ardışık işlemler için hafızaya kayıtlı bilgileri okuyarak bir operasyon gerçekleştiren manipülatördür.
- **Zeki robot:** Tanıma ve algılama yardımıyla kendi hareket veya davranışına karar verebilen robotlardır.

Bu tanımlamayla robot bir otomatik makinedir ve belki de birçok tartışmanın çıktığı alandır. Robot olarak kabul edilebilecek birçok makine, çevre ne kadar sınırlı olursa olsun, çevreden alınan bilgiye cevap verebilmelidir. Robot, cevabı yorumlayacak ve gereken değişikliği yapacaktır.

Robotların daha önceleri kullanılan otomatik makinelerden farkları:

- Mafsal hareketleri çok daha fazladır.
- Daha hızlı iş görür.
- Vidaları yanlış yere monte etme gibi herhangi bir yanlış harekette bulunulmaz.
- Kendi işlemlerinin doğruluğunu kontrol edebilir.
- Gerektiğinde ana sisteme bağlı olmaksızın kendi bölümlerine ilişkin çalışmaları kendi başlarına sürdürebilir. İmal edilen parçaları, kendi kendine tasnif edip yükler. Parçayı, ait olduğu bölümlerine götürerek yerleştirebilir.

Gerçek anlamda ilk sanayi robotu, G.C. Devci adlı ABD'li bir mühendis tarafından gerçekleştirilmiştir. 1961'de H.A.Erost mikro işlemci kontrollü mekanik bir el geliştirdi. 1968'de Pieper, manipülatörün kinematiği üzerinde Kahn ve Roth ise dinamiği üzerinde çalıştı.

1970'lerde çalışmalar, sensörlerin (algılayıcı) üzerinde yoğunlaştı. 1972'de P.Woll ve arkadaşları, montaj görevi yapan kuvvet ve dokunma sensörleriyle donatılmış bir dizi çalışmalarda bulundu. 1974'de Bejezy uzay araştırmalarında kullanılmak üzere kontrol tekniklerini geliştirdi. Bu şekilde başlayan endüstride robot kullanımı dünyada hızla artmıştır.

1.3. İnsan Kolunun Özellikleri

Robot, çalışan bir insan gibi kendisine verilen görevi yerine getirmek durumundadır. Bu görevi yerine getirebilmek için insanın kemiklerindeki manivela ve adalelerindeki eğilip bükülme sistemlerine sahip olması gerekir.

Esasında robot manipülatörü, insan koluna birçok bakımdan benzemektedir. Bu sebeple insanın kol özelliklerini kısaca görmekte fayda vardır.

İnsan kolu; üç küçük mafsallı bilek kısmı ve dirsekle omuzun oluşturduğu kısım olmak üzere ikiye ayrılır. İnsan bileğinin görevi, el tarafından tutulan bir cisme yön vermektir. Temel iş yapma kabiliyeti aşağıdaki gibi temsil edilir.

Kolunuzu kaldırarak avuç içi aşağıya gelecek şekilde tutunuz. Bu referans alınacak açılal konumdur (0^0). Bileğinizi mümkün mertebe saat yönünde veya tersi yönde döndürünüz. Bu, dönme (ROLL) hareketidir ve sınırları -180^0 ve $+90^0$ dir.

$$\text{DÖNME: } 180^0 + 90^0 = 270^0$$

Tekrar sağ kolumuzu 0^0 konumunda tutunuz ve eli döndürmeksizin, bileği başlangıç konumundan mümkün olduğunca aşağı ve yukarı hareket ettiriniz. Bu eğilme (PITCH) hareketidir ve sınırları $+90^0$ ve $+50^0$ dir.

EĞİLME: $90^0 + 50^0 = 140^0$

Kolu düz olarak tutup bileğe dönme ya da eğilme hareketi yaptırma sizin parmaklarınızı sağa sola doğru oynatmanız, sapma (YAW) hareketidir ve sınırları -45^0 ve $+15^0$ tir.

SAPMA: $45^0 + 15^0 = 60^0$

Dönme, eğilme ve sapma bağımsız hareket olduklarından serbestlik **derecesi** olarak kabul edilir.

İnsan kolunun ikinci bölümünde üç serbestlik dereceli iki bağlantı vardır. Bunlar, iki serbestlik dereceli omuz ve bir serbestlik dereceli dirsektir. Fakat robotun tek serbestlik dereceli bir omzu vardır. Robotun bel kısmı insan omzunun ikinci hareketini üstlenir.

Kolun sonunda beş parmak vardır. Parmaklar bir cismi sıkacak olursa parmak bağlantıları bağımsız değildir ve tutulan cismin konumuna ve yönüne etki etmez. Parmaklar tekil ve bağımsız kullanılırsa hareketlilik sağlar.

İnsan kolunun ve elinin hususiyetleri incelendiğinde, robotlara aynı şeyleri yaptırmanın ne kadar zor olacağı ortadadır.

Taşıma işlemi yapan robotlarda (pick and place tipi) sadece başparmak, birinci ve orta parmak kullanılır.

Kol yapısının önemli özelliklerinden biri de üst kolun ön kola oranıdır. Bu, 1:1~1:2 civarındadır. Bu oran, robotun ön kolunun üst kola eşit ya da daha kısa olduğu anlamına gelir. Bu oran karşılanmazsa robotun hareketinde bir düzensizlik oluşacaktır. Mekanik olarak değerlendirildiğinde insan kolunda doğrusal ve doğrusal olmayan elemanlardan oluşan hiyerarşik bir yapı olduğu görülür.

1.4. Robotların Sınıflandırılması

Robotlar temelde iki esasa göre sınıflandırılır.

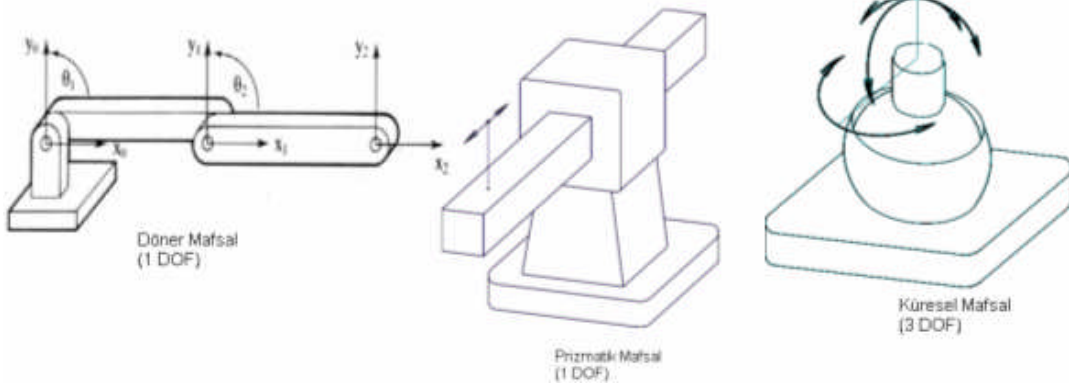
- Robot yapısının şekli ve hareketine göre
- İzlediği yörüngeye göre

1.4.1 Robotların Yapısal Olarak Sınıflandırılması

Robotların yapısal sınıflandırılmasına, uzuvlar arasındaki izafi hareketi temin eden mafsallar yön verir. Bu mafsallar:

- Salınım hareketi (swivel rotation) yapabilen iki mafsalın, bir boylam eksenini etrafında dönmesi (döner mafsaldır). İnsanın dikey konumda belini sağa sola döndürmesi gibi.

- Eğilme hareketi (bending rotation) olarak anılan, mafsaldaki çapraz eksen etrafında bir dönme hareketi (döner mafsaldır. İnsanın omzunu ileri geri oynatması gibi.
- Boylamasına bir eksen yönünde bir uzama yapan doğrusal bir hareketidir (prizmatik mafsaldır).



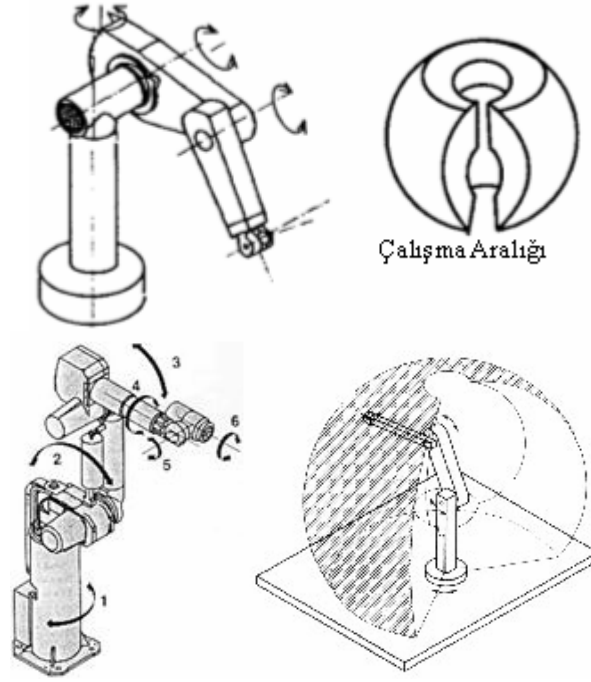
Şekil 1.2: Robot mafsalları

Bunlara ilaveten bir de küresel mafsaldır. Çok yönlü hareket edebilir. Ama kontrolü zordur.

Mafsal hareketlerine göre robot şekilleri:

➤ **Döner (revolute) robot**

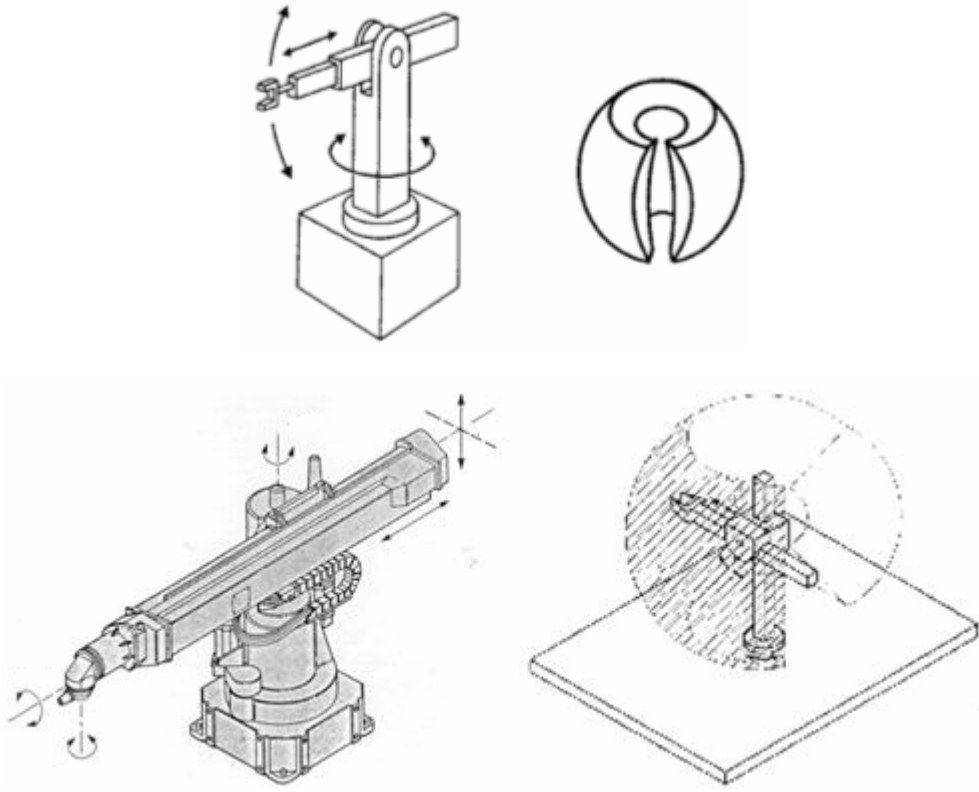
İnsan hareketlerini en iyi taklit eden robot tipidir. Bu tip robota “anthropomorphic robot” da denir. İnsanın çalıştığı işlere diğerlerinden daha iyi uyum sağlar. Üç temel döner mafsaldan oluşmuştur. Bunlar; bel kısmı, bunun üzerine yerleştirilen omuz ve omuz uzvunun sonunda bulunan dirsek kısmıdır. Burada mekanik kollar, tıpkı bir insanın dirsek ve mafsalları gibi kullanılır.



Şekil 1.3: Döner robot

➤ **Küresel (kutupsal) robot**

Bu robot taban üzerindeki bel kısmının eksenini etrafında döner. İkinci eksen kolun dikey bir düzlemde dönmesine izin veren yatay döner bir mafsaldır. Her iki eksenini kullanan robot kol, hayali olarak bir küre içinde hareket edebilir. Bu, matematiksel olarak kutupsal bir koordinat sistemidir. Üçüncü serbestlik derecesi, kol içine yerleştirilen ve onun içeri ve dışarı hareket etmesini sağlayan prizmatik bir mafsalla sağlanır. Kısmi kürenin yarıçapı, prizmatik mafsallın uzunluğuna bağlıdır.

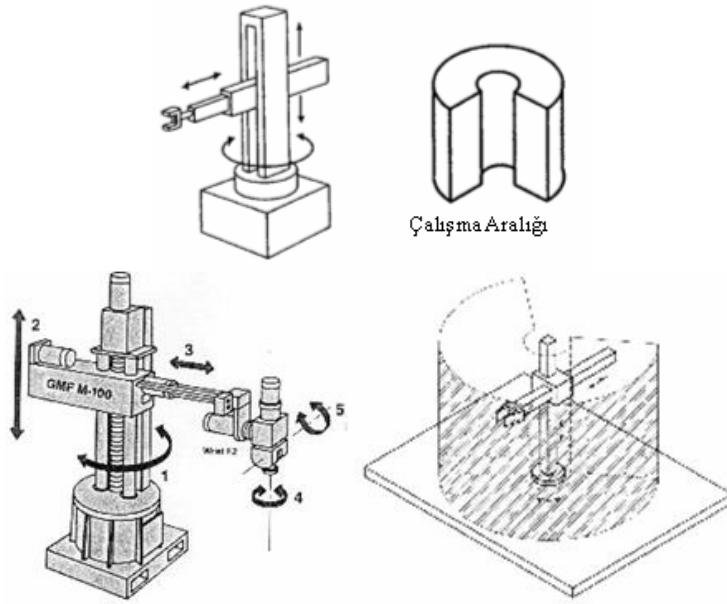


Şekil 1.4: Küresel robot

Kutup kordinatları boyunca sağlanan hareket, bir şeyi yakalamak isteyen robota büyük bir üstünlük sağlamaktadır. Yükselip alçalarak (çok küçük bir ölçüde de olsa) bilek hareketi yapabilmeyi başaracaktır. İnsanda, omuz kasları ile sağlanan hareketler ise robot kolunun yükselip alçılmasıyla sağlanacaktır. Daha sonraları düzenlemeler ise robotu, bir insanın eğilerek dirsek ve el hareketleriyle masadaki bir şeyi almasına benzer hareketler yapabilmesi durumuna getirecektir.

➤ **Silindirik robot**

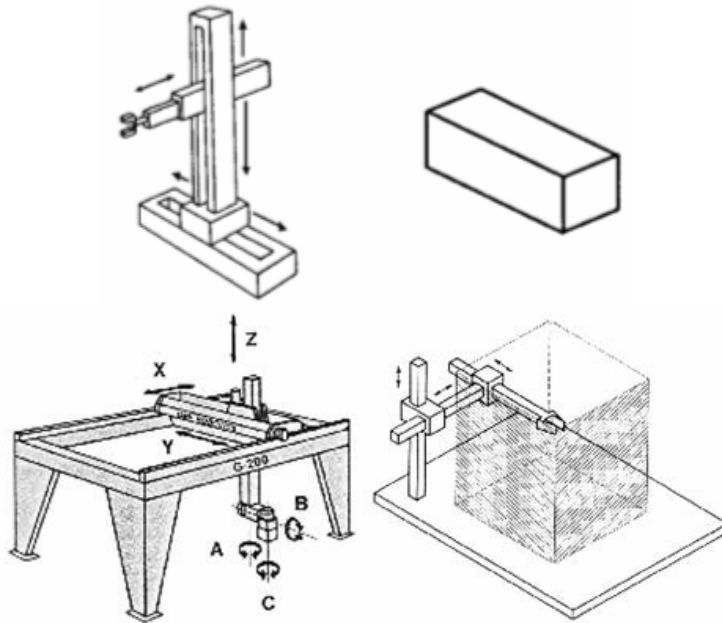
Bu robot, bir taban, bir yatay kol ve yatay kola yerleştirilen bir prizmatik mafsaldan oluşur. Tüm taban aşağı ve yukarı hareket edebilir. Yatay kol, dikey sütun etrafında uzayda kısmi bir silindiri hatırlatır şekilde döner. Bu matematiksel olarak silindirik bir koordinat sistemidir. Robota " silindirik " denmesinin sebebi budur. Yatay kola yerleştirilen prizmatik bağlantı, tabana paralel kalacak şekilde içeri ve dışarı kayabilir.



Şekil 1.5: Silindirik robot

➤ **Kartezyen robot, kayıcı tip**

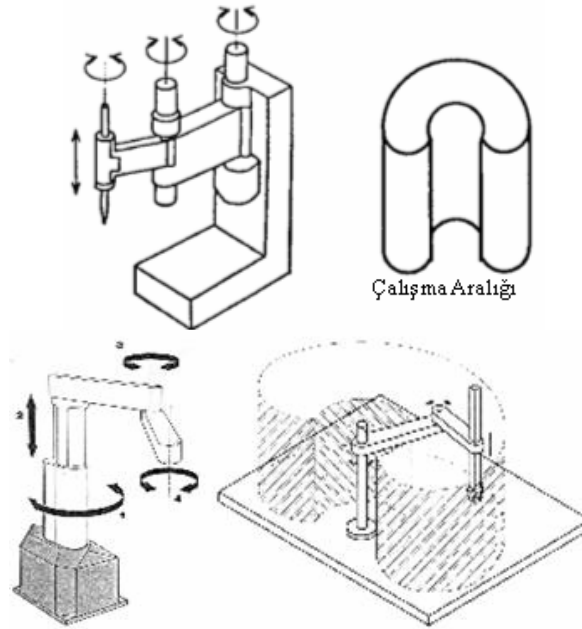
Çapraz hareket eden (yukarı / aşağı, sağ / sol, ileri / geri) üç dikey eksen vardır. Matematiksel olarak çalışma biçimi kartezyen koordinat sistemini andırdığı için bu tür robota " kartezyen robot" denir. İnsanın çalıştığı yerlere kolaylıkla uyum sağlayamadıkları için fazla tercih edilmez.



Şekil 1.6: Kartezyen robot

➤ SCARA tipi robot

Yeni bir robot şekli olan SCARA tipi robot (SCARA: Selective Compliance Assembly Robot Arm), yukarıda anlatılan robot tiplerinin birleşmesi ile elde edilmiştir. Örneğin döner ve silindirik robot birleştirilirse SCARA robot oluşur. Robotun döner mafsalları, yatay bir düzlemde hareket sağlayan dikey eksene sahiptir. SCARA tipi robotun, mekanik yapının ağırlığı, merkezkaç kuvvetlerinden dolayı, mekanik yapıyı zorlamayacakları için dikey ekseninde dönme hareketi yapması kolaydır. Bu avantaj yüksek hızlarda ve hassasiyet bakımından çok önemlidir.



Şekil 1.7: SCARA robot

1.4.2. Yol Kontrolüne Bağlı Sınıflandırma

Robot yol kontrolünün iki temel şekli vardır.

- Noktadan noktaya kontrol (Point - to - Point - PTP)
- Sürekli kontrol (Continuous Path= CP)

Noktadan noktaya kontrolde, robot önceden karar verildiği şekilde her bir noktada, bir sonraki noktaya plan yapmak için duracak şekilde programlanır. Hareketin nokta grupları arasında kontrol edilememesine rağmen robotun kinematik geometrisine bağlı olarak hareket, bir yol boyunca olur.

Sürekli kontrol altındaki robot, herhangi bir yolu doğru olarak izleyebilir. Noktadan noktaya kontrol edilen robot tekrar edilebilirlik ve doğruluk bakımından daha iyi hassasiyet sağlar. Sürekli kontrol, tarif edilen yörünge boyunca düzgün bir hareket şeklinde olur. Fakat

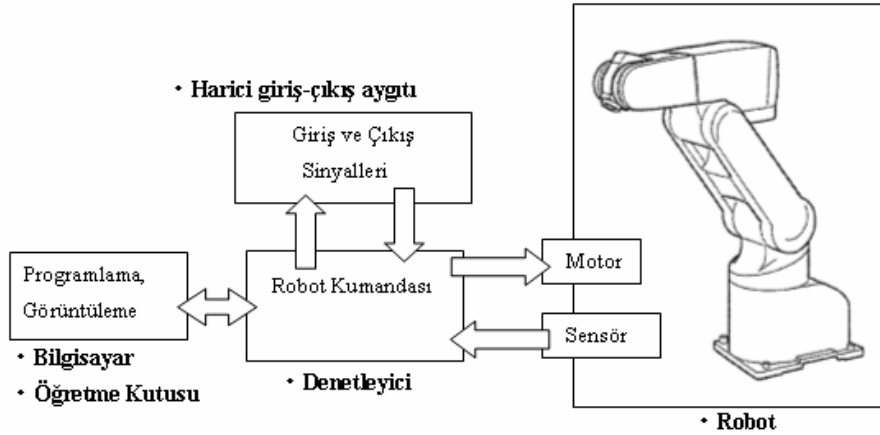
adım ölçülerinin hesaplanmasında hata olduğundan hızda % 15 - 25 oranında bir düşme olacaktır. Bu da ekonomik olmasını engellemektedir.

1.5. Robotun Sistem Organizasyonu ve Çalışması

Bir robotun hangi yapıya sahip olacağını, nasıl çalışacağını, çalışma hacmine nasıl bir robotun uygun olacağını anlamak; makina ve kontrol mühendisliğinden, analog ve dijital elektronikten, bilgisayar biliminden, imalat işlemleri ve idari bilimden çeşitli bilgileri gerektirir.

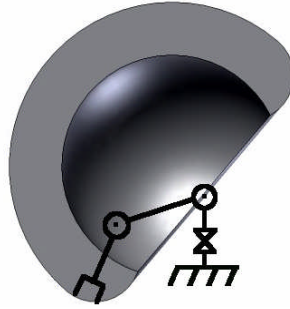
Örneğin çevre ile ilgili elde edilen bilgilere dayalı olarak yapılacak uygulamalara uygun bir işlem biçiminin saptanması, süreç içinde izlenecek yolların belirlenmesi ve planlanması endüstri mühendisliğinde yer alan bazı bilim dallarının alanına girmektedir.

1.6 Robotun Bölümleri



Şekil 1.8: Robotik sistem örneği

- **Mekanik yapı:** Ana gövdeyi ya da sütunu, mekanik kolları ve içine yerleştirilen aletleri kapsar. Mekanik yapı robot kolları için çoğunlukla beş ya da altı parçadan oluşur ve insandaki karşılığına benzer. İnsan kolundaki eklemler gibi, robot kolda da eklemler vardır. Bunlar, çoğunlukla beş ya da altı adettir. Koldaki parçalar iki eklem arasında yer alan metal yapılarıdır. Robotikte bunlar "bağlantı parçaları" olarak adlandırılır.



Şekil 1.9: Çalışma hacmi

Bağlantı parça sayısı ve elbette bununla birlikte eklem sayısı arttıkça kolun fiziksel boyutları ve eklem yapıları tarafından belirlenen, erişebileceği tüm noktalardan oluşan uzaydaki bir hacimde -ki buna “çalışma uzayı” denir- bulunan bir noktaya ulaşabilmesindeki esnekliği de artar. Bu esneklik yapının serbestlik derecesi ile orantılıdır. Serbestlik derecesine ileride tekrar değineceğiz.

Robot kolun bilekten sonraki bölümüne işin niteliğine göre bir alet (kaynak hıncı, boya tabancası) yerleştirilmektedir.

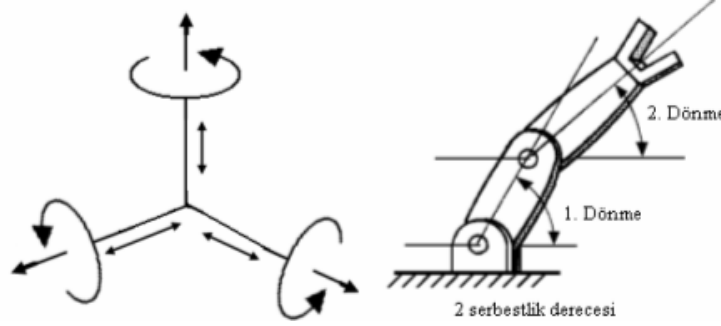
- **Kontrol sistemi** : Sayısal elektronik devreler topluluğundan oluşmaktadır.
- **Güç ünitesi** : Robot kolun eklem yerlerini oluşturan parçaların birbirine göre hareketini sağlayan donanımdır. Elektrikli, hidrolik ve pnömatik olabilmektedir.
- **Algılayıcılar** : Kolun yaptığı işin programlandığı üzere yapılıp yapılmadığını anlamak için kullanılır.

1.7. Robot Biliminde Kavram ve Tanımlamalar

- **Düz kinematik**: Sisteme etkileyen kuvvetleri hesaba katmaksızın doğrusal ve açısal hareketleri inceleyen bilim dalıdır. Kinematik bilimi içinde konum ve zamana bağlı ardışık türevleri olan hız ve ivme incelenir. Robot kinematikğinde manipülatörün verilen mafsal açılarına bağlı olarak uç koordinat sisteminin, referans koordinat sistemine göre konum ve durumunun (yöneliminin) hesaplanmasıdır.
- **Ters (inverse) kinematik**: Verilen konumlara göre mafsal değişkenlerin bulunmasıdır. Ters kinematik çözüm varlığı ya da yokluğu verilen bir manipülatörün çalışma uzayını tarif eder. Sonucun yokluğu, manipülatörün istenilen konum ve duruma erişemeyeceği anlamındadır.
- **Dinamik**: Harekete sebep olan kuvvetleri hesaba katar. Bir manipülatörün istenilen yolu takip için mafsallara verilmesi gereken momentler, dinamik denklem elde edilerek hesaplanır. Dinamik denkleminin ikinci kullanım yeri

simülasyon (benzeşim) dur. Dinamik denklem yeniden düzenlenerek, manipülâtörün, mafsâl momentlerinin uygulanması anında nasıl hareket edeceği bilgisayar ekranında görülür.

- **Yörünge kontrolü:** Bir manipülâtörün bir yerden bir yere, düzgün bir tarzda hareket etmesi için her bir mafsâlın zamana bağılı olarak hareket etmesi gerekir. Her bir mafsâl hareketinin nasıl hesap edileceği yörünge kontrolünün probleimidir.
- **Serbestlik derecesi (Degree of Freedom: DOF):** Bir nesnenin yapabileceği bağımsız hareketlerin sayısı serbestlik derecesi sayısıdır. Serbest bir cisim uzayda serbest olarak hareket ettiği zaman altı serbestlik derecesine sahiptir. Üçü “yer” diğeri üçü de “yönelim” içindir.



Şekil 1.10: Serbestlik derecesi

Bu iki tür bağımsız hareket;

- x,y,z, eksenleri boyunca doğrusal hareketleri temsil eden T1, T2 ve T3 taşımaları (ötelemeleri),
- x,y,z, eksenleri etrafında açısal hareketleri temsil eden R1, R2, ve R3 dönmeleridir.

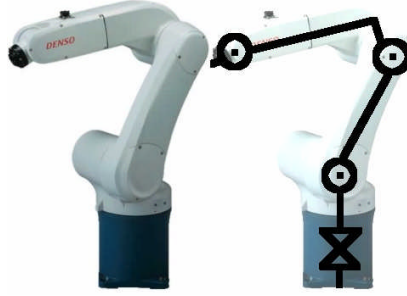
Üç orthogonal (dikey) taşımayı ve orthogonal eksenler etrafında üç dönmeyi kullanarak, bir cismin durumu, örneğin robotun çalışma hacmindeki yeri ve yönelimi tam olarak tarif edilebilir.

Koldaki eklem sayısı azaldıkça kolun çalışma uzayı, bağlantı parçalarının fiziksel boyutları aynı kalsa bile yine de hacim olarak küçülür ve kolun bu uzaydaki herhangi bir noktaya erişebilmesindeki esneklik de azalır.

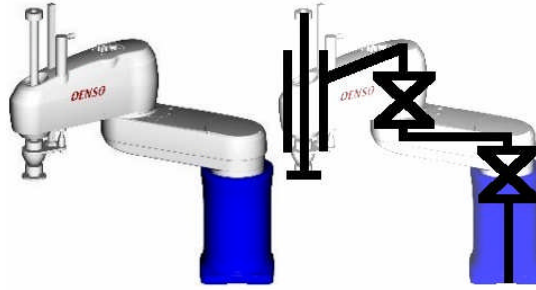
Bazı işlemler bu esnekliğin yüksek olmasını gerektirdiğinde kolun serbestlik derecesinin de yüksek seçilmesi zorunluluğu doğar. Böyle durumlarda altıdan da fazla, dokuz ya da on eklemli kol yapıları kullanılmaktadır. Serbestlik derecesini artırmak robot kol maliyetini artıracaktır. Yine de olağan yapıda insanın bel, omuz, dirsek, bilek ve

parmaklarındaki hareketlerin benzerlerini robot kolların eklemlerindeki hareketlerde bulmak olanaklıdır.

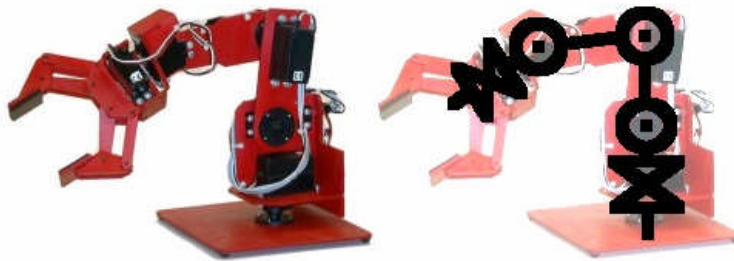
Ayrıca altından fazla mafsala sahip olan robotlarda randıman artsa bile koordinat dönüşümlerinin hesaplanmasında programlama zorluklarına yol açmaktadır.



Şekil 1.11: 4 DOF



Şekil 1.12: 3 DOF+1 öteleme



Şekil 1.13: 5 DOF

1.8. Robotların Olası Etkileri

Robotların gerçekliğe kavuşmasıyla birlikte toplumsal, bilimsel ve teknolojik bazı etkileri olacaktır. Bu etkilerin insan hayatını kolaylaştırmaya, iyileştirmeye yönelik olacağı kesin olmakla birlikte bazı olumsuz yanları da olacaktır. Özellikle robot kullanımının yaygınlık kazanmaya başladığı geçiş sürecinde bu olumsuzluklar daha bir belirginleşecektir. Ancak olumsuzluklar robot kullanımının yanlış bir seçim olduğu kanısına yol açmamalıdır. İnsan, kendisi için oluşabilecek olumsuzlukları zaten ortadan kaldıracaktır. O nedenle robot kullanımı, sonuçta kesin olarak insan yararınadır. Ancak robot çağının neler getireceğini, robot kullanımının insan yaşamının hangi uç noktalarına kadar girebileceğini bugünden kestirebilmek bilim dünyasında pek mümkün değildir.

Robot kullanımının gerçekliğe kavuşmasıyla birlikte ortaya çıkan tepkiler oldukça zıt tezler içermiştir. Kimileri bunların insan hayatını kolaylaştıran, iyileştiren araçlar olarak görmüştür. Kimileri ise robotları özellikle niteliksiz işçi kullanımında bir rekabet unsuru olarak değerlendirmiştir. Kimileri bunların üretkenliği arttıracak, yapılan işin kalitesini yükseltecek bir unsur olduğunu öne sürmektedir. Kimileri de ilk yatırımın yüksekliği nedeniyle mevcut endüstrinin böyle bir değişikliğe kalkışması hâlinde kaynakların yeni iş yerleri açılmasında kullanımına sekte vuracağına dikkat çekmiştir.

Bu genel eleştirilerin ve olumlu bulunan noktaların kendi toplumumuz, ekonomimiz, endüstrimiz ve bilim hayatımız açısından bizi ilgilendiren yanlarına değinmekte yarar bulunmaktadır.

Robotların geliştirilmesi, insanın günlük yaşamıyla ilgili bazı gelişmeleri de beraberinde getirmektedir. Bir mamulün hep aynı kalitede standardı tutturacak düzeyde yapılması endüstri için önemli bir sorundur. Endüstri, buna çare olarak birim ürün maliyetini de biraz düşürmek için yüksek kapasiteli olmayan katı otomasyon kullanan üretim hatları kurmak zorunda kalmaktadır. Bunun sonucu olarak iş gücü sayısı artmaktadır.

Endüstrinin önündeki seçenekler, yukarıdaki saptamadan anlaşılacağı gibi ya otomasyona gitmek ya da dünya pazarında rekabetten vazgeçmektir. Yurt içi pazarımızın darlığı, yurt dışı pazarlarımızın da henüz gelişmekte, genişletmekte olması katı otomasyon türü yüksek kapasiteli üretim hatları oluşturmayı gerçekçi kılamamaktadır. Endüstri orta boy üretim hatlarıyla da rekabet şansına sahip olamadığından, sorun aslında çözümsüz bir sorun gibi görünmektedir.

Robotlar, yeniden ve kolayca başka bir iş yapmak üzere programlanabilme yeteneğinin getirdiği esneklikle aynı zamanda yüksek verimliliği ve kalitesiyle katı otomasyona karşı bir seçenek olarak görülmektedir. Üstelik, katı otomasyon kadar da ilk yatırım gerektirmektedir.

Robot kullanımı işsizliği körükleyen, onu artıran bir olgu olarak da ele alınmalıdır. Bugün işsizlik, salt niteliksiz iş gücünün önündeki bir sorun değildir. Nitelikli iş gücü için de bir ölçü geçerlidir. Robot kullanımı, bunların programlanması, tümüyle insana dayalıdır ve üstelik zaman alıcıdır. Programlama ihtiyacı nedeniyle robotlar yeni iş alanları açacak bugün öngörülmeven daha başka iş alanları da yaratacaktır.

Robot kullanımı salt endüstriye de has olmayacaktır. Ev işlerinde, tıpta, sakat insanlara yardım eden bir araç olarak da kullanılacaktır. İnsan elinin erişemeyeceği düzeyde hassasiyet isteyen ince işlerde, söz gelimi bazı cerrahi işlemlerde, robotlar daha şimdiden yer almaya başladı. Körler için yol gösterici, yerinden kıımılayamayan hastalar için uzaktan denetlenebilir bir yardımcı olarak geliştirilme aşamasındaki robotlar da mevcuttur.

Geliştirilen bazı robot türleri, insan için elverişsiz ortamlarda iş gören araçlardır. Deniz altı araştırmalarında zehirli gaz ortamında ve radyoaktif çevrede çalışanlar bu kapsamdadır. Çeşitli kurtarma işlemlerinde kullanılmak üzere de bazı robotlar geliştirilmiş bulunmaktadır. Söz gelimi, yanan bir binada yapılacak işlemleri üstlenecek robotlar bunlara örnektir.

Bunlar, robotların insanın yaşamının geliştirilmesi, değerli kılınması gibi alanlardaki hoş katkılarıdır.

Robotların geliştirilmesi, bilim yaşamına da katkılar sağlamıştır. "Yapay zeka", "görüntü tanıma" gibi bilim dalları robotların katkıda bulunduğu alanlardan ikisidir.

Özetle robotlar, çeşitli bilim dalları için zengin uygulama olanağı sunmaktadır. Robotik, "bilgisayar destekli tasarım" (CAD), "bilgisayar destekli üretim" (CAM) ve "bilgisayar destekli mühendislik" (CAE) teknolojilerinin gelişmesine katkıda bulunmaktadır.

1.9. Robot Kinematığı

Kinematik cisimlerin hareketini kuvvetlerin etkisini göz ardı ederek inceler. Robot kinematığınde her bir uzvun hareketi uzvun kendi ağırlığı dikkate alınmaksızın hesaplanır.

1.9.1. Robot Koordinatları

➤ Dünya koordinat sistemi

Bu koordinat sisteminde orijin noktası zemin yüzeyindedir. Robotun konumuna bakmaksızın kullanıcı, orijin noktasını istediğı yere tesbit edebilir. Kural olarak X-Y düzlemi yatay düzlem, Z ekseni dikey eksendir (+Z yönü yer çekiminin tersi yönündedir.).

➤ Temel koordinat sistemi

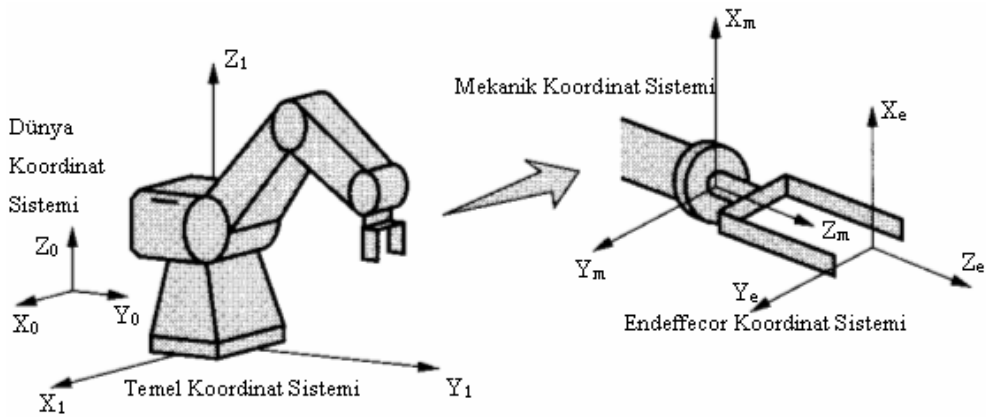
Bu koordinat sisteminde orijin noktası robotun konulduğu zemine yerleştirilir. Her robot kendine özgü bir koordinat sistemine sahiptir.

➤ Mekanik ara birim koordinat sistemi

Mekanik ara biriminin yüzeyine orijin noktasının tesbit edildiğı koordinat sistemidir. Mekanik ara birim, uç eleman (endeffectore) takılan aygıttır.

➤ Endeffectore (uç elemanı) koordinat sistemi

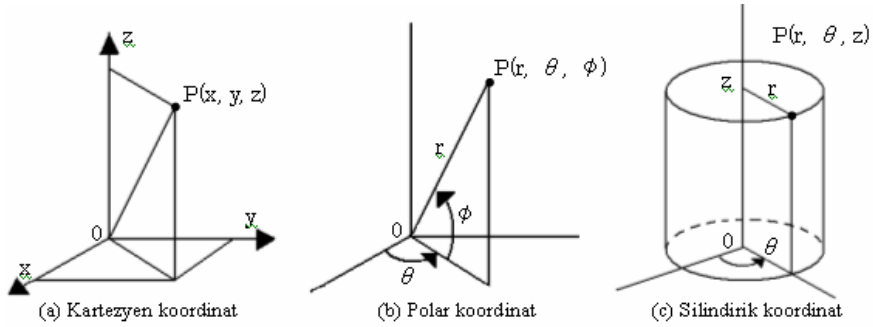
Endeffectore'un uç kısmına orijin noktası yerleştirilir.



Şekil 1.14: Robot koordinat sistemi

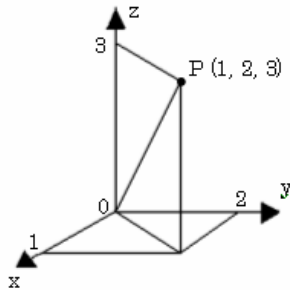
1.9.2. Koordinat Sisteminin İfade Edilişi

Koordinat sistemi, dikdörtgen, silindirik ve kutupsal koordinatlara göre ayrı ayrı ifade edilir.



Şekil 1.15: Koordinat tanımları

Örnek 1: Dikdörtgen koordinatında ifade edilen P(1, 2, 3) noktalarının polar koordinatındaki karşılığını bulunuz.



$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \sqrt{1^2 + 2^2 + 3^2} = \sqrt{14}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x} = \tan^{-1} \frac{2}{1} = 63.4^\circ$$

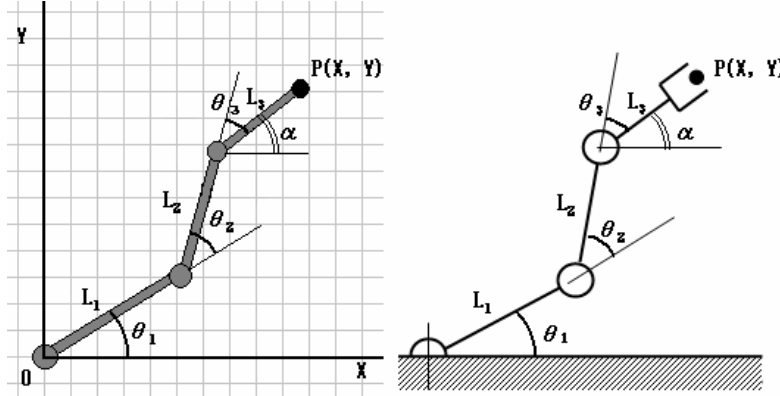
$$\phi = \tan^{-1} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \tan^{-1} \frac{3}{\sqrt{5}} = 53.3^\circ$$

Cevap: P ($\sqrt{14}$, 63.4° , 53.3°)

1.9.3. Düz Kinematik

Robot kolunun P noktasının aşağıdaki ifadeler kullanılarak her bir mafsals açısı hesap edilir.

(α manipülör açısı, L_1 , L_2 ve L_3 kol uzunluğu. θ_1 , θ_2 ve θ_3 mafsals açısıdır.

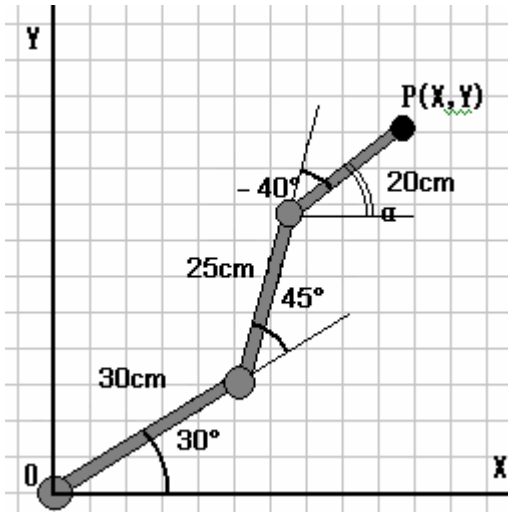


Şekil 1.16: Ters Kinematik

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) + L_3 \cos \alpha \\ L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) + L_3 \sin \alpha \end{bmatrix}$$

$$\alpha = (\theta_1 + \theta_2) - \theta_3$$

Örnek 2: P noktasının X-Y koordinatını ve α açısını hesaplayınız.



Şekil 1.17: Problem Analizi

$$\alpha = 30^\circ + 45^\circ + (-40^\circ) = 35^\circ$$

$$x = 30 \times \cos 30^\circ + 25 \times \cos(30^\circ + 45^\circ) + 20 \times \cos(35^\circ) = 48.83$$

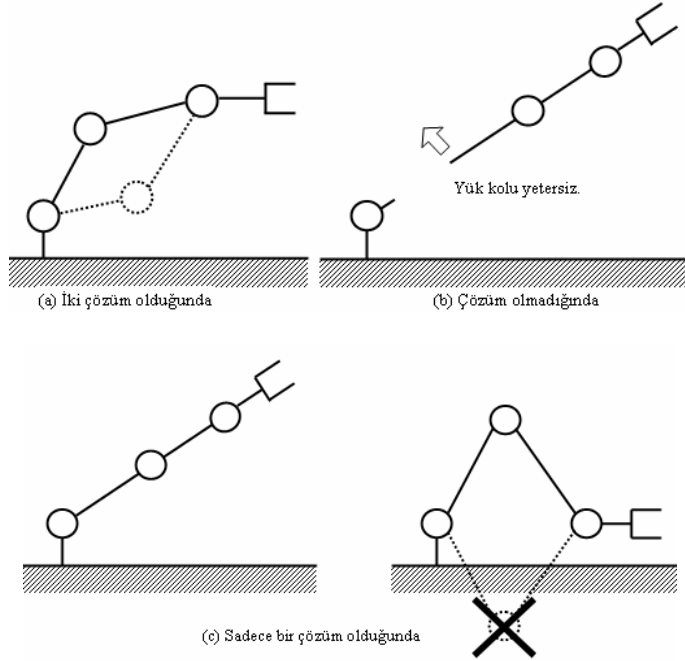
$$y = 30 \times \sin 30^\circ + 25 \times \sin(30^\circ + 45^\circ) + 20 \times \sin 35^\circ = 50.61$$

$$P(x, y) = P(48.83, 50.61)$$

1.9.4 Ters Kinematik

Robot elinin koordinatlarından mafsal açılarını araştıran hesaba da ters kinematik denir.

Düz kinematik hesapta yalnız bir çözüm var iken ters kinematikte iki ya da daha fazla olabilir. Ters kinematikte hiç bir çözüm de olmayabilir.



Şekil 1.18: Ters kinematik

Manipülator α açı değerli $P(X, Y)$ noktasında bulunduğunda θ_1 , θ_2 ve θ_3 açılarını hesaplar.

L_1, L_2 ve L_3 kol uzunluğu, P noktası robot kolunun koordinatıdır.

$$2 \times L_1 \times L_2 \times \cos \beta_2 = L_1^2 + L_2^2 - (x^2 + y^2)$$

$$\cos \beta_2 = \frac{L_1^2 + L_2^2 - (x^2 + y^2)}{2 \times L_1 \times L_2}$$

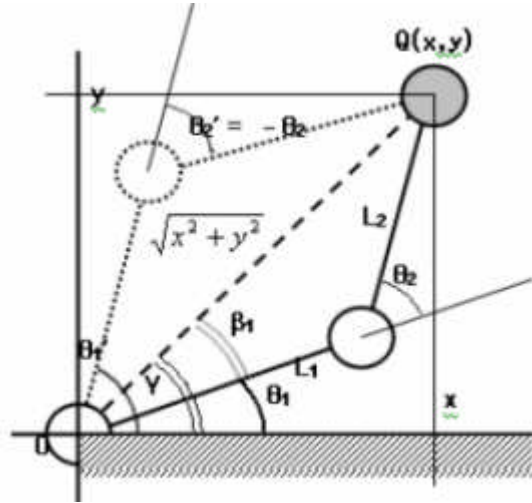
$$\beta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{L_1^2 + L_2^2 - (x^2 + y^2)}{2 \times L_1 \times L_2} \right)$$

bulunur.

Buna göre;

$$\theta_2 = 180^\circ - \beta_2 \text{ ve } \theta_2' = -\theta_2$$

bulunur. Şimdi θ_1 ve θ_3 açılarını tesbit edelim.



Şekil 1.20: Ters Kinematik

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

β_1 kosinüs teoreminden bulunur.

$$L_2^2 = L_1^2 + (\sqrt{x^2 + y^2})^2 - 2 \times L_1 \times (\sqrt{x^2 + y^2}) \times \cos \beta_1$$

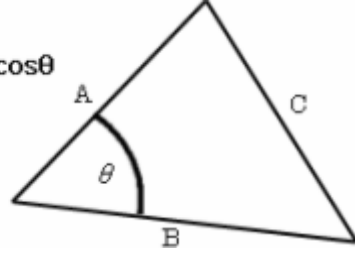
$$\cos \beta_1 = \frac{(x^2 + y^2) + L_1^2 - L_2^2}{2 \times L_1 \times \sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$\theta_1 = \gamma - \beta_1 \text{ ve } \theta_1' = \gamma + \beta_1$$

$$\theta_3 = \alpha - \theta_1 - \theta_2 \text{ ve } \theta_3' = \alpha - \theta_1' - \theta_2'$$

Hatırlatma (Kosinüs teoremi):

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2 \times A \times B \times \cos\theta$$



EK-1: İnsan Kolumun Özellikleri

Kemikler ve kasların birbiriyle bütünlük içinde hareket edebilmeleri için bütün eklemlerin belli bir açıya kadar hareket kabiliyeti vardır. Günlük hayattaki işler, eklemlerin müsaade nispetinde yürütülmektedir. İnsan ceketini giyerken kolunu 40° kadar omuzundan geriye götürebilir. Kollar daldan meyve koparırken 180° yukarı kaldırılırken omuzdan başımıza doğru yine 180° açıyla döndürülebilir.

İnsan dirseği geriye doğru 10° den fazla gitmez. Bunun sebebi, dirsek kemiklerinin özel yapısı ve dirsek eklemlerinin iç ve dışındaki özel iki adet bağdır. El ve omuzun kuvvet uygulamalarında, dirsekte görülen kilitlenme hareketi, bu eklemin geriye doğru kısıtlanması ile mümkündür.

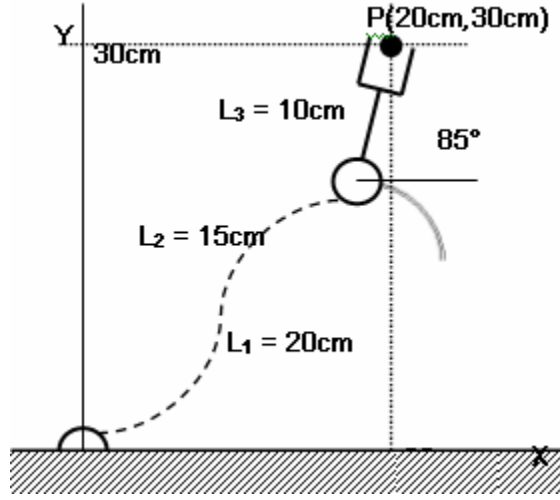
Bir cisim kavrandığında parmakların birinci boğumu 80° , ikinci boğumu 90° , üçüncü boğumu 45° bükme hareketi yapabilir. Tutulan cisim bırakıldığında ise tüm parmaklar 180° ileriye gider.

Bağdaş kurarak oturduğumuzda kalça, azami 50° dışarı döner. Diz kırarak oturduğumuzda 40° den fazla içe dönme engellenir.

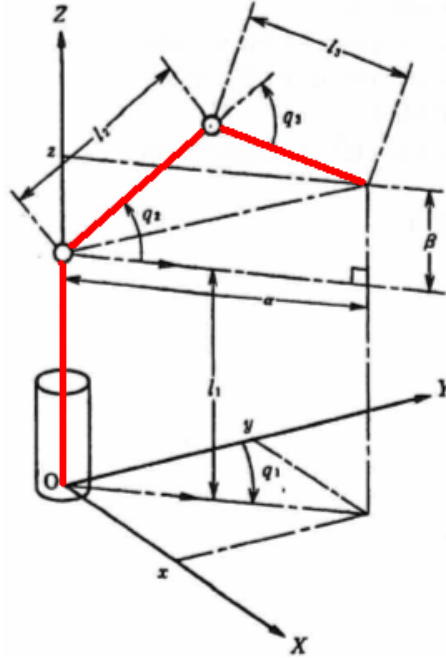
Frene basarken ya da frenden ayağımızı çekerken bilek aşağı doğru 50° , geriye doğru 30° den fazla gitmez. Top oynarken bilekte, 30° nin üzerindeki dönmeler kısıtlanmıştır.

UYGULAMA FAALİYETİ

1: Robotun üç mafsalına ait θ_1 , θ_2 ve θ_3 açılarını hesaplayınız.



1: 3 Serbestlik dereceli robotun üç mafsalına ait q_1 , q_2 ve q_3 açılarını hesaplayalım.



1. Adım: Robotun düz kinematik denklemleri:

$$x = \{l_2 \cos q_2 + l_3 \cos (q_2 + q_3)\} \sin q_1 \quad (1)$$

$$y = \{l_2 \cos q_2 + l_3 \cos (q_2 + q_3)\} \cos q_1 \quad (2)$$

$$z = l_2 \sin q_2 + l_3 \sin (q_2 + q_3) + l_1 \quad (3)$$

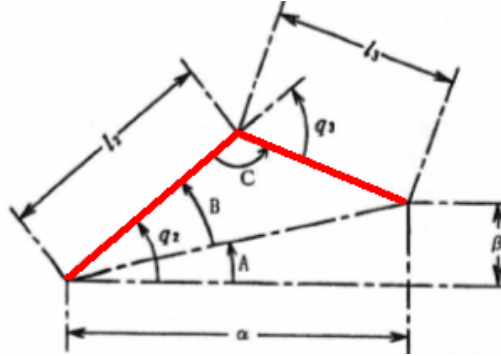
2. Adım: Ters kinematik denklemlerini yazabilmek için (1), (2) ve (3) denklemlerini q_1 , q_2 ve q_3 cinsinden yazmak gerekir.

(1) ve (2) denklemlerinden

$$\tan q_1 = \frac{\sin q_1}{\cos q_1} = \frac{x}{y}$$
$$q_1 = \tan^{-1}\left(\frac{x}{y}\right) \quad (4)$$

elde edilir.

3. Adım: q_2 ve q_3 açlarına geçmeden önce robotun 2. ve 3. uzuvlarına yakından bakalım.



α ve β boyutları:

$$\alpha = \frac{x}{\sin q_1}$$

$$\beta = z - l_1$$

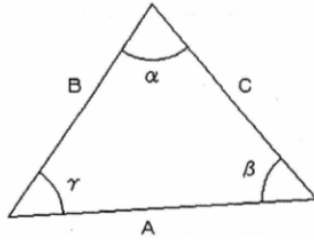
Şimdi q_2 değerini bulalım. Yukarıdaki şekilden q_2 , $A + B$ şeklinde yazılabilir. Buradan

$$\tan A = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$A = \tan^{-1}\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$$

bulunur.

Kosinüs teoreminini bir kere daha hatırlayalım.



$$\begin{aligned} A^2 &= B^2 + C^2 - 2BC \cos \alpha \\ B^2 &= A^2 + C^2 - 2AC \cos \beta \\ C^2 &= A^2 + B^2 - 2AB \cos \gamma \end{aligned}$$

Bu teoremden

$$\begin{aligned} l_3^2 &= l_2^2 + \left(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\right)^2 - 2l_2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \cos B \\ 2l_2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \cos B &= l_2^2 + \left(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\right)^2 - l_3^2 \\ \cos B &= \frac{l_2^2 + \alpha^2 + \beta^2 - l_3^2}{2l_2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} \end{aligned}$$

$$B = \cos^{-1} \frac{l_2^2 + \alpha^2 + \beta^2 - l_3^2}{2l_2\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}$$

hesaplanır.

Yukarıdaki bazı ifadeleri tek bir terim altında toplayalım.

$$D = \frac{1}{2l_2} (l_2^2 + \alpha^2 + \beta^2 - l_3^2)$$

dersek

$$B = \cos^{-1} \left(\frac{D}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} \right)$$

yazılabilir.

q_2 yi şimdi yazalım.

$$\begin{aligned} q_2 &= A + B \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) + \cos^{-1}\left(\frac{D}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

4. Adım: q_3 , C'nin dış açısı olduğundan kosinüs teoremini tekrar uygulayalım.

$$\left(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\right)^2 = l_3^2 + l_2^2 - 2l_2l_3 \cos C$$

$$2l_2l_3 \cos C = l_3^2 + l_2^2 - \left(\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}\right)^2$$

$$\cos C = \frac{l_2^2 + l_3^2 - \alpha^2 - \beta^2}{2l_2l_3}$$

$$C = \cos^{-1}\left(\frac{l_2^2 + l_3^2 - \alpha^2 - \beta^2}{2l_2l_3}\right)$$

q_3 , 3. uzvun 2. uzuv ile yaptığı açı ve yukarıdaki şekle göre saatin yönü pozitif olduğundan yeniden yazılmalıdır.

$$\begin{aligned} q_3 &= -(\pi - C) \\ &= C - \pi \\ &= \cos^{-1}\left(\frac{l_2^2 + l_3^2 - \alpha^2 - \beta^2}{2l_2l_3}\right) - \pi \end{aligned} \quad (6)$$

5. Adım: x, y ve z değerlerini örnek değerler vererek açı değerlerini elde ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Makinanın ilk defa yoğun olarak kullanılmaya başlandığı döneme ne ad verilir?

- A)Rönesans
C)Reform
- B)Aydınlanma Çağı
D)Sanayi Devrimi

2. Robot kelimesi, ilk defa kimin eserinde geçmiştir?

- A)Karel Çapek
C) Ömer Hayyam
- B)Langrange
D)Dante

3. “Otomobil imalatında ham maddelerin, herhangi bir insan eli işe karışmaksızın, makine operatörleri tarafından işlenmesi”, aşağıdakilerden hangisinin tanımıdır?

- A)Mekatronik
C)Otomasyon
- B)Proses kontrolü
D)Otomatik kontrol

4. Bir ya da birden fazla işlemi bir sistem içinde mekanik hareketlere dönüştüren geri beslemeli sisteme ne ad verilir?

- A)Servomekanizma
C)Robot
- B)Servo sürücü
D)Otomasyon

5. Bir nesnenin yapabileceği bağımsız hareketlerin sayısına ne ad verilir?

- A)Düz kinematik
C)Dinamik
- B)Ters kinematik
D)Serbestlik derecesi

6. Aşağıdakilerden hangisi, manipülatörün verilen mafsal açılarına bağlı olarak uç koordinat sisteminin, referans koordinat sistemine göre konum ve yöneliminin hesaplanmasının tanımıdır?

- A)Dinamik
C)Ters kinematik
- B)Serbestlik derecesi
D)Düz kinematik

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Robot kollarını güvenlik kurallarına uygun olarak kullanabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sanayi robotların kullanım yerlerini araştırınız.

2. ROBOTLARIN PROGRAMLANMASI

Sanayi tipi robotlar modern fabrika otomasyon sistemi içinde pek çok yerde kullanılmaktadır.

Bir robotun çalışması iş parçası koordinatlarının kendisine öğretilmesi ile başlar. Denetim programı bu temel üzerine şekillenir.

Bu yöntem birçok robot için aynıdır.

2.1. Tatbikatta Dikkat Edilecek Hususlar

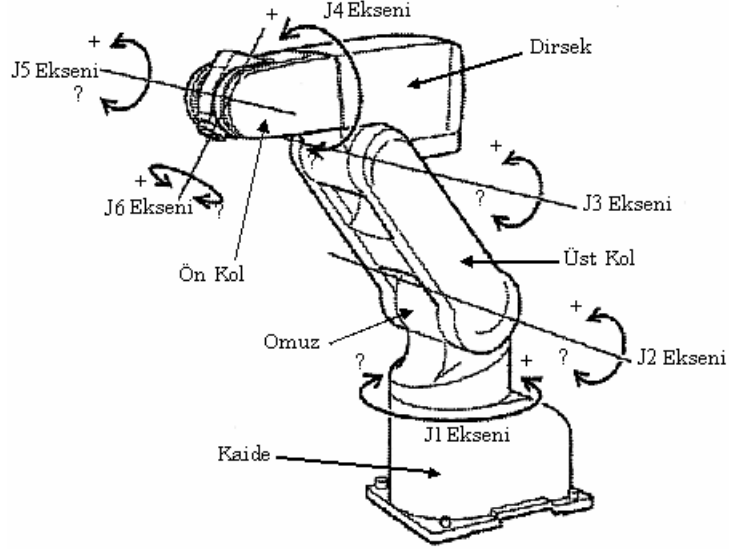
Robot ile çalışma anında aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi muhtemel kazaları önlemek için önemlidir.

- Acil durdurma düğmesinin her an elinizin altında olduğunu biliniz.
- Gereksiz şeyler, robotun çalışma aralığından uzak tutulmalıdır.

2.2. Robot Kumandası

Uygulamalarda kullanacağımız RV-2A robotu aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

2.2.1. Robot



Şekil 2.1: Robotun elemanları

Bu robot altı mafsala sahiptir ve serbestçe kumanda edilebilir. FA sisteminde böyle bir robot parçaları bir yerden bir yere nakil, birleştirme, kaynak vb. işlerde kullanılabilir.

2.2.2. Denetleyici



Resim 2.1: Denetleyici (ön yüz)

Bu denetleyici robot ve diğer aygıtlara talimat gönderen sistemin beynidir.

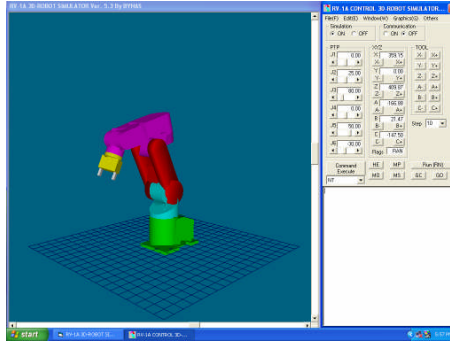
2.2.3. Öğretme Kutusu (Ö /K)



Resim 2.2: Ö/K'nin ön yüzü (solda) /arka yüzü (sağda)

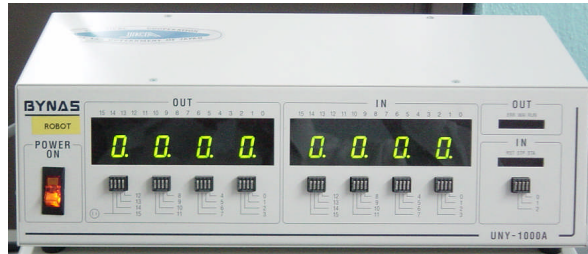
Bu aygıt, robotu denetleyici aracılığıyla çalıştırır. Ayrıca robota koordinatları öğretme, programda düzeltme ve küçük çaplı program yapmaktadır.

2.2.4. Üç Boyutlu Robot Benzetim Programı (3D-simülasyon)



Resim 2.3: 3D-robot simülasyon program

2.2.5. Haricî Giriş/Çıkış (IO) Aygıtı



Resim 2.4: Haricî giriş / çıkış aygıtı

Bu “haricî giriş / çıkış aygıtı”, dışsal çıkış aygıtlarına denetim sinyalleri gönderir ve haricî giriş aygıtlarından sinyaller alır.

2.2.6. Renk Sensörü



Resim 2.5: Renk sensörü

Bu renk sensörü yansıtma tipli üç sensöre sahiptir. Renkleri birbirinden ayırır ve iş parçasının varlığını murakabe eder.

2.2.7. Yardımcı Parçalar

➤ Renkli iş parçası

Mavi, siyah ve sarı renkli olan bu iş parçaları, robot hareketlerini öğrenmek için kullanılır.



Resim 2.6: Renkli iş parçaları

➤ Palet

Paletler iş parçalarının yuvalarıdır. İş parçalarının değişik sırada yerleştirilmeleri için dokuz yuvası vardır.

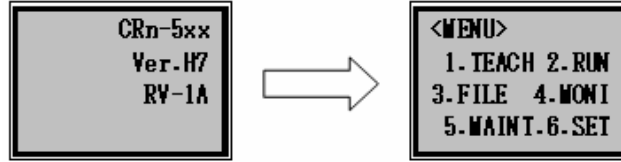


Resim 2.7: Palet

2.3. Ö/K ile Çalışma

2.3.1. Hazırlık

- “Emergency stop” düğmesinin basılı olmadığından emin olunuz (denetleyici ve Ö/K).
- “REMOVE T/B” düğmesinin basılı olmadığını teyit ediniz (denetleyici).
- Denetleyicinin “MODE” seçme düğmesini “TEACH” moduna getiriniz.
- Ö/K’nin “DISABLE / ENABLE” seçme düğmesinin “ENABLE” olmasını sağlayınız.
- Denetleyicinin “POWER” düğmesini çeviriniz.
- **MENU/#%** Tuşuna basınız. Ö/K’nin ekranı Resim 2.8’deki gibi olacaktır.



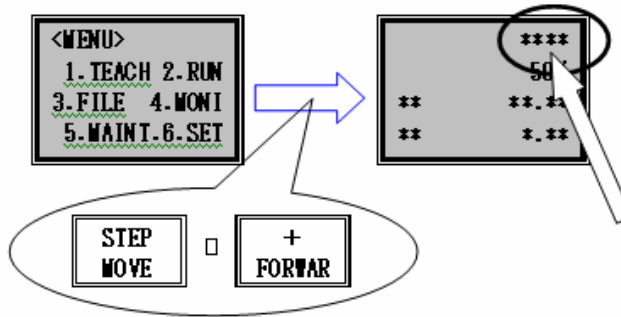
Resim 2.8: Ö/K'nin ekranı

2.3.2. Alarm Çaldığında

Yukarıdaki adımları attıktan sonra denetleyicinin “RESET” düğmesine basınız.

2.3.3. İşlem Hızının Tespiti

- Hızlanma



Resim 2.9: Ö/K'nin hızı

- İşlem hızı

STEP/MOVE düğmesini basılı tutarken **+ /FORWARD** düğmesine basınız.

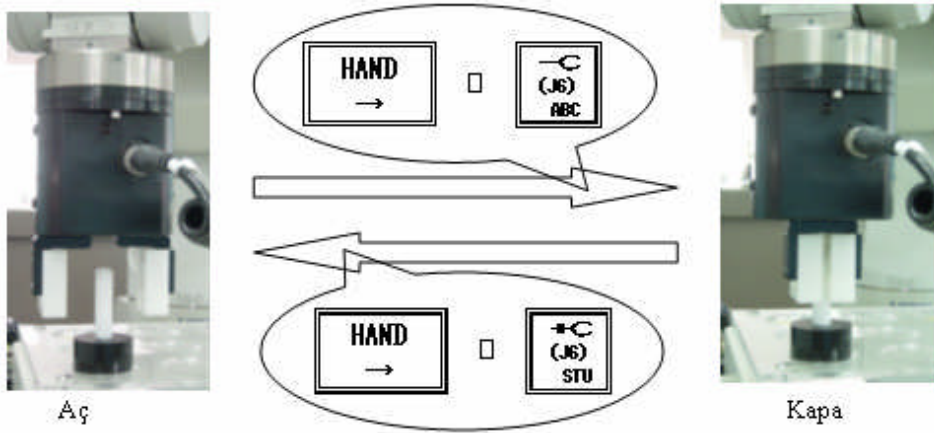
low → high → 3% → 5% → 10% → 30% → 50% → 70% → 100%
(Asgari hız) (Azami hız)

➤ Yavaşlama

STEP/MOVE düğmesini basılı tutarken **/BACKWD** düğmesine basınız.
100% → 70% → 50% → 30% → 10% → 5% → 3% → high → low
(Azami hız) (Asgari hız)

2.4. Robot Elinin Açılıp Kapatılması

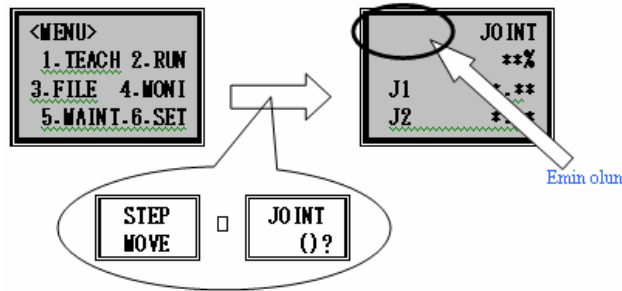
HAND/→ düğmesini basılı tutarken **+C(J6)/STU** düğmesine basınız. Robot eli açılacaktır. **HAND/→** düğmesini basılı tutarken **-C(J6)/ABC** düğmesine basınız. Robot eli kapanır.



Resim 2.10: Robot elinin açılıp kapanması

2.5. Eklem Yerlerinin Çalışması

Bu modda robotun altı eklem yerleri (mafsalları), birbirinden bağımsız olarak sırayla hareket edebilir.



Resim 2.11: Ö/K ekranı

STEP/MOVE düğmesini basılı tutarken **JOINT/()?** düğmesine basınız. **STEP/MOVE** serbest bırakıldığında Ö/K ekranı menüye dönecektir. Ö/K'nin arkasında bulunan düğme (Dead man switch) basılı tutulurken **STEP/MOVE**'e basılırsa robot üzerindeki servo

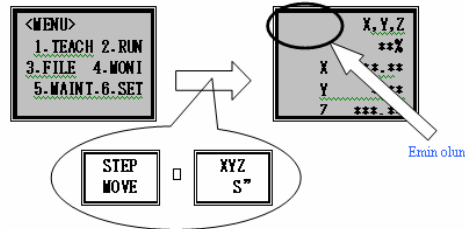
motorlar dönmeye başlar. $\boxed{-X(J1)/PQR}$ 'e basılırsa J1 eksenı “-X” yönünde (saat yönü) hareket edecektir. Aynı şey diğer eksenler için de söylenebilir.

Ö/K'nin arkasındaki düğme + STEP/MOVE		J1 “+” yönünde hareket eder.
		J1 “-” yönünde hareket eder.
		J2 “+” yönünde hareket eder.
		J2 “-” yönünde hareket eder.
		J3 “+” yönünde hareket eder.
		J3 “-” yönünde hareket eder.
		J4 “+” yönünde hareket eder.
		J4 “-” yönünde hareket eder.
		J5 “+” yönünde hareket eder.
		J5 “-” yönünde hareket eder.
		J6 “+” yönünde hareket eder.
		J6 “-” yönünde hareket eder.

Tablo 2.1: Her bir düğmenin rolü

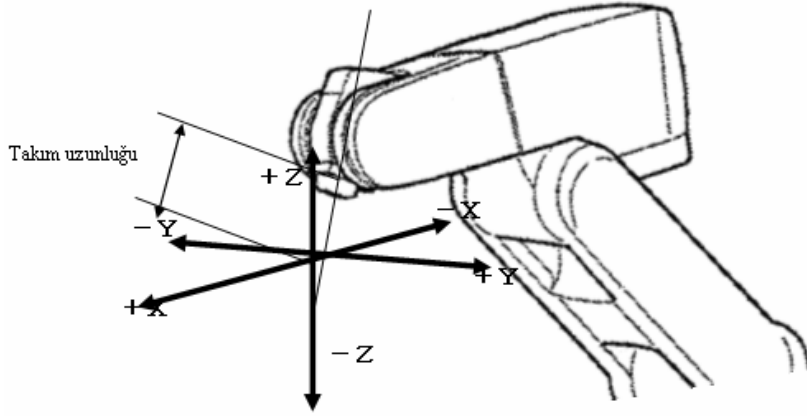
2.6. Koordinat Hareketleri

Bu modda robotu, el bileğinin XYZ yönünde hareket ettirmek mümkündür.



Resim 2.12: Ö/K ekranı

STEP/MOVE basılı iken **XYZ/\$**'e basınız. Koordinat moduna geçilir. Ö/K'nin arkasındaki düğme basılıyken **STEP/MOVE** düğmesine basılınca robot servo motorları döner. Eğer **+X(J1)/PQR**'e basılırsa robot kolu "X" ekseninin "+" yönünde döner. Diğer yönler için işlem basamakları buna benzer.



Resim 2.13: Robotun kartezyen koordinatları

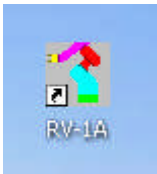
Deneyim: 1

Palet üzerindeki renkli iş parçasından birisini robot eli ile tutalım.

2.7. Üç Boyutlu Robot Simülasyon Programı

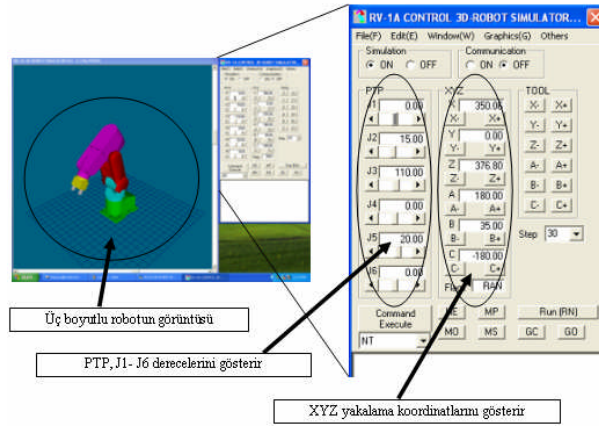
Bu bölümde robot simülasyon programının kullanımı ile ilgili bilgiler verilecektir.

2.7.1. 3D-Simülasyonu Başlatma



Bilgisayarın masaüstünde bulunan "RV-1A" ikonu tıklanır.

Program sürümüne bağlı olarak bu ikon, "RV-2A" ya da "RV-3A" olabilir.



Resim 2.14: 3D-simülasyon programı

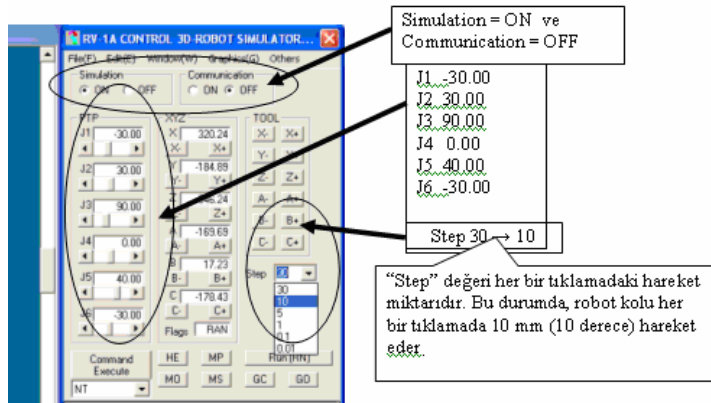
2.7.2. Programın Sonlandırılması



Resim 2.15: 3D-simülasyon programının üst kısmının görünüşü

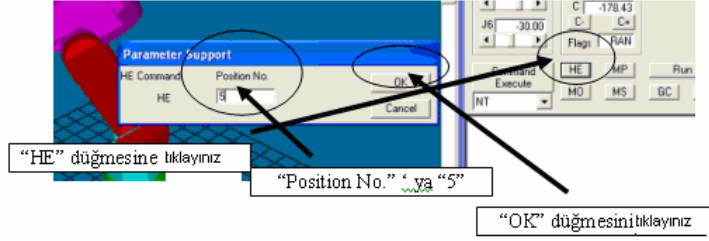
2.7.3. Konumun Öğretilmesi

3D-simülasyon programı çalıştırınız ve "PTP" ve "Step" parametrelerini değiştiriniz.



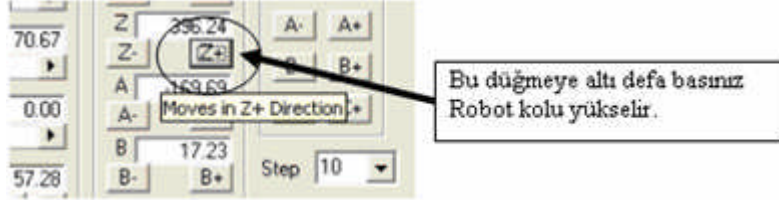
Resim 2.16: Her bir parametrelerin ayarı

Robotun bu konumunu “Konum No:5” olarak ayarlayınız.



Resim 2.17: Konum ayarının metodu

“Z+” düğmesine altı defa basınız.



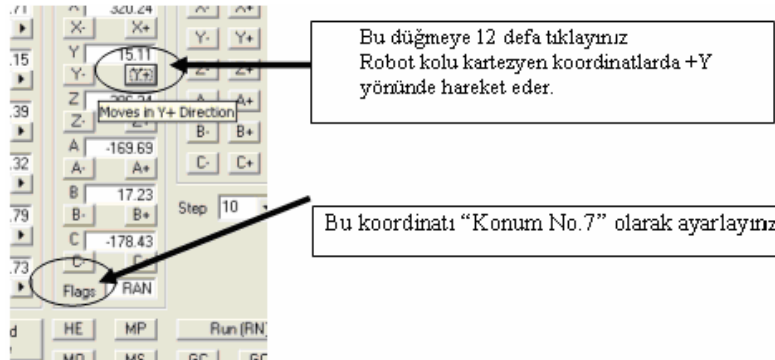
Resim 2.18: Eksen hareketi

Robotun bu koordinatını “Konum No: 6” (Position No.6) olarak ayarlayınız.



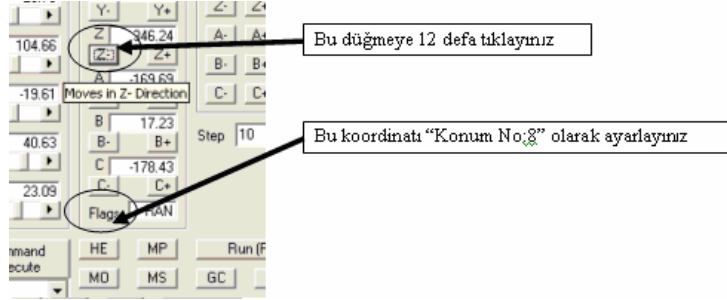
Şekil 2.19: Konum numarasının girilmesi

“Y+” düğmesine 12 defa tıklayınız. Bunu da “Konum No.7” olarak kaydediniz.



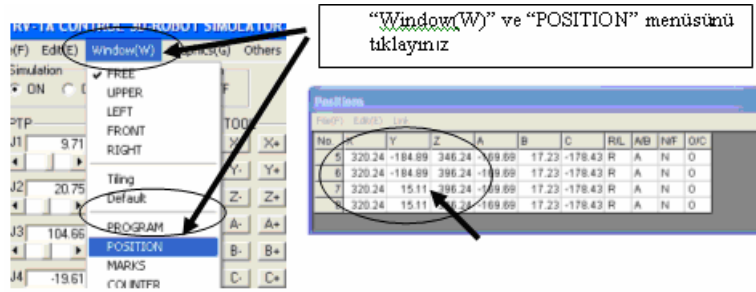
Resim 2.20: Konum numarasının girilmesi

“Z-“ düğmesine 6 defa basınız ve bu koordinatı da “Konum No:8” olarak atayınız.



Resim 2.21: Konum numarasının girilmesi

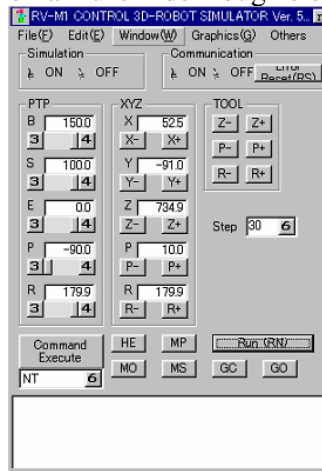
Dört konumu denetleyiniz.



Resim 2.22: Konumun doğrulanması

2.8. Simülör Ekranı

Robot simülör programı ekranı üzerindeki düğmelerin görevlerini söyleyelim.



Resim 2.23: Simülör ekranı

Programın bölümleri:

➤ Menüler

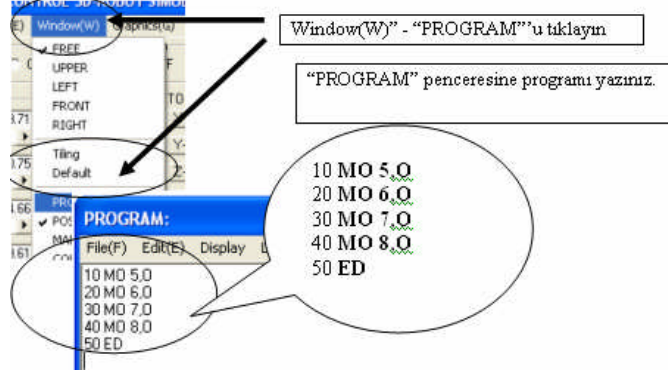
- File : Bu menü içinde sadece çıkış seçeneği bulunur.
- Edit : Standart windows edit menüsü
- Window : Bu bölümden seçenekler ile istenilen pencere açılabilir.
 - FREE : 3 boyutlu simülasyon görüntüsü
 - UPPER: Üstten görüntü
 - LEFT: Sol görüntü
 - FRONT: Ön görüntü
 - RIGHT: Sağdan görüntü
 - TILING: Görüntüleri yan yana eşit büyüklükte sıralar.
 - DEFAULT: Pencerelemin özgün sıralanması
 - PROGRAM: Program penceresinin açılmasını sağlar.
 - POSITION: Pozisyon penceresinin açılmasını sağlar.
 - MARK: Mark penceresinin açılmasını sağlar.
 - COUNTER: Counter penceresinin açılmasını sağlar.
 - EXTERNAL İNPUT: Dışarıdan giriş yapılacaksa simülasyon olarak bu girişin yapılmasını sağlar. Bu girişler hexadecimal olarak ifade edilir.
 - EXTERNAL OUTPUT: Eğer dışarıya çıkış yapılacaksa bunun ifade edildiği pencerenin açılmasını sağlar.
- Graphics menüsü: Simülasyonun görüntü kısmı ile ilgili seçeneklerin bulunduğu menüdür.
- Other : Diğer menü seçeneklerinin olduğu menüdür.

➤ Ana pencere içindeki bölümler

- Simulation on/off: Program ile ilişkili olarak simülasyonun gerçekleştirilip gerçekleştirilmeyeceğine karar verdiğimiz bölümdür.
- Communication on/off: Robot kol ile bağlantının aktif olması ya da olmaması
- PTP: Resim transfer protokolü
- XYZ: Koordinat ayarlarının yapıldığı bölüm
- TOOL: Araç
- Step: XYZ veya PTP ayarları yapılacağı zaman artırma ya da azaltma basamak sayısı (örneğin beşer beşer)
- Command execute: Seçilen komutun alt taraftaki command penceresine aktarılmasını sağlar.
- HE, MO, MP, MS, GC, GO: Çok kullanılan robot kol komutları
- Run: Bu buton ile yapılan program simülasyon, simülasyon+robot kol veya sadece robot kol şeklinde çalıştırılabilir.

2.9. Programın İnşası

Aşağıdaki yordama göre programı giriniz.



Resim 2.24: Program girişi

MO (Move)

<Fonksiyon> Robot elini belirtilen konuma hareket ettirir.

<Biçim> **MO "Konum No.," "O/C"**

"Konum No.": 1 <= Konum No. <= 999

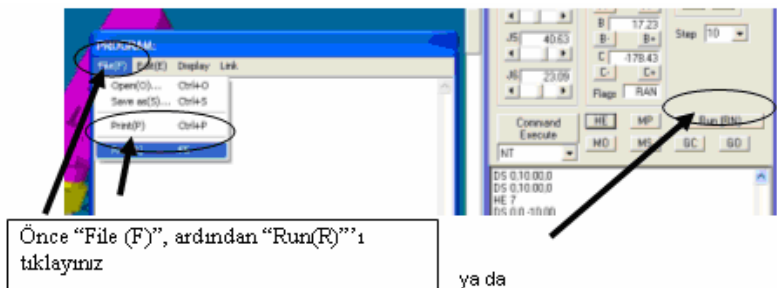
"O/C": O: Robot elini aç / C: Eli kapat

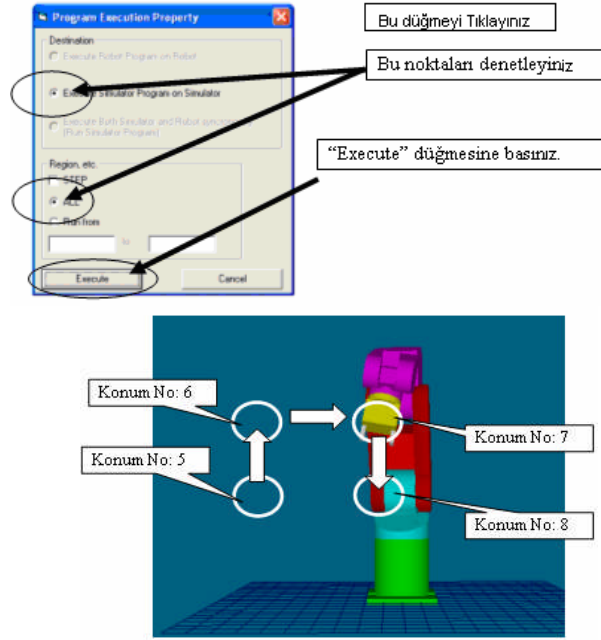
ED (End)

<Fonksiyon> Programı bitir.

<Biçim> ED

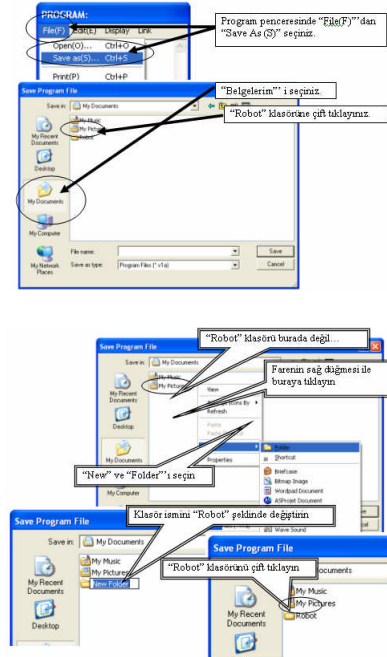
2.9.1. 3D-Simülasyon Programının İcrası

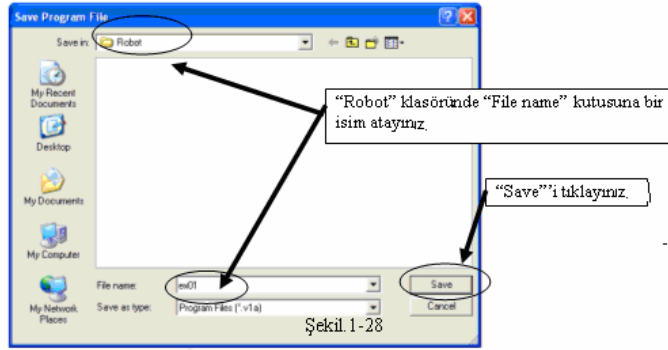




Resim 2.25: Simülasyon programının icrası

2.9.2. Programın ve Konumun Saklanması



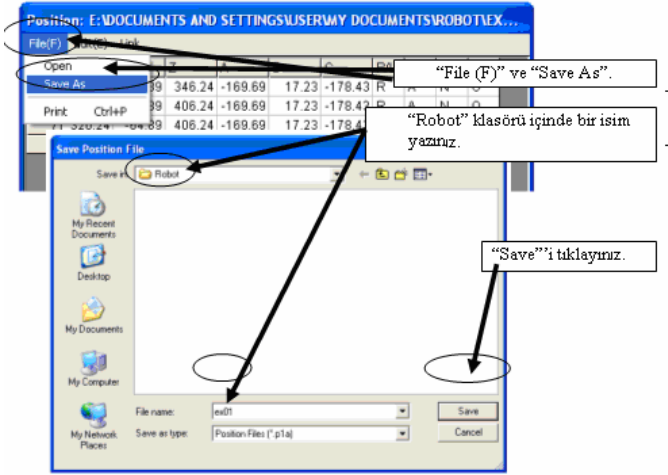


Şekil 1-28

Şekil 2.27: Klasör Oluşturulması

2.9.3. Konumun Kaydedilmesi

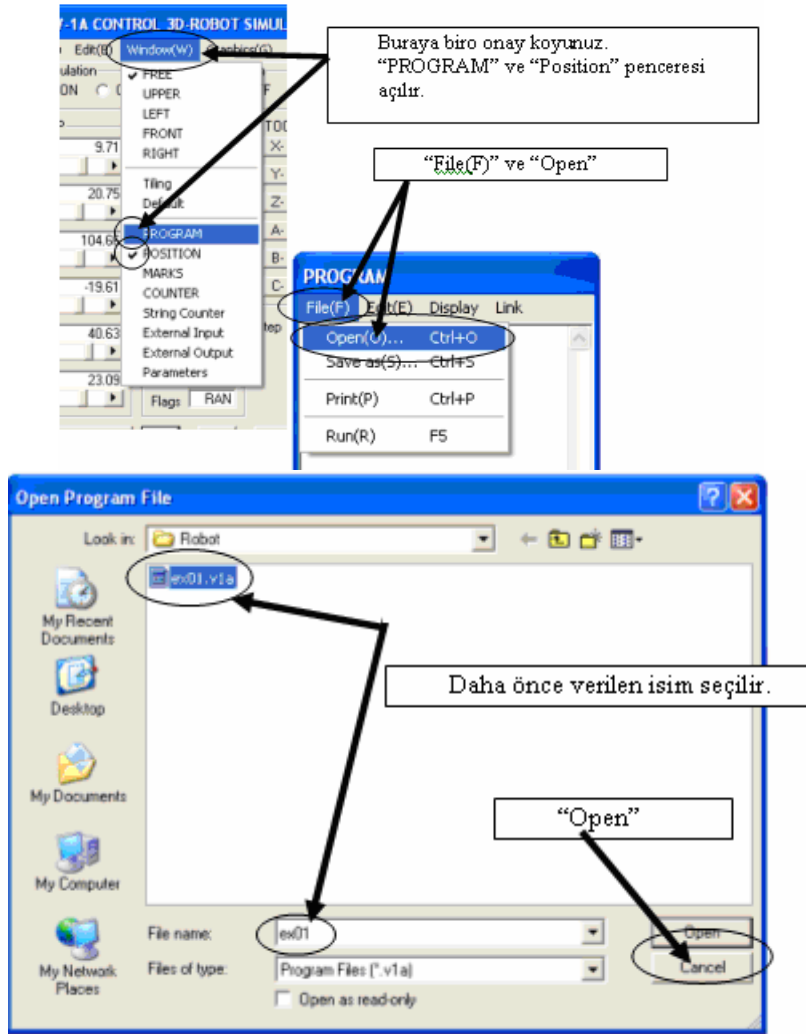
Programın kaydedilmesi ile temel olarak aynıdır.



Resim 2.27: Kaydetme

2.9.4. Konum ve Programın Açılması

Program çalıştırılır. "Window" menüsünden "program" ve "position" işaretlenir.



Resim 2.28: Dosya açma

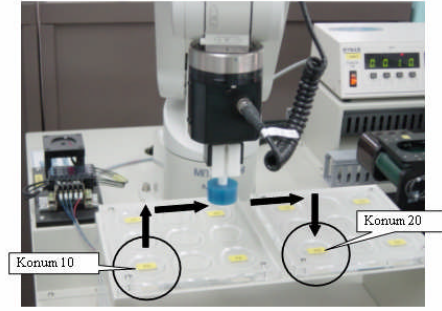
2.10. Simülasyon Program ile Robotun Kumandası

Tatbikat

10. konumdan 20. konuma renkli iş parçasının taşınması programı

Denetleyicinin program numarası: 101.

Konum ve program ismi: ex02.



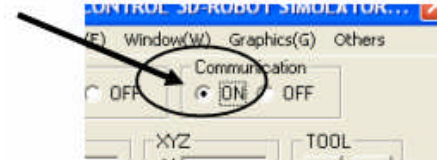
Resim 2.29: İş parçasının taşınması

“3D-robot simülasyon” programını çalıştırınız.

10. konumda bulunan iş parçasını robot eli kavrayıncaya kadar Ö/K ile robot kolunu hareket ettiriniz (çalışma hızı %30).

Ö/K'nin seçme anahtarını “Disable” konumuna ve denetleyicinin anahtarını “AUTO(EXT.)” konumuna getiriniz.

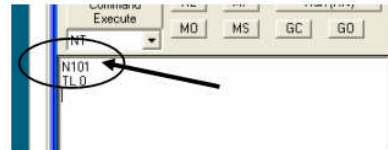
3-D robot simülasyon programında communication (haberleşme) çerçevesinde **ON** onay kutusu işaretlenir. İşaretlemeden sonar servonun çalıştığına dair bir ses gelir.



Resim 2.30: Haberleşme onayı

“N101“ ve TL 0” komutları buraya girilir.

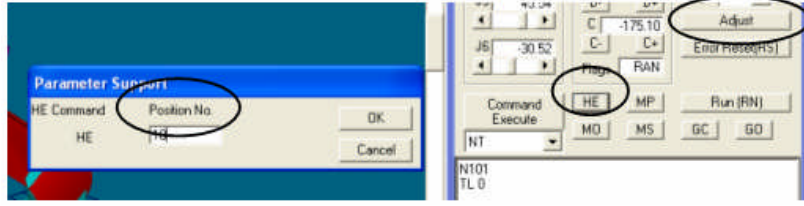
N101, denetleyicinin program numarasını 101 olarak atar. TL 0 ise robotun elinin takım uzunluğunu 0 mm olarak belirler.



Resim 2.31: Komut girişi

Adjust düğmesine basınız. Program üzerindeki robotun duruşu gerçek robot duruşu ile aynı olacaktır.

HE düğmesine tıklayınız. Konum 10. konum olsun.



Resim 2.32: Konum numarası

“Konum 20”yi de aynı şekilde yapınız.

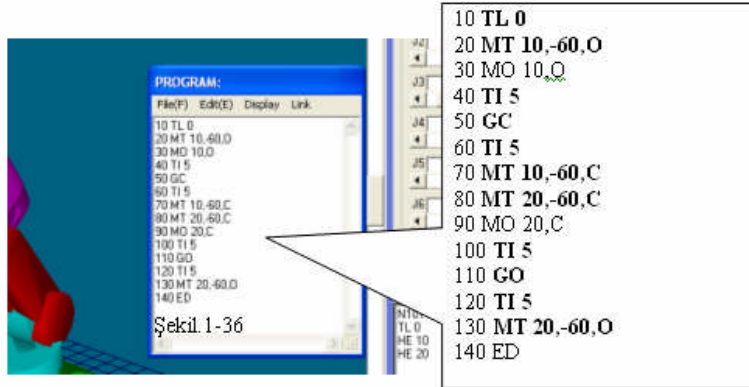
POSITION penceresini açarak konum bilgilerini doğrulayınız. 10. ve 20. konumların olduğunu görünüz.

No.	Y	Z	A	B	C	R/L	A/B	N/F	O/C
10	42.33	-161.89	331.07	-179.99	0.55	-175.10	R	A	N O
20	42.33	48.17	327.23	-179.98	0.55	-175.10	R	A	N O

Resim 2.33: Konum bilgileri

Konum bilgisini “ex02” olarak saklayınız.

PROGRAM penceresini açarak aşağıdaki satırları giriniz.



Resim 2.34: Komut satırları

Komut açıklaması:

TL (Tool Length) : Takım Uzunluğu

<Fonksiyon> Elin sıkma yüzünden uç noktasına kadar olan uzunluk ayarını yapar.

<Biçim> TL "Takım uzunluğu[mm]"

MT (Move Tool) : Takımı Hareket Ettir

<Fonksiyon> Elin uç noktasını belli bir konumdan belirtilen bir konuma Z eksenini boyunca hareket ettirir.

< Biçim > MT "Konum No", "Yerdeğiştirme Uzunluğu[0.1s]", "O/C"

"Konum No.": 1<= Konum No.<=999

"O/C": O :Eli aç / C : Eli kapat

TI (Timer) : Zamanlayıcı

<Fonksiyon> Çalışmayı belirtilen süre kadar durdurur. Bir gecikme sağlar.

<Biçim> TI "Gecikme değeri[ms]"

"Gecikme değeri": 0<= Gecikme değeri <=32767 [0.1s]

<Örnek> TI 5 (Robotun çalışmasını 0.5 saniye durdurur.)

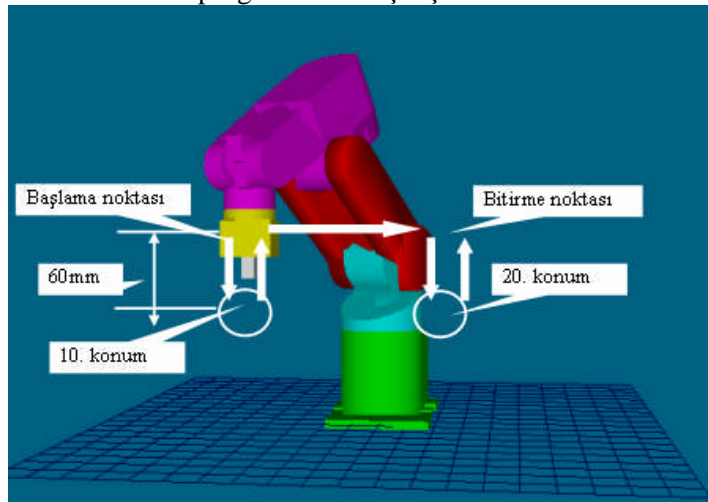
GO (Grip Open) / GC (Grip Close) : Kavrama Açık / Kavrama Kapalı

<Function> Elin kavramasını açar / Elin kavramasını kapatır.

<Format> GO / GC

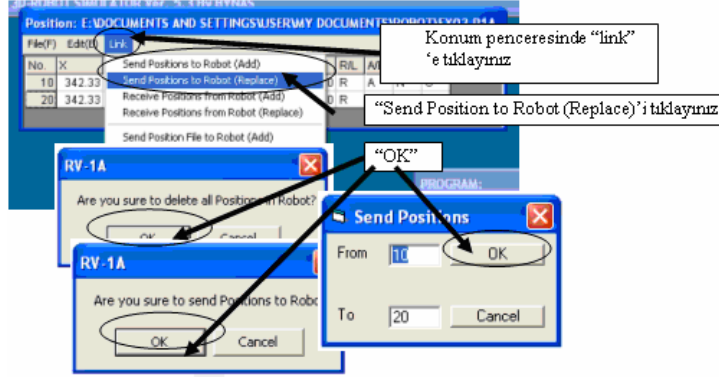
Programı ex02 olarak kaydediniz.

Robotun konumunu benzetim programı ile karşılaştırınız.

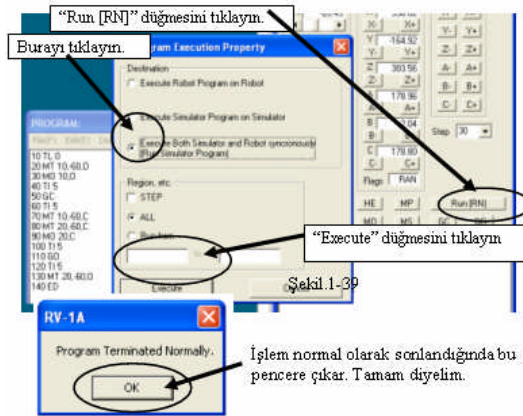
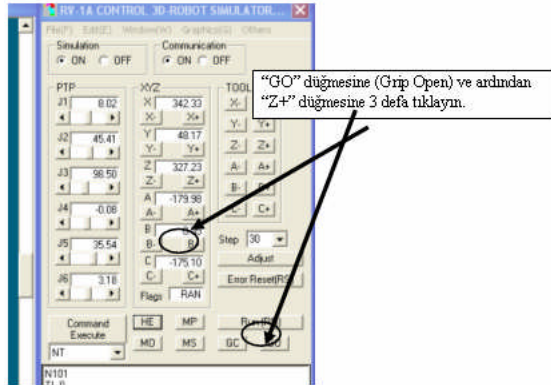


Resim 2.35: Robot konumu

İşlem doğruysa aşağıdaki devam eder.
Konum bilgilerini ve programı robota gönderiniz.



Resim 2.36:Ekran Görüntüsü



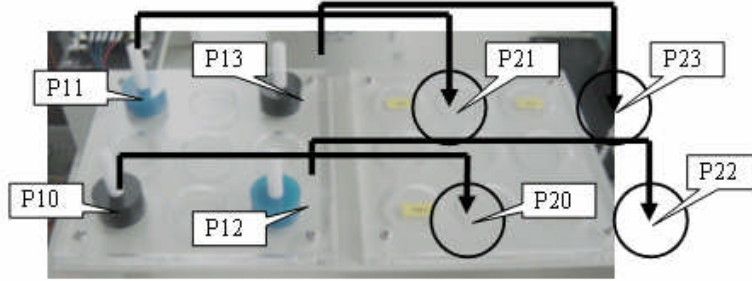
Resim 2.37:Ekran Görüntüsü

Deneyim: 2

İş parçalarını aşağıdaki konumlara taşıyacak programı yapınız.

P10 → 20
P11 → P21
P12 → P22
P13 → P23.

Denetleyicinin program numarası: 102.
Konum ve PROGRAM dosya ismi : ex03.

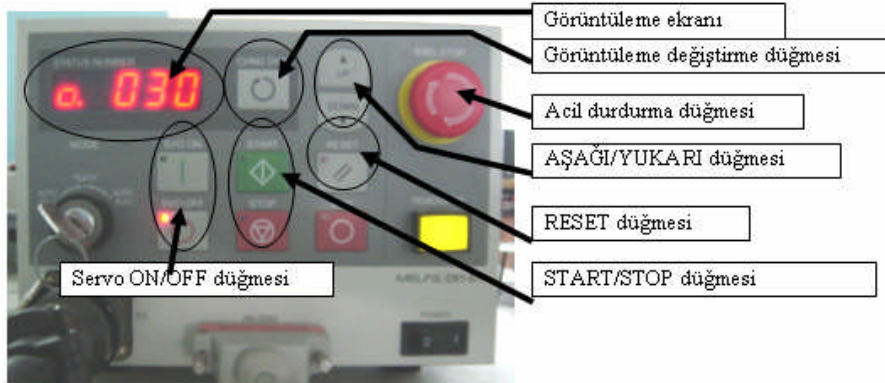


Resim 2.38:Palet Örüntüsü

2.11. Otomatik Hareket

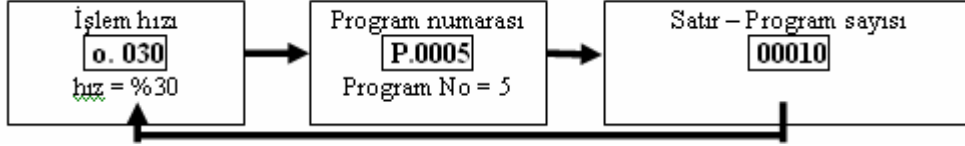
Denetleyici üzerindeki 101 nu.lı programın otomatik (biteviye) çalıştırılması için Ö/K'sinin anahtarı "Disable" konumuna getirilir. Ardından denetleyicinin "MODE" anahtarı "AUTO(op.) konumuna alınır.

Bir alarm çalarsa Denetleyici üzerindeki "RESET" düğmesine basılır.



Resim 2.39: Otomatik Hareket

Görüntüleme değiştirme düğmesine basıldıkça görüntüleme aşağıdaki gibi değişir.



Resim 2.40: Denetleyici ekranı

Bu parametreler **UP/DOWN** düğmesine basılarak değiştirilebilir.

Çalışma hızını % 50, program numarasını 101 olarak değiştiriniz.

Servo ON düğmesine ardından **START** düğmesine basınız.

Deneyim: 3

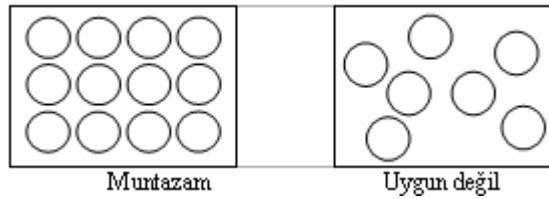
Denetleyicinin 102 nu.lı programını biteviye çalıştırınız.

2.12. Paletleme Fonksiyonu

Fabrikalarda montaj ve taşıma işlemlerinde kullanılan robotların bir çoğu iş parçalarını düzgün olarak koyma işlemini öğrenme becerisine sahiptir. Parçaları bir yerden başka bir yere düzenli belli bir sırada nakil işlemine paletleme denir.

Bu beceriyi kullanan bir denetim programının boyutu kısalmış ve anlaşılabilirliği artar.

Burada paletlemede kullanılan palet (altlık), düzgün aralıklarda iş parçalarının rahat konabileceği şekilde tanzim edilmiştir.



Şekil 2.41: Paletleme Ortamı

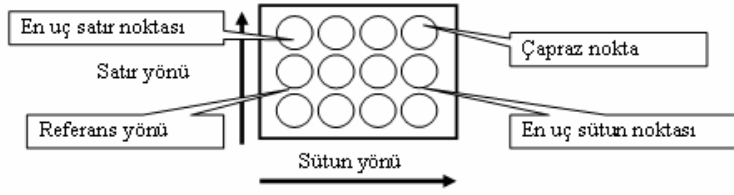
Palet üzerindeki kafes noktalarının koordinat noktalarını hesap etme “palet işlemi” olarak adlandırılır. Palet işlemi için aşağıdaki dört noktanın belirtilmesi gereklidir.

Referans noktası : Dört köşedeki noktalardan birini seçiniz.

Satır uç noktası : Referans noktasından en son satırdır.

Sütun uç noktası : Referans noktasından en son sütundur.

Çapraz nokta : Referans noktasından alınan çapraz noktadır.



Şekil 2.42: Palet Numunesi

Palet numarası ile ayarlanan dört nokta arasındaki ilişki aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Palet numarası		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dört Köşedeki noktalar	Referans noktası	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Son satır noktası	11	21	31	41	51	61	71	81	91
	Son sütun noktası	12	22	32	42	52	62	72	82	92
	Çapraz nokta	13	23	33	43	53	63	73	83	93
Satır sayısı		11	21	31	41	51	61	71	81	91
Sütun sayacı		12	22	32	42	52	62	72	82	92
Hesaplanan konum		1	2	3	4	5	6	7	8	9

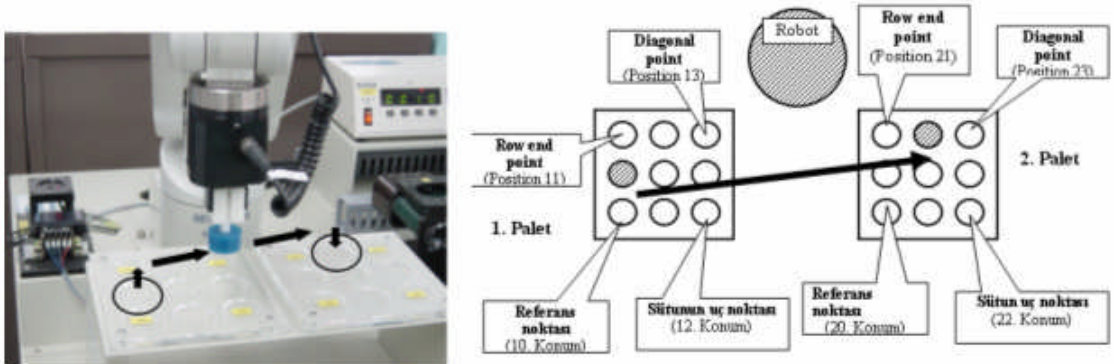
Tablo 2.2: Palet numaraları

Tatbikat

Paletleme fonksiyonunu kullanarak iş parçasını aşağıdaki gibi taşıyacak robot programını yapınız.

Denetleyicinin program numarası: 103.

Konum ve program veri dosyası ismi: ex04.



Resim 2.43: İş Tanımı

Yukarıdaki şekilde, sekiz noktanın (P10-P23) konum bilgilerini ex04 olarak saklayınız.

Palet koordinatları aşağıdaki gibi hesaplanır.

PA 1,3,3 / 1. Palet 3(satır)*3(sütun) noktalarına sahip
SC 11,2 / 1. Paletin satır sayaç numarası 2
SC 12,1 / 1. Paletin sütun sayaç numarası 1
PT 1 / Yukarıdaki şartlara göre hesaplanan 1. konum koordinatı

Programı aşağıda gösterildiği gibi giriniz ve ex04 ismini veriniz.

10 TL 0
20 SP 10
30 PA 1,3,3
40 SC 11,2
50 SC 12,1
60 PT 1
70 PA 2,3,3
80 SC 21,3
90 SC 22,2
100 PT 2
110 MT 1,-50,O
120 MO 1,O
130 TI 5
140 GC
150 TI 5
160 MT 1,-50,C
170 MT 2,-50,C
180 MO 2,C
190 TI 5
200 GO
210 TI 5
220 MT 2,-50,O
230 ED

Takım uzunluğu 0 mm
Çalışma hızı 10.
1. Paletin 3*3 noktası var.
1. Paletin satır sayacı 2.
1. Paletin sütun sayacı 1.
1. Paletin koordinatını ayarlar(1. konum)
2. Palet 3*3 noktaya sahip.
2. Paletin satır sayac numarası 3.
2. Paletin sütunsayac numarası 2.
2. Paletin koordinatını ayarlar(2. konum)
1. konumun 50mm üstüne hareket et .
1. konuma hareket et.
0.5 sn.bekle.
Eli kapat.
0.5 sn.bekle.
1. konumun 50mm üstüne hareket et .
2. konumun 50mm üstüne hareket et .
2. konuma hareket et
0.5 sn.bekle
Eli aç.
0.5 sn.bekle.
2. konumun 50mm üstüne hareket et .
Program sonu

PA (palette assign): Palet ataması

<Fonksiyon> Paletin satır ve sütun sayısı ayarlanır.

<Biçim> PA palet numarası, satır sayısı, sütun sayısı

“Palet numarası”: 1<=Palet numarası<=9

“Satır sayısı”: 1<=Satır sayısı<=32767

“ Sütun sayısı”:1<=Sütun sayısı<=32767

SC (set counter) : Sayaç kur

<Fonksiyon> Belirtilen sayaç yerine sayısal veri kullanılır.

<Format> SC “Sayaç numarası”,”Sayısal veri”

“Sayaç sayısı”: $1 \leq \text{Sayaç sayısı} \leq 99$

“Sayısal veri”: $-32768 \leq \text{Sayısal veri} \leq 32767$

PT (palette): Palet

<Fonksiyon> Paletin koordinatını hesaplar.

<Format> PT “Palet sayısı”

“Palet sayısı”: $1 \leq \text{Palet sayısı} \leq 9$

SP (speed) : Hız

<Fonksiyon> Robotun hareket hızını tayin eder.

<Biçim> SP “Hız seviyesi”

“Hız seviyesi”: $1 \leq \text{Hız seviyesi} \leq 30$

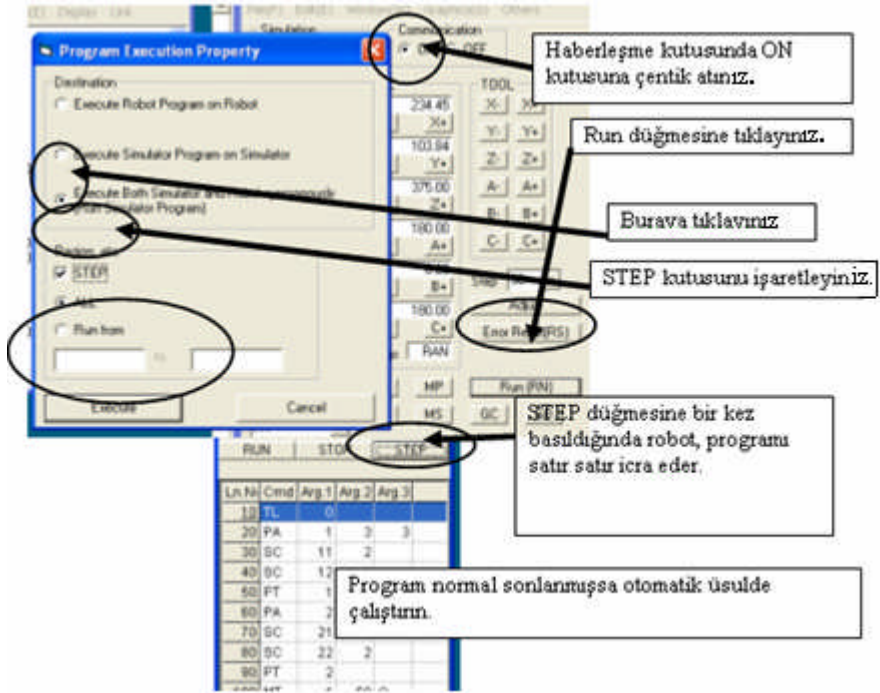
Simülasyon programını kullanarak çalışmayı kontrol ediniz.

Denetleyicinin program numarasını kontrol ediniz (program numarası: 103.).

Her şey yolundaysa konum bilgilerini ve programı robota gönderiniz.

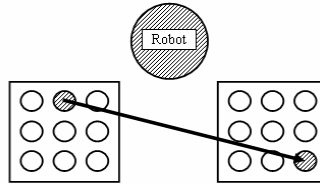
STEP-RUN usulünde çalıştırınız.

STEP-RUN metodu (programın satır satır icrası)



Deneyim: 3

Palet fonksiyonunu kullanarak iş parçalarını aşağıdaki gibi taşıyacak programı yapınız.
Denetleyicinin program numarası :103.
Konum bilgileri için daha önce oluşturulan ex02 dosyasını kullanınız.
Program dosya ismi: ex05.

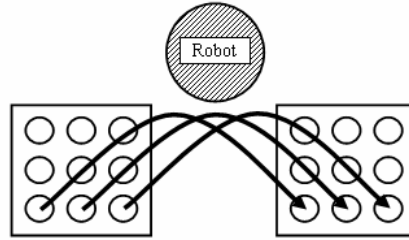


Resim 2.44: İş Tanımı

2.13 Tekrar İşlemi

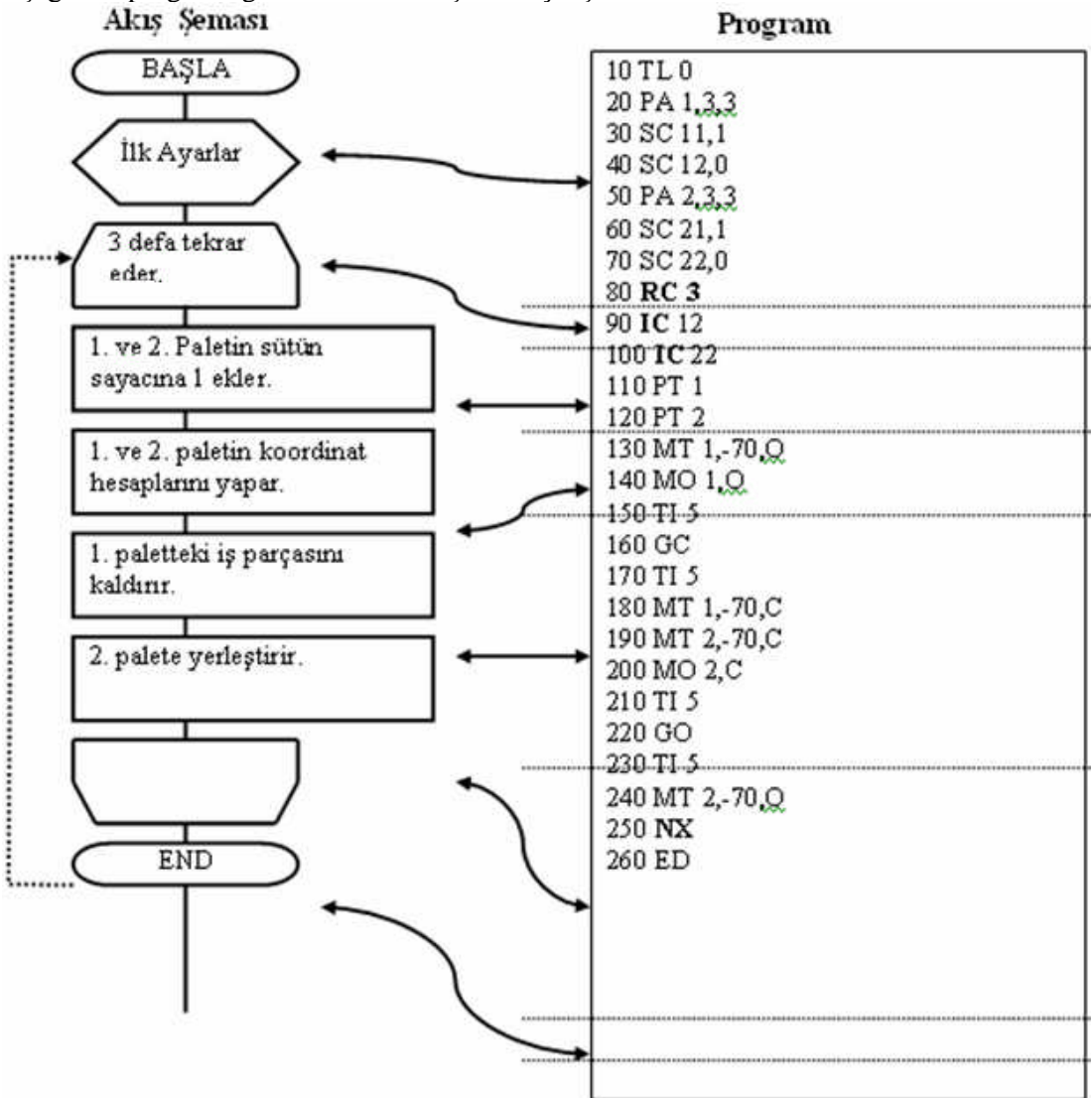
Tatbikat

Palet fonksiyonunu kullanarak iş parçalarını aşağıdaki gibi taşıyacak programı yapınız.
Denetleyicinin program numarası :105
Konum bilgileri için daha önce oluşturulan ex04 dosyasını kullanınız.
Program dosya ismi: ex06.



Resim 2.45: İş Tanımı

Aşağıdaki programı girerek otomatik işlemden çalıştırınız.



Resim 2.46: Akış Diyagramı

RC & NX (Repeat Cycle & Next) : Tekrar Sayısı & Öteki

<Fonksiyon> RC ve NX arasında yazılan program biteviye icra edilir.

<Biçim> RC “tekrar sayısı”

“Tekrar Sayısı”: $1 \leq \text{Tekrar Sayısı} \leq 32767$

<Biçim> NX

IC(Increment Counter) : Sayacı Arttır

<Fonksiyon> Belirtilen sayaç numarasına 1 ekler.

<Format> IC “Sayaç numarası”

“Sayaç numarası”: $1 \leq \text{Sayaç numarası} \leq 99$

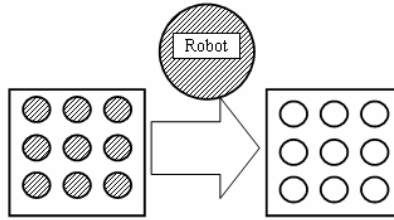
Deneyim: 4

Palet fonksiyonunu kullanarak iş parçalarını aşağıdaki gibi taşıyacak programı yapınız.

Denetleyicinin program numarası :106

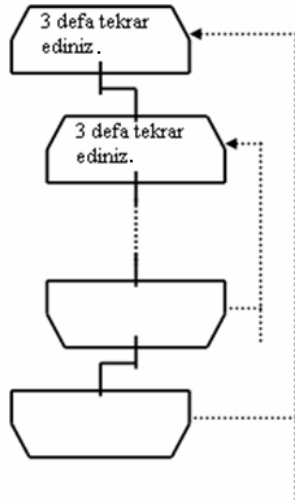
Konum bilgileri için daha önce oluşturulan ex03 dosyasını kullanınız.

Program dosya ismi: ex07.



Resim 2.47: İş Tanımı

İpucu !



Eğer soldaki şekilde görüldüğü gibi çevrim işlemi iki defa kullanılırsa program kolaylaşacaktır.

Örneğin satır koordinatları içteki çevrimde sütun koordinatları dıştaki çevrimde sayılır.

Herbir koordinat içteki çevrimde hesaplanır.

Resim 2.48: İş Tanımı

2.14. Renk Sensörünün Kullanımı

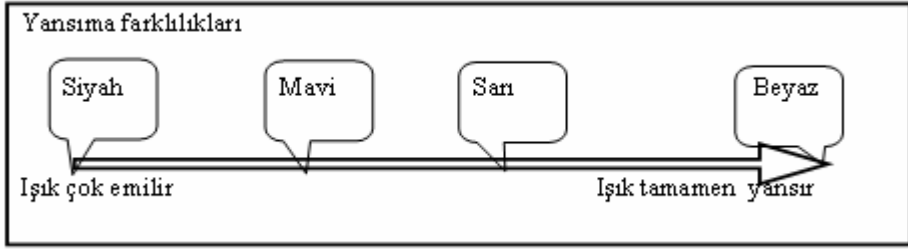
Renkleri ayıran sensörülerin nasıl çalışacağını öğreneceksiniz.

2.14.1. Renk Sensörü Ayarı

İş parçasının rengi bir renk sensörü ile ayırt edilir.

İş parçasının renk ayırımını doğru yapmak için renk sensörüne yapılacak ayarlama aşağıda görülmektedir.

2 yansımali optpelektronik anahtarla 3 desenli renk ayırımı yapılır.



Şekil 2.49: Renklerin yansımali farklılıkları

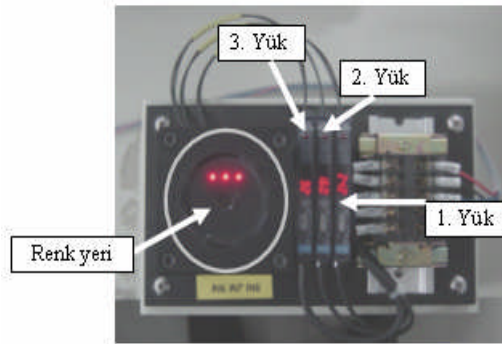
2.14.2. Sensör Durumu

3 iş parçası renk ayırt edici yere konulduğunda aşağıda gösterilen desenleri elde edecek şekilde sensörün eşik değerlerini ayarlayınız.

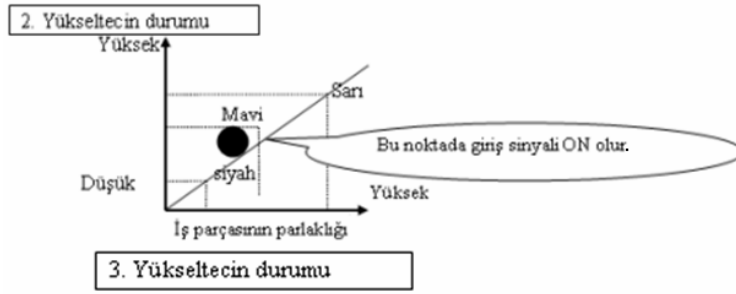
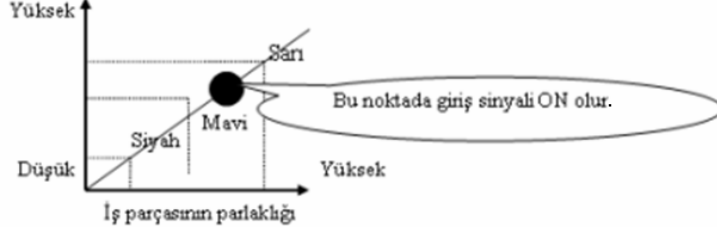
İş parçası	1. Yük. giriş sinyali	2. Yük. giriş sinyali	3. Yük. giriş sinyali
Siyah parça	OFF	OFF	ON
Mavi parça	ON	OFF	ON
Sarı parça	ON	ON	ON

Tablo 2.3: Sensör renkleri

Not: Yük.: Yükselteç (amplifier)



Resim 2.50: Renk sensörü



3. Yükselteç iş parçasının varlığını ya da yokluğunu belirler

Şekil 2.51: Sensör durumları

Sensör ayarı

1. Yük. ayarı

Siyah ve mavi arasındaki farkı tefrik eder.

- (1) Mavi iş parçasını test mahalline yerleştiriniz.
- (2) Yükseltecin SET düğmesine bir defa basınız. Buna ait turuncu lamba yanar.
- (3) Siyah parça ile beraber mavi iş parçasını test mahalline koyunuz.
- (4) SET düğmesine bir kere daha basınız.

2. Yük. ayarı

Siyah ve mavi arasındaki farkı tefrik eder.

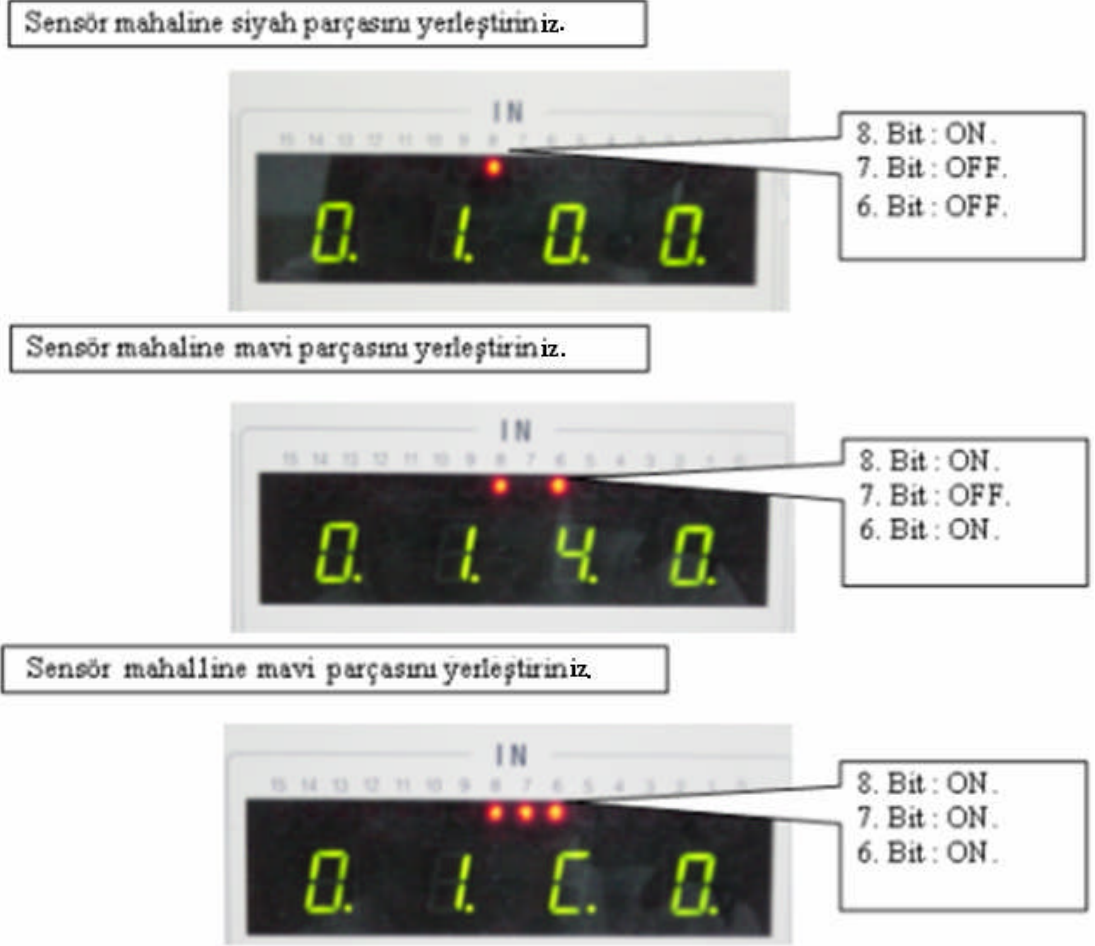
- (1) Sarı iş parçasını mahalline yerleştiriniz.
- (2) Yükseltecin SET düğmesine bir defa basınız. Buna ait turuncu lamba yanar.
- (3) Sarı iş parçasının yerini mavi parçanın yeri ile değiştiriniz.
- (4) SET düğmesine bir kere daha basınız.

3. Yük. ayarı

İş parçası test mahallinde olup olmadığına bakar.

- (1) Siyah parçayı test mahalline koyunuz.
- (2) Yükseltecin SET düğmesine bir defa basınız. Buna ait turuncu lamba yanar.
- (3) Siyah parçayı yerinden kaldırınız.
- (4) SET düğmesine bir kere daha basınız.

2.14.3. I/O Aygıtının Görüntüsünü Doğrula



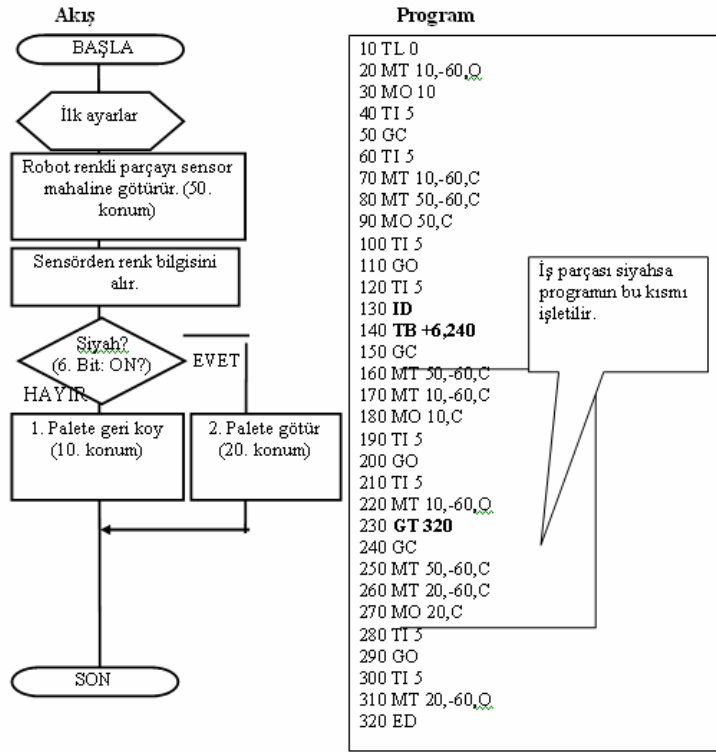
Resim 2.52: Giriş aygıtı durumları

I/O aygıtının ekran görüntüsü yukarıdaki gibi değilse sensör ayarını yeniden yapınız.

Deneyim: 5

ex04(konum-veri) isimli daha önce kaydedilen dosyaya sensör mahallinin konumunu 50. konum olarak ilave ediniz.

Bu dosyayı (ex05) olarak kaydediniz.



Giriş verisi biti	8	7	6
Siyah	ON	OFF	OFF
Mavi	ON	OFF	ON
Sarı	ON	ON	ON

6. bit OFF olduğunda iş parçası siyahtır

Resim 2.55: İş Tanımı

ID (input direct) : Doğrudan giriş

<Fonksiyon> Giriş verisini dâhilî yazmaçlara alır.

<biçim> ID

TB (Test Bit) : Biti Test Et

<Fonksiyon>. İlgili biti test eder.

<Biçim> TB "+ / -","bit numarası","sıra numarası"

"+ / -": +: ON / -: OFF

"bit numarası": Dâhilî yazmaçtaki bit numarası

0<=bit numarası <=15

"Sıra numarası": Dallonma yapılacak sıra numarası

0<=sıra numarası<=32767

<Örnek kullanım> TB +7,580

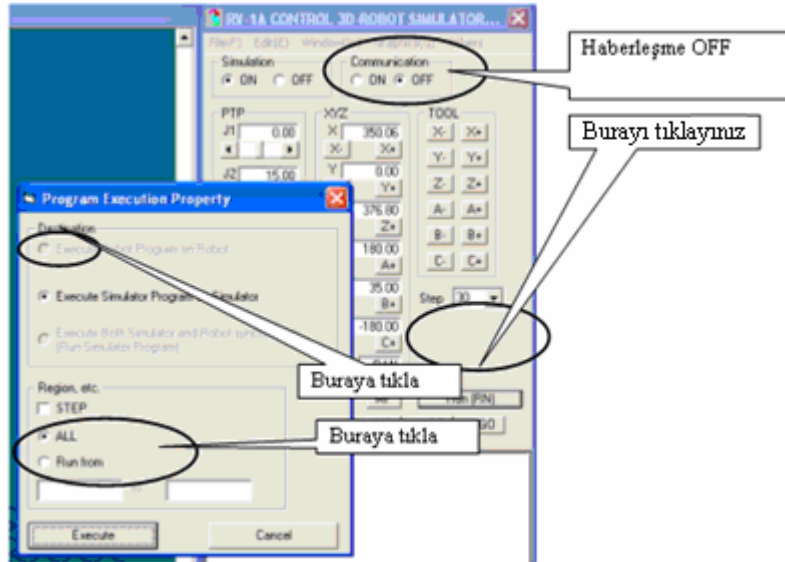
(Dâhilî yazmaçtaki bit ON ise 580. sıra numarasına dallan)

GT (GoTo) : Git

<Fonksiyon>. Belirtilen sıra numarasına mutlaka gider.

<Biçim> GT "sıra numarası"

"sıra numarası": 1<= sıra numarası <=32767

2.14.4. 3D-Simülasyon Programının İşletilmesi (OFF Durumunda)

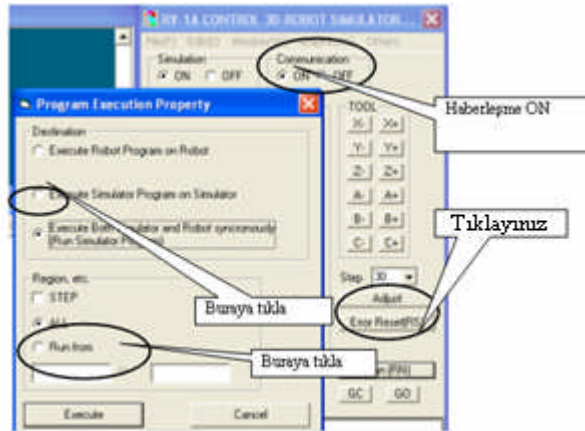
Resim 2.56: Robot Çalışmaksızın Simülasyon

Bunun akabinde sensörden gelen veri girişleri ekranda aşağıdaki gibi görünür.



Resim 2.57: Haberleşme OFF olduğunda giriş verisi penceresi

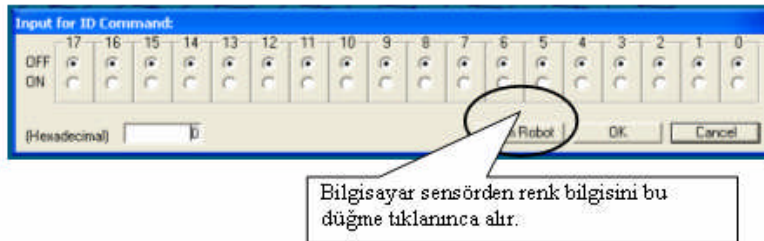
2.14.5. 3D-Simülasyon Programının İşletilmesi (ON Durumu)



Resim 2.58: Robotlu Simülasyon

Simülasyon programını yukarıdakine benzer kullandığınızda robot hareket edecektir.

Robot parçayı sensör mahalline koyduğunuzda ise duracaktır.



Resim 2.59: Haberleşme ON olduğunda giriş verisi penceresi

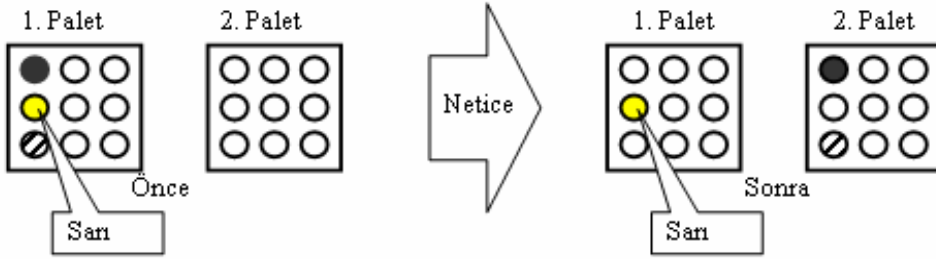
Programı birkaç kez kontrol ettikten sonra otomatik çalışma yapınız.

Deneyelim: 7

Şekilde görüldüğü gibi 1. palet üzerinde üç tane renkli iş parçası vardır. 1. paletten sensör mahalline iş parçasını taşıyacak programı yapınız. İş parçası sarıysa 1. palet üzerine geri götürsün. Eğer farklı bir renkse 2. palete koysun.

Denetleyicinin program numarası 108.
Konum bilgisini ex05 dosyasından alınız.
Program dosya ismi ex09.

Program icrası örneği



Şekil 2.60 : İş parçalarının Tanzimi

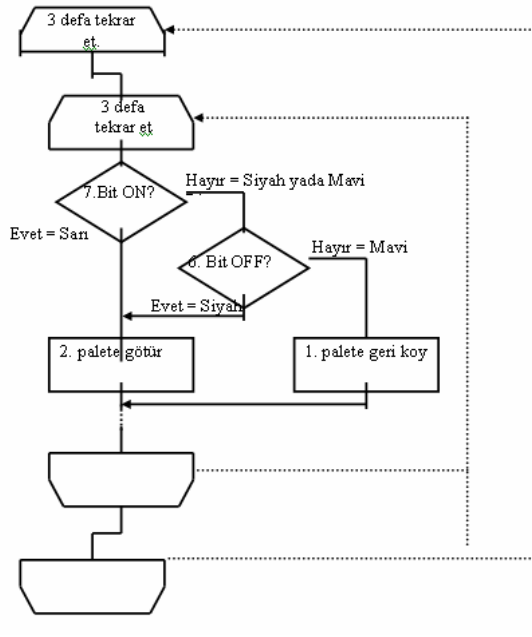
Deneyelim: 8

1. palet üzerinde dokuz tane renkli iş parçası vardır. 1. paletten sensör mahalline iş parçasını taşıyacak programı yapınız. İş parçası maviyse 1. palet üzerine geri götürsün. Eğer farklı bir renkse 2. palete koysun.

Denetleyicinin program numarası 109.
Konum bilgisini ex05 dosyasından alınız.
Program dosya ismi ex10.

İpucu!

Akış diyagramımı verelim.



Şekil 2.61 : İş Akış Diyagramı

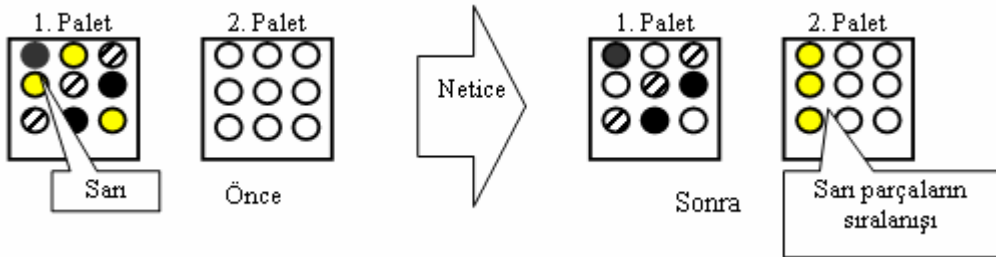
2.15. Sayaçlar

Sayaçları kullanmak suretiyle robotlara karışık işler yaptırmak mümkündür. Burada iş parçalarını düzgün sıralayacak program örneği üzerinde durulacaktır.

Tatbikat

1. paletten sensör mahalline iş parçasını taşıyacak programı yapınız.
- İş parçası sarıysa bunu 2. palet üzerinde bir satırın başına yerleştirisin.
- Eğer farklı bir renkse 1. palet'e geri koysun.
- Denetleyicinin program numarası 110.
- Konum bilgisini ex05 dosyasından alınız.
- Program dosya ismi ex11.

Program icrası örneği



Şekil 2.62 : İş Akış Yönü

10 TL 0
20 SP 15
30 PA 1,3,3
40 SC 12,0
50 PA 2,3,3
60 SC 1,0
70 RC 3
80 IC 12
90 SC 11,0
100 RC 3
110 IC 11
120 PT 1
130 MT 1,-70,O
140 MO 1,O
170 TI 5
180 MT 1,-70,C
190 MT 50,-50,C
200 MO 50,C
210 TI 5
220 GO
230 ID
240 TB +7,350
250 TI 5
260 GC
270 MT 50,-50,C
280 MT 1,-70,C
290 MO 1,C
300 TI 5
310 GO
320 TI 5
330 MT 1,-70
340 GT 490
350 IC 1
360 **CP** 1
370 **CL** 21
380 SC 22,1
390 PT 2
400 TI 5
410 GC
420 MT 50,-50,C
430 MT 2,-70,C
440 MO 2,C
450 TI 5

Parça sarı
olmadığında
programın bu
kısmı icra edilir.

Parça sarı renkte
ise programın bu
kısmı icra edilir.

460 GO
470 TI 5
480 MT 2,-70,O
490 NX
500 NX
510 ED

CP (Compare Counter) : Sayacı Karşılaştır

<Fonksiyon>. Dâhilî yazmacı belirtilen sayaç numarasına ayarlar.
<Biçim> CP "Sayaç numarası"
"Sayaç numarası": 1<= Sayaç numarası <=99

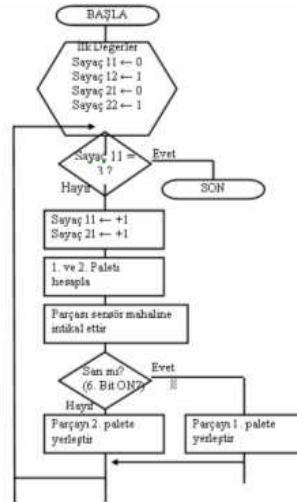
CL (Counter load) : Sayaç Yükle

<Fonksiyon>. Belirtilen sayaç numarasını dâhilî yazmaca ayarlar.
<Format> CL "Sayaç numarası"
"Sayaç numarası": 1<= Sayaç numarası <=99

Deneyselim

7 programını RD-NX komutu olmadan yeniden yapalım.
Denetleyicinin program numarası 113.
Konum bilgisini ex05 dosyasından alınız.
Program dosya ismi ex14.

Akış şeması



Şekil 2.63 : İş Akış Diyagramı

10 TL 0	310 MO 2,C
20 SP 15	320 TI 5
30 PA 1,3,3	330 GO
40 SC 11,0	340 TI 5
50 SC 12,1	350 MT 2,50,0
60 PA 2,3,3	360 GT 460
70 SC 21,0	370 TI 5
80 SC 22,1	380 GC
90 CP 11	390 MT 50,-50,C
100 EQ 3,470	400 MT 1,50,C
110 IC 11	410 MO 1,C
120 IC 21	420 TI 5
130 PT 1	430 GO
140 PT 2	440 TI 5
150 MT 1,-50,0	450 MT 1,50,0
160 MO 1,0	460 GT 90
170 TI 5	470 ED
180 GC	
190 TI 5	
200 MT 1,-50,C	
210 MT 50,-50,C	
220 MO 50,C	
230 TI 5	
240 GO	
250 ID	
260 TB +6,370	
270 TI 5	
280 GC	
290 MT 50,-50,C	
300 MT 2,-50,C	

EQ(If Equal) : Eğer eşitse

<Fonksiyon>. Karşılaştırma değerini ve dâhilî yazmacı karşılaştırır.

Bu iki değer eşitse satırda bulunan numara icra edilir.

<Biçim> EQ “karşılaştırma değeri”, “satır numarası”

Buna benzer bir komut**NE(If Not Equal) : Eğer eşit değilse**

<Fonksiyon>. Karşılaştırma değerini ve dâhilî yazmacı karşılaştırır.

Bu iki değer eşit değilse satırda bulunan numara icra edilir.

<Biçim> EQ “karşılaştırma değeri”, “satır numarası”

UYGULAMA FAALİYETİ

1. Aşağıda yönergesi verilen programı yazarak robotu çalıştırınız.

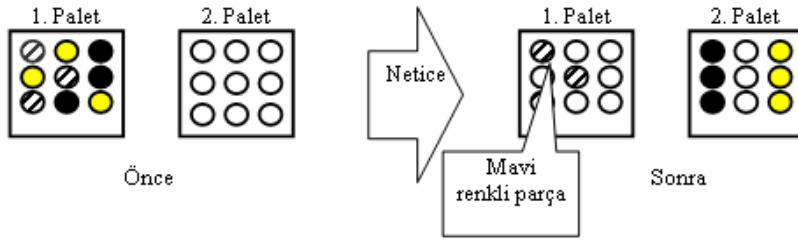
1. paletten sensör mahalline iş parçasını taşıyacak programı yapınız.
İş parçası siyahsa bunu 2. palet üzerinde bir satırın başına yerleştirsin.
İş parçası sarıysa bunu 2. palet üzerinde bir satırın en sağına yerleştirsin.
Eğer maviyse 1. palete geri koysun.

Denetleyicinin program numarası 111.

Konum bilgisini ex05 dosyasından alınız.

Program dosya ismi ex12.

Program icrası örneği



1.Adım: Robot programını açınız.

2.Adım: Program dosya ismi ex12 olsun.

3.Adım: Konum bilgisini daha önce kaydedilen ex05 dosyasından alınız.

4.Adım: Denetleyicinin program numarası 111 olsun.

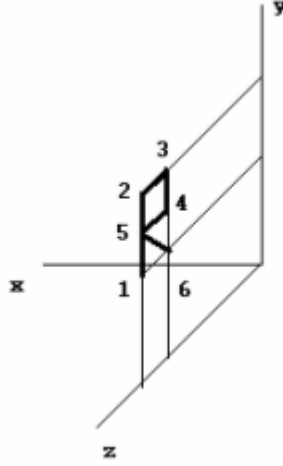
5.Adım: Aşağıdaki programı yazalım.

```
10 TL 0
20 SP 15
30 PA 1,3,3
40 SC 12,0
50 PA 2,3,3
60 SC 1,0
70 SC 2,0
80 RC 3
90 IC 12
100 SC 11,0
110 RC 3
```

120 IC 11
130 PT 1
140 MT 1,-70,O
150 MO 1,O
160 TI 5
170 GC
180 TI 5
190 MT 1,-70,C
200 MT 50,-50,C
210 MO 50,C
220 TI 5
230 GO
240 ID
250 TB -6,360
260 TB +7,420
270 TI 5
280 MT 50,-50,C
290 MT 1,-70,C
300 MO 1,C
310 TI 5
320 GO
330 TI 5
340 MT 1,-70
350 GT 560
360 IC 1
370 CP 1
380 CL 21
390 SC 22,1
400 PT 2
410 GT 470
420 IC 2
430 CP 2
440 CL 21
450 SC 22,3
460 PT 2
470 TI 5
480 GC
490 MT 50,-50,C
500 MT 2,-70,C
510 MO 2,C
520 TI 5
530 GO
540 TI 5
550 MT 2,-70,O
560 NX
570 NX
580 ED

6.Adım: İş parçasını paletlere koyarak robotu çalıştırınız.

2 : X yüzeyine şekilde görüldüğü gibi R harfi yazdıran programı tasarlayınız.



R harfini robot kol ile x yüzeyine sabit bir şekilde çizen program ve pozisyon numaraları;

Adım 1: Pozisyonlar

Positions							
File(F) Edit(E) Link							
No.	X	Y	Z	Pitch	Roll	O/C	Flag
1	0.0	400.0	350.0	-50.0	90.0	O	F
2	0.0	400.0	430.0	-50.0	90.0	O	F
3	0.0	360.0	430.0	-50.0	90.0	O	F
4	0.0	360.0	390.0	-50.0	90.0	O	F
5	0.0	400.0	390.0	-50.0	90.0	O	F
6	0.0	360.0	350.0	-50.0	90.0	O	F

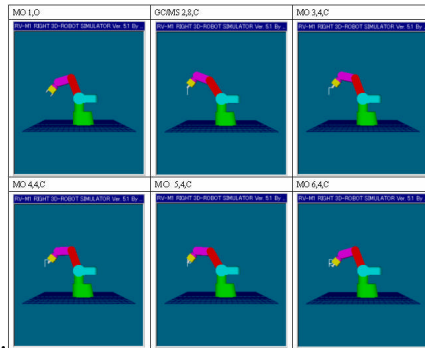
Adım 2: Program



Adım 3: Çalışması

MO P,A komutu : P pozisyonuna, A “(C)lose veya (O)pen” konumu ile hareket

MS P,S,A komutu : P pozisyonuna, S adımda, A konumu “C/O” ile dik olarak hareket eder.



(S adım sayısı arttıkça hareket daha doğrusallaşır).

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Aşağıdaki komutların açıklamasını yapınız.

- TI
- PA
- MT

2. Paletleme işlemi nedir? Niçin yapılır? Robotta paletleme işlemi yaparken kullanılan komutları yazınız.

3. 10 nu.lı konumdan 20 nu.lı konuma parçayı taşımak için gereken robot programını yazınız.

OBJEKTİF TEST

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi RV 2A robotunun ana elemanlarından değildir?

- | | |
|--------------------|----------------------|
| A)Denetleyici | B)Renkli iş parçası |
| C)Harici IO kutusu | D)Simülâtör programı |

2. Robot elini belirtilen konuma hareket ettiren komut aşağıdakilerden hangisidir?

- | | |
|------|------|
| A)MO | B)MT |
| C)GO | D)TI |

3. Paletin koordinatını hesaplayan komut aşağıdakilerden hangisidir?

- | | |
|------|------|
| A)MO | B)MT |
| C)PT | D)PA |

4. Sayacı artıran komut aşağıdakilerden hangisidir?

- | | |
|------|------|
| A)MO | B)PA |
| C)PT | D)IC |

5.Bitleri test eden komut aşağıdakilerden hangisidir?

- | | |
|------|------|
| A)MO | B)TB |
| C)PT | D)IC |

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

PERFORMANS TESTİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığımız becerileri **Evet** ve **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
Robot benzetim programını doğru olarak yazabildiniz mi?		
Benzetim programı sayesinde robot kolunu kontrol edebildiniz mi?		
Renk sensörünü doğru olarak kullanabildiniz mi?		
Robot çeşitlerini öğrenebildiniz mi?		
Robot koordinatlarını doğru olarak hesaplayabildiniz mi?		
Robotu hareket ettiren mekanik aksamı öğrenebildiniz mi?		
Robotlarda kullanılan elektrik sistemlerini öğrenebildiniz mi?		
Robot koluyla uygulamayı güvenli olarak yapabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

Öğrenme Faaliyeti-1'in Cevap Anahtarı

Uygulama Faaliyeti

Cevap 1 $\theta_1=14.595^\circ\theta_2=76.271^\circ\theta_3=5.866^\circ$

Cevap 2 $\theta_1=78.067^\circ\theta_2=-76.271^\circ\theta_3=83.204^\circ$

Objektif Testler

SORU	CEVAP
1	d
2	a
3	c
4	a
5	d
6	c

Öğrenme Faaliyeti-2'nin Cevap Anahtarı

Ölçme Soruları

1.

TI (timer) : Zamanlayıcı

Çalışmayı belirtilen süre kadar durdurur. Bir gecikme sağlar. TI 5 (Robotun çalışmasını 0.5 saniye durdurur.)

MT (move tool) : Takımı hareket ettir.

Elin uç noktasını belli bir konumdan belirtilen bir konuma Z eksenini boyunca hareket ettirir.

< Biçim > MT "Konum No", "Yerdeğiştirme Uzunluğu[0.1s]", "O/C"

"O/C": O :Eli aç / C : Eli kapat

PA (palette assign) : Palet ataması

Paletin satır ve sütun sayısı ayarlanır.

Biçim: PA "palet numarası", "satır sayısı", "sütun sayısı"

"palet numarası": $1 \leq \text{palet numarası} \leq 9$

"satır Sayısı": $1 \leq \text{satır Sayısı} \leq 32767$

"sütun Sayısı": $1 \leq \text{sütun Sayısı} \leq 32767$

2.

Fabrikalarda montaj ve taşıma işlemlerinde kullanılan robotların birçoğu iş parçalarını düzgün olarak koyma işlemini öğrenme becerisine sahiptir. Parçaları bir yerden başka bir

yere düzenli belli bir sırada nakil işlemine plaetleme denir. Bu beceriyi kullanan bir denetim programının boyutu kısalmır ve anlaşılabilirliği artar. Kullanılan komutlar; PA , SC, PT'dir.

3.
10 TL 0
20 MT 10,-60,O
30 MO 10,O
40 TI 5
50 GC
60 TI 5
70 MT 10,-60,C
80 MT 20,-60,C
90 MO 20,C
100 TI 5
110 GO
120 TI 5
130 MT 20,-60,O
140 ED

Objektif Test'in Cevap Anahtarı

SORU	CEVAP
1	b
2	a
3	c
4	d
5	b

KAYNAKÇA

- ASADA Haruiko, **Robot Analysis and Control**, Addison Willey, 1986.
- NAGY F., A. SIEGLER, **Engineering Foundation of Robotics**, Prentice Hall, 1987.