

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPOLAMA AMAÇLI GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI
BİR KARTEZYEN ROBOT TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Özge AKPINAR

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE İMALAT
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Recep KOZAN

Ağustos 2008

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPOLAMA AMAÇLI GÖRÜNTÜ İŞLEME
TABANLI BİR KARTEZYEN ROBOT TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Özge AKPINAR


Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE İMALAT

Bu tez 11 / 08 / 2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Recep KOZAN Prof.Dr.Vahdet UÇAR Doç.Dr.Nejat YUMUŞAK

Jüri Başkanı Jüri Üyesi Jüri Üyesi



TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanması aŐamasında bana her tŸrlŸ desteği veren danıŐman hocam sayın Doç. Dr. Recep KOZAN'a, maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme ve sevgili arkadaŐım Bilgisayar YŸksek MŸhendisi Musa DEMİRCİOğLU'na teŐekkŸrŸ bir borę bilirim.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-----|
| TEŞEKKÜR..... | ii |
| İÇİNDEKİLER..... | iii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | vii |
| TABLolar LİSTESİ..... | ix |
| ÖZET..... | x |
| SUMMARY..... | xi |
| BÖLÜM 1. | |
| GİRİŞ..... | 1 |
| BÖLÜM 2. | |
| ROBOTLAR..... | 5 |
| 2.1. Giriş..... | 5 |
| 2.2. Robotların Kullanıldığı Yerler | 6 |
| 2.3. Robotların Avantajları ve Dezavantajları..... | 7 |
| 2.4. Robotu Oluşturan Parçalar, Robot Hareket ve Hassasiyeti..... | 8 |
| 2.4.1. Eklem Yapıları..... | 8 |
| 2.4.2. Robot hareketi ve hassasiyeti..... | 9 |
| 2.4.2.1. Uzaysal çözünürlük..... | 11 |
| 2.4.2.2. Hassasiyet..... | 11 |
| 2.4.2.3. Tekrarlanabilirlik..... | 11 |
| 2.4.3. Robot tutucular | 12 |
| 2.5. Robotların Kinematik Analizi..... | 13 |
| 2.6. Robotların Sınıflandırılması..... | 15 |
| 2.6.1. Robot eksenlerine göre sınıflandırma..... | 15 |
| 2.6.1.1. Robot hareketinin eksenleri..... | 15 |

| | |
|---|----|
| 2.6.1.2. Çalışma alanı..... | 15 |
| 2.6.2. Koordinat sistemlerine göre sınıflandırma..... | 16 |
| 2.6.2.1. Kartezyen koordinat sistemi..... | 16 |
| 2.6.2.2. Silindirik koordinat sistemi..... | 18 |
| 2.6.2.3. Küresel koordinat sistemi..... | 20 |
| 2.6.2.4. Dönel koordinat sistemi..... | 21 |
| 2.6.3. Kesinlik derecelerine göre sınıflandırma..... | 22 |
| 2.6.3.1. Çözünürlük..... | 22 |
| 2.6.3.2. Doğruluk..... | 22 |
| 2.6.3.3. Yinelenebilirlik..... | 22 |
| 2.6.4. Kullanılan güç kaynağına göre sınıflandırma..... | 22 |
| 2.6.4.1. Elektrikle çalışan robotlar..... | 22 |
| 2.6.4.2. Hidrolik robotlar..... | 23 |
| 2.6.4.3. Pnömatik robotlar..... | 23 |
| 2.6.5. Kontrol yöntemlerine göre sınıflandırma..... | 23 |
| 2.6.5.1. Noktasal kontrol edilen robotlar..... | 23 |
| 2.6.5.2. Sürekli yörünge kontrollü robotlar..... | 23 |
| 2.6.5.3. Denetimli yol robotları..... | 23 |
| 2.7. Robot Kontrol Sistemleri..... | 24 |
| 2.7.1. Açık çevrimli kontrol sistemleri..... | 25 |
| 2.7.2. Kapalı çevrimli kontrol sistemleri..... | 26 |
| 2.8. Robot Programlama Yöntemleri..... | 28 |
| 2.8.1. Off-line programlama..... | 29 |
| 2.8.2. On-line programlama..... | 29 |
| 2.8.3. Klavuz programlama..... | 30 |
| 2.9. Motorlar..... | 33 |
| 2.9.1. Step motorlar..... | 33 |
| 2.9.2. Servo motorlar..... | 34 |
| 2.10. Servo Mekanizma..... | 35 |
| 2.10.1. Servo motorların kontrolü..... | 36 |
| 2.10.2. Servo motorların kullanıldığı yerler..... | 37 |

BÖLÜM 3.

| | |
|--|----|
| GÖRÜNTÜ İŞLEME..... | 38 |
| 3.1. Giriş..... | 38 |
| 3.2. İmgenin Algılanması ve Elde Edilmesi..... | 41 |
| 3.3. Kamera İle Görüntü İşleme Sitemi..... | 42 |
| 3.4. Görüntü İşleme İle İlgili Bazı Terim ve Tanımlar..... | 42 |
| 3.5. Bir Görüntünün Modellenmesi..... | 43 |
| 3.5.1. Gri- düzey skala..... | 44 |
| 3.5.2. Threshold tekniği (eşikleme)..... | 46 |
| 3.5.3. Histogram..... | 47 |
| 3.5.4. İmge örnekleme ve kuantalama..... | 48 |
| 3.6. Görüntü Eşleme Yöntemleri..... | 50 |
| 3.6.1. Alana dayalı eşleme..... | 50 |
| 3.6.2. Detaylara dayalı eşleme..... | 51 |
| 3.6.2.1. Nokta detaylara dayalı eşleme..... | 51 |
| 3.6.2.2. Kenar bulmaya dayalı eşleme..... | 52 |
| 3.6.2.3. Alan bulmaya dayalı eşleme..... | 52 |

BÖLÜM 4.

| | |
|--|----|
| PROJENİN UYGULANMASI..... | 54 |
| 4.1. Giriş..... | 54 |
| 4.2. Robotik Sisteminin Tasarımı..... | 57 |
| 4.3. Mekanik Yapı Tasarımı..... | 58 |
| 4.4. Görüntü İşleme Yapı Tasarımı..... | 60 |
| 4.4.1. Eşikleme işlemi..... | 61 |
| 4.4.2. Şablona ölçekleme..... | 61 |
| 4.4.3. Parça tanımlama..... | 62 |
| 4.4.4. Geometrik ağırlık merkezinin bulunması..... | 63 |
| 4.4.5. Bölge bulma algoritması..... | 63 |
| 4.4.6. Delik sayısının bulunması..... | 65 |
| 4.4.7. Vektörel bilgi - zincir dizi bulunması..... | 67 |
| 4.4.8. Köşe sayısının bulunması..... | 69 |

| | |
|---|----|
| 4.4.9. Alanın bulunması..... | 69 |
| 4.4.10. Hareket bilgisinin oluşturulması..... | 70 |
| 4.5. Uygulama Adımları..... | 71 |
| 4.6. Elde Edilen Görüntüler ve Histogramları..... | 72 |
| 4.7. Hata Analizleri..... | 73 |
| 4.8. MODBUS Haberleşme Protokolü ile Okuma..... | 77 |
| 4.9. MODBUS Haberleşme Protokolü ile Yazma..... | 77 |
| 4.10. LRC Kontrol Kodunun Hesaplanması İçin Algoritma..... | 78 |
| 4.11. Servoya X Ekseninde Hareket Verecek Komut Dizileri..... | 78 |
| 4.12. Servonun X Ekseninde İlerleyeceği Yol Bilgileri..... | 79 |
| | |
| BÖLÜM 5. | |
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 80 |
| | |
| KAYNAKLAR..... | 83 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 85 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 2.1. | Döner tip eklem..... | 9 |
| Şekil 2.2. | Kayar tip eklem..... | 9 |
| Şekil 2.3. | Hassasiyet ve tekrarlanabilirlik..... | 10 |
| Şekil 2.4. | Vakumlu tutucular..... | 13 |
| Şekil 2.5. | Robot ve çalışma alanı..... | 14 |
| Şekil 2.6. | İnsan Kolu ile Mafsallı Robotun Çalışma Alanları Arasındaki Benzerlik | 16 |
| Şekil 2.7. | Kartezyen robot ve çalışma uzayı | 17 |
| Şekil 2.8. | Kartezyen robot | 17 |
| Şekil 2.9. | Silindirik robot ve çalışma uzayı | 19 |
| Şekil 2.10. | Küresel robot ve çalışma uzayı..... | 20 |
| Şekil 2.11. | Dönel robot ve çalışma uzayı..... | 21 |
| Şekil 2.12. | Robot programlama işlem basamakları..... | 32 |
| Şekil 2.13. | Servo sürücü devresi..... | 36 |
| Şekil 3.1. | Görüntü işleme basamakları..... | 41 |
| Şekil 3.2. | Görüntünün sensörle yakalanması..... | 41 |
| Şekil 3.3. | On altı bitlik gri düzey skala ifadesi..... | 44 |
| Şekil 3.4. | Gri seviye örnekleri..... | 45 |
| Şekil 3.5. | Gri seviye örnekleri karşılaştırmaları..... | 46 |
| Şekil 3.6. | Gri düzey histogram örneği..... | 48 |
| Şekil 3.7. | İmge örnekleme ve kuantalama örneği..... | 49 |
| Şekil 3.8. | Korelasyon..... | 50 |
| Şekil 3.9. | Nokta detaylar metoduna örnek..... | 51 |
| Şekil 3.10. | Alan bulma örneği..... | 52 |
| Şekil 3.11. | Alan bulma örneği..... | 53 |
| Şekil 4.1. | Zaman kayış ve kasmağı..... | 55 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 4.2. | Sisteme ait mekanik yapı..... | 58 |
| Şekil 4.3. | Robot tasarımına ait CAD işlemleri..... | 59 |
| Şekil 4.4. | Robot montajı..... | 59 |
| Şekil 4.5. | Robot uzuvları ve konveyör hareket yönleri..... | 60 |
| Şekil 4.6. | Görüntü işleme genel akış blok diyagramı..... | 60 |
| Şekil 4.7. | Bölge bulma algoritması örneği..... | 64 |
| Şekil 4.8. | Delik sayısı bulma algoritması örneği..... | 66 |
| Şekil 4.9. | Vektörel zincir dizi bulma..... | 68 |
| Şekil 4.10. | Alan bulma algoritması uygulama örneği..... | 70 |
| Şekil 4.11. | Elde edilen 1. görüntü ve histogram..... | 72 |
| Şekil 4.12. | Elde edilen 2. görüntü ve histogram..... | 72 |
| Şekil 4.13. | Elde edilen 3. görüntü ve histogram..... | 73 |
| Şekil 4.14. | Elde edilen 4. görüntü ve histogram..... | 73 |
| Şekil 4.15. | Elde edilen 5. görüntü ve histogram..... | 73 |
| Şekil 4.16. | Üzerinde delik olan cisim..... | 76 |

TABLULAR LİSTESİ

| | | |
|------------|--|----|
| Tablo 2.1. | Robot çalışma alanı tanımları..... | 14 |
| Tablo 4.1. | Eşikleme aralıkları tanımları..... | 61 |
| Tablo 4.2. | Elle ve Görüntü İşleme Programıyla Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması..... | 74 |

ÖZET

Anahtar kelimeler: Lojistik, Robotlar, Görüntü İşleme

Teknolojideki hızlı gelişime paralel olarak, pahalı veya yetersiz insan gücü yerine amaca uygun akıllı makinelerin tasarım ve üretimi önem kazanmıştır. Bu alana yönelik araştırmaların artmasıyla ihtiyaç alanları da büyümeye başlamıştır. Özellikle gelişmiş ülkelerde otomasyon ve robotların kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir. Günümüzde otomasyon sistemleri ile görüntü işleme ve robotların birleştirilmesi sonucunda istenilen alana yönelik, kısa sürede kendisini amorti edebilen uygun sistemler geliştirilebilmektedir. Son yıllarda işletmelerde faaliyet hızlarını korumak ve bu sayede içinde buldukları pazarı kaybetmemek adına ulaştırma operasyonlarının yerine getirilmesini sağlayacak, bütün kademeleri içinde barındıran lojistik yönetim sistemleri önem kazanmıştır. Bu sistem sayesinde maliyetin azaltılması planlanmıştır.

Bu çalışmada işletmelerin doğru miktarlarda, doğru zamanda doğru yere teslimat yapmalarına ve maliyetleri düşürüp kaliteyi arttırmalarına yönelik çalışmaları desteklemek amacıyla, C++ programlama dilinde görüntü işleme yöntemiyle nesne tanıyarak depolama yapabilen 3 kayar ekleme sahip bir kartezyen robot tasarımı yapılmıştır. Bu robot sayesinde belirlenen işletme ihtiyaçlarının zamanında, istenen kalite ve koşulda karşılanması hedeflenmiştir.

Referans alınan çalışmalara bakıldığında, görüntü işleme programında kullanılan algoritmalarda elde edilen hatanın %3'ün altında olduğu hesaplanmıştır. Pratikte robot tarafından tutulacak parçaların bu uygulamadaki kadar hassas olmayacağı düşünüldüğünden tasarımın uygulanabilir olduğu düşünülmektedir.

A CARTESIAN ROBOT DESIGN FOR STORING BY USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES

SUMMARY

Key words: Logistics, Robots, Image Processing

Analogous to the fast improvement in technology, design and production of express smart machines have gained importance instead of expensive and inadequate human labor. Areas of need, with the increase of study in this issue, have started to expand as well. Particularly, the use of mechanization and robots is observed to be spreading in developed countries. Today, due to the combination of mechanisation systems, image processing and robots; proper systems which aims at the desired field and amortizes itself shortly can be improved. Recently, logistic management systems comprising all steps for transportation operations have gained importance in order to secure the activity flow in businesses and, therefore, not to lose the market they are in. Regarding this system, it has been aimed to reduce the cost.

In this study - in an attempt to support the endeavor to make delivery in true quantities, in time and to true place, and to raise the quality by reducing the cost – a cartesian robot which has 3 sliding joints, and which can make storing by identifying objects through screen processing in C++ programming language, has been designed. With this robot, we aim at meeting the needs of certain businesses in time and in desired quality and condition.

Looking into reference studies, it's calculated that error rate derived from algorithms which is used in image processing programming is lower 3 percent. It is assessed design work is practicable, because it is considered that pieces taken by robot is not accurate as this application practically.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İşletmelerdeki en büyük güç kaynaklarından biri olan lojistiğin uygulanma gerekliliği beraberinde birçok problemi de getirmektedir. 2. Dünya Savaşı'nda askeri alanda ihtiyaçların zamanında karşılanmasının ülkeler açısından ne kadar önemli olduğu ortaya çıkması sonucu lojistiğin önemi anlaşılmış ve bilimsel bir konu olarak ele alınması gerektiği kararına varılmıştır. Günümüzde kabul gören en geçerli lojistik tanımı The Council of Logistics Management (CLM) (Lojistik Yönetim Kurulu) tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, servis hizmetinin ve bilgi akışının, başlangıç noktasından (kaynağından) tüketildiği son noktaya (nihai tüketiciye) kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkili ve verimli bir şekilde planlaması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulmasıdır. Bu tanımdaki en önemli iki unsur müşteri ve tedarik zinciridir. Lojistikçiler için müşteri; her türlü teslim noktalarıdır. Tedarik zinciri; tedarikçilerden, üreticilerden, dağıtıcılardan, toptancılardan ve perakendecilerden meydana gelmektedir. Lojistikçiler tedarik zinciri içinde malzeme ve bilgi akışını sağlayarak tedarikçi ve müşteri arasında köprü görevi üstlenir.

Kalite kontrolde insan unsuru ele alındığında tekrarlanan işler nedeniyle sıkılma, geç sonuca varma, yorgunluk nedeniyle gözden kaçma ve zaman kaybı gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunları azaltmak ve ortadan kaldırmak için vardiya sistemine geçilmektedir, fakat bu da her işletme için uygun olmayabilir. Bu çalışmada depolama sorunlarının çözümüne yönelik bir robot tasarımı yapılmıştır. Depolama sisteminde ayrıca robotu konumlandırılan bir yazılım bulunmaktadır. Bu yazılımın ihtiyaç duyduğu girdileri sağlayacak giriş ekipmanları şunlardır; barkot okuyucu, magnetik stick (ya da vakum tutucu), görüntü işlemede kullanılacak kamera, depodan ilgili talepleri almak için kullanılan bilgisayarlardır. Bu ekipmanlar sayesinde; robotların tekrarlanan, sıkıcı işlerde çalışma özelliğinin yanında, bir kameradan alınan görüntülerin uygun programda ele alınmasıyla görüntü işleme

teknikleri kullanılarak tasarlanan robotun uygun pozisyona malzeme yerleştirilmesi planlanmıştır. Ayrıca çıktı miktarını arttırmak, ucuz maliyet, insan hatalarını elimine etme ve kalite kontrol hatalarını minimuma indirmek de amaçlanmıştır.

Görüntü işlemeye dayalı robot tasarımı birçok alanda kullanılmaktadır. Bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları;

- Bilgisayar tabanlı açık robot kontrol sistemi; 2001 yılında Pusan Uluslar arası Teknik Üniversitesi tarafından yayınlanan makalede bilgisayar yazılım tabanlı robotların ihtiyaç duyulan sistemlere uygun şekilde yenilenmesi ele alınmıştır. Çalışmadaki amaç yazılımın esnekliğinin test edilmesidir. Girdilerle ve istenen sonuçların farklılaşmasıyla değiştirilebilen bir yazılım ve bu yazılımı uygulayacak robot sistemleri ele alınmıştır. Yazılım ihtiyaca göre değiştirilerek robotun işe uygun hale getirilme imkânı sunulmuştur [1].
- Otonom bir robotta salatalık toplama testi; 2004 yılında Hollanda Greenhouse Mühendislik Departmanı'nın yayınladığı makalede görüntü işleme metodu kullanarak raylı bir sistem üzerinde hareket eden ve belirlenen salatalıkları toplayan bir robot tasarımı ele alınmıştır. Sistemin diğer sistemlere göre %74,4 daha verimli olduğu saptanmıştır. Fakat bu sistemde de istenmeyen sonuçlar elde edilmiştir. Sistemin hassasiyeti çalışma alanındaki engellerden (salatalıkların yapraklar altında kalması, renklerinin değişken olması, boyutlarındaki farklılıklar gibi...) toplanan salatalıkların boyutlarından etkilenmektedir, bu sebeplerden dolayı istenmeyen sonuçlar da elde edilmiştir. Ayrıca çalışmalara devam edilmektedir [2].
- Yol hat çizgileri boyamak için bir robotik sistem; 2007 yılında Kore Üniversitesi tarafından yayınlanan makalede tamamen veya kısmen silinmiş yol çizgilerinin sensörler tarafından algılanması, belirli bir programda görüntünün işlenmesi ve robot tarafından tekrar boyanması ele alınmıştır. Kullanılan görüntü işleme programı sayesinde taranan görüntülerle, kurulan sistem sayesinde robota verilen komutlarla boyama işlemi yapılmıştır. Bu çalışmaya paralel olarak bu alanda birçok çalışma yapılmıştır [3].

- Çoklu robot koordinasyonu için makine öğrenim yaklaşımı; 2007 yılında İngiliz Kolombiya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi tarafından yayınlanan makalede 2 ayrı robot topluluğunun bilgisayarla öğrenimi ele alınmıştır. 2 adet robota reinforcement öğrenim (pekiştirilmiş öğrenme), 2 adet robota ise genetik algoritma yöntemi uygulanmıştır. Araştırmanın amacı belirli bir iş için birden fazla robotun 2 ayrı sistemle eğitilmesi ele alınmıştır. Farklı eğitilen robotların aynı işlemleri yerine getirip getiremedikleri araştırılmıştır [4].

Makalelerin dışında üniversitelerin robotik bölümlerinde tez çalışmaları da yapılmaktadır. Ülkemizde ise son yıllarda robotlara yönelik yapılan en önemli çalışmalara şunlardır;

- Proje Adı: Boya Robotu Prototipi Tasarımı ve İmalatı,
Projeyi Yürüten Kurum: İTÜ Makine Fakültesi
Projeyi Destekleyen Kurum: TÜBİTAK
- Proje Adı: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Endüstriyel Robot Uygulamaları Projesi
Proje Yürütücüsü: Birleşmiş Milletler
Projeye Katılan Ülkeler: Türkiye (İTÜ-püskürtme robotu konusu ile), Portekiz, Bulgaristan, Polonya, Romanya, Yugoslavya, Macaristan.
- Proje Adı: Robotek E-1 projesi
Projeyi Yürüten Kurum: İTÜ
- Proje Adı: Eğitim Robotu ER-1
Projeyi Yürüten Kurum: İTÜ
- Proje Adı: Özürlüler İçin Tekerlikli Sandalye Robotu
Projeyi Yürüten Kurum: Bremen Üniversitesi
Proje üzerinde inceleme yapan Türk bilim adamı: Prof. Dr. Asaf Varol, Fırat Üniversitesi [5].

Bunların dışında günümüzde robotların görme sistemleri için ses dalgası (OKUYAMA ve Ark. 2002; BORENSTEIN ve KOREN, 1989), lazer ışını (AN ve WANG, 2004) ve kamera (JAFARI ve JARVIS, 2004; WONG ve JARVIS, 2004; GONZALEZ ve Ark. 1999; ALVAREZ ve Ark. 2004; RUICHEK ve Ark. 2004) ile çalışmalar yapılmaktadır [6].

Bu çalışmada ele alınan üç kayar ekleme sahip, x ve y ekseninde kayma işlemi yaparken z ekseninde parçayı tutup istenen depoya koyması amaçlanan bir robot tasarlanmıştır. Bant üzerinde bulunan parçaları görüp uygun olanlarının robot tarafından yakalanmasını sağlamak için ise bir görüntü işleme programı yazılmıştır.

İncelenen kare ve dikdörtgen parçaların pratikte kalınlığı olan parçalar olabileceği düşünülmüş, alan bulmaya yönelik hata analiz sonuçları %3'ün altında olduğu hesaplanmıştır. Daha önceki çalışmalar referans olarak alındığında hesaplanan bu hata yüzdesi robotun pratikte de kullanılabileceğini göstermiştir.

BÖLÜM 2. ROBOTLAR

2.1. Giriş

Robotların şimdiye kadar birçok farklı tanımı yapılmıştır. Webster sözlüğünde robot, “genellikle insanların gerçekleştirdikleri işlevleri yerine getiren otomatik araçlar” olarak tanımlanmaktadır.

Uluslararası Standartlar Enstitüsünün (ISO), TR-8373 numaralı tanımına göre robot: “endüstriyel uygulamalarda kullanılan, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya hareket edebilen manipülatördür”. Endüstriyel robot, Robotik Endüstrileri Birliği tarafından, “çeşitli işlerin gerçekleştirilmesi için malzemelerin, parçaların ve özel aygıtların programlanmış hareket ettiriciler aracılığıyla taşınması için tasarlanmış, yeniden programlanabilen çok fonksiyonlu araç” olarak tanımlanmıştır.

Robotun, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılan tanımı ise, “malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç” şeklindedir.

Yukarıdaki tanımlarda da görüldüğü gibi robot; canlılara benzer işlevleri olan ve davranış biçimleri sergileyen makinelerdir. Temel olarak bir robotun aşağıdaki özelliklerinin olması gerekir:

İşlem Yapma Yetisi: Bir işlemi fiziksel ya da farazi olarak yerine getirebilmelidir, aksi takdirde madde olarak tanımlanır.

İşlemin Sonucunu Belirleme Yetisi: İşlemi yaptıktan sonra mutlak olarak işlemin sonucunu belirlemelidir.

Karar Verme Yetisi: İşlem sonucuna göre ya da dış etmenlere göre mutlaka bir yargı kurabilmelidir.

Bu yapıları bünyesinde barındıran bir sisteme genel olarak ROBOT adını verilebilir [7].

2.2. Robotların Kullanıldığı Yerler

Günümüzde robotların büyük bir çoğunluğu endüstride kullanılmaktadır. Sanayi tipi robotlar boyama, sızdırmazlık, kaynak, montaj, makinelere parça yükleme, boşaltma işlerinde ve kimya, beyaz eşya, otomotiv endüstrilerinde kullanılmaktadır. Bunlar tamamen insan kolunun biyolojik özelliklerini taklit ederek çalışan sistemlerdir. En büyük özellikleri ise mekanik ve elektronik olarak insan eklemlerinin hareketlerini modelleyerek taklit etmeleridir. Robotlar, insanın hareket sahasını üç-dört kat genişletebilmektedirler. En yeni teknolojik donanım ve yazılımlarla yüklü olan bu robotlar, yaklaşık beş yüz kiloluk yükleri yüz mikron hassasiyetinde bir hata payı ile kaldırıp istenilen noktaya yerleştirebilmektedirler. Robotlar hassaslık ya da güç gerektiren işleri, büyük bir hızla hatasız olarak yerine getirebilmektedirler. Bazı robotlar ve yerine getirdikleri işlemlere bakılacak olunursa;

Servis robotları, hastanelerde doktorları asiste eden, elektrik direklerinin kablolarını bağlayan ve genel temizlik işlerine bakan aygıtlar gibi genel hizmet cihazlarını kapsamaktadır.

Askeri robotlar, televizyonlarda savaş haberlerinde, filmlerde çok sık izlenen düşmanı yok etmeye veya keşif görevi görmeye yarayan uzaktan kumandalı aygıtlardır. Mayın arama cihazlarından, insansız casus uçaklarına kadar pek çok alet bu sınıfa girmektedir.

Robotlar, bilimsel araştırmalarda, okyanusların derinlikleri, volkanların kraterleri gibi insanların çalışamayacağı yerlerde de sıklıkla kullanılmaktadır. İnsanların

gidemeyeceği yerlere onlarca mini robot gönderilerek araştırmalar yapılmaktadır. NASA da, robotları uzay araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Mars'a gönderilen Pathfinder, Spirit, Opponent bunların sadece birkaçıdır. NASA'nın hedefiyse diğer gezegenlerde insan yerine hayat arayacak robotlar yapmaktır.

Daha bir çok yerde robotlar kullanılmakta, her geçen gün bu oran biraz daha artmaktadır. Robot kullanımının artması teknolojinin gelişiminin en önemli örneklerindedir.

2.3. Robotların Avantajları ve Dezavantajları

Günümüzde robot uygulamaları başlıca otomotiv, elektrik, elektronik ve mekanik olmak üzere endüstrinin hemen her alanında görülebilir. Endüstride robot kullanımının başlıca nedenleri aşağıda görülebilir;

- İşçilik maliyetini azaltmak,
- Tehlikeli ve riskli yerlerde çalışanların yerini almak,
- Daha esnek bir üretim sistemi sağlamak,
- Daha tutarlı bir kalite kontrol sağlamak,
- ıktı miktarını artırmak,
- Vasıflı işçilik sıkıntısını karşılayabilmek,
- Üç vardiya boyunca aralıksız çalışma kabiliyeti,
- İnsana göre daha fazla yük kaldırma kabiliyeti,
- İnsana göre daha çabuk sonuca ulaşma kabiliyeti,
- Usandırıcı ve tekrarlı işlerde yeterlilik,
- Tehlikeli ortamlarda çalışabilme kabiliyeti,
- İnsan hatalarını elimine etmek,
- Kalite kontrol hatalarını minimuma indirmek,
- Kendini hızla amorti etmek,
- Yüksek hareket esnekliği,
- Yüksek kar elde edilmesidir.

Yukarıdaki birçok faydalarının yanında şu sakıncaları robotlar için söylenbilir;

- Düşünemez,
- Vision System, ile yalnızca kendisine öğretilen cisimleri görebilir,
- Programlanmadan çalışamaz,
- Kendisine öğretilenleri yapabildiğinden hareketleri kısıtlıdır,
- Yüksek yatırım maliyeti,
- Boşa geçen bakım ve onarım zamanları [8].

2.4. Robotu Oluşturan Parçalar, Robot Hareket ve Hassasiyeti

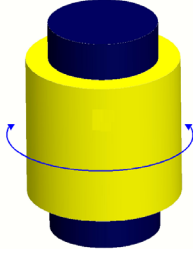
Robot dört ana kısımdan meydana gelir:

- Bir mekanik yapı ya da eklemlerle birbirine bağlanmış sıralı rijid cisimlerden (uzuvlardan) oluşan manipülatör, (manipülatör, serbestliği sağlayan bir koldan (arm) , el becerisi sağlayan bir bilekten “wrist” ve robotun yapması gereken görevi tamamlayan sonlandırıcıdan “end effector” oluşmaktadır.)
- Eklemlerin hareketlenmesiyle manipülatörün hareketini sağlayan hareketlendiriciler (actuators-motors) ,
- Manipülatörün veya çevrenin durumunu gözleyen algılayıcılar (sensors),
- Manipülatör hareketini kontrol eden ve yöneten bir kontrol sisteminden oluşmaktadır.

2.4.1. Eklem yapıları

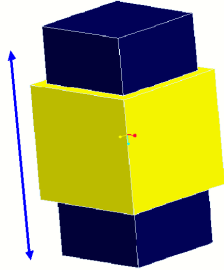
Eklemler manipülatörlerde hareketi sağlayan mekanizmalardır ve yapılarına göre ikiye ayrılırlar:

- Döner (Revolute – R) Eklemler : Menteşeye benzer ve iki uzuv arasında dönme hareketine izin verir.



Şekil 2.1. Döner tip eklem

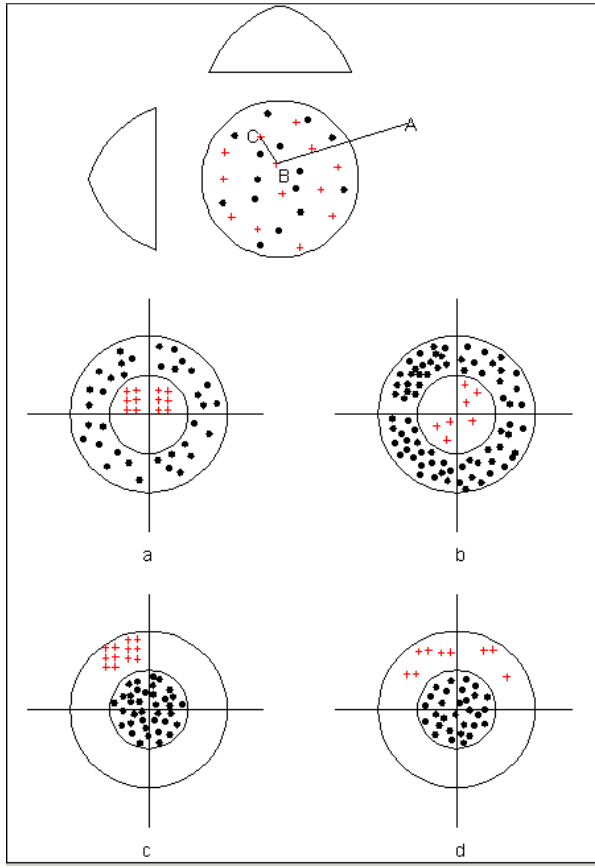
- Kayar (Prismatic – P) Eklemeler : İki uzuv arasında doğrusal harekete izin verir [9].



Şekil 2.2. Kayar tip eklem

2.4.2. Robot hareketi ve hassasiyeti

Robot hareketlerinde, kararlılık ve cevap hızı iki önemli karakteristiktir. Hız, robot kolunun bir noktadan diğer bir noktaya çabuk bir şekilde nasıl hareket ettiğini belirler. Kararlılık, salınımın en küçük miktarı ile robot hareketi arasındaki ilişkidir. Bir robot, yeterli hızda ve aynı zamanda kararlılığa sahip olmalıdır. Hız ve kararlılık sık sık çelişen hedeflerdir. Fakat robotlarda iki parametre arasındaki uyumu sağlamak için iyi bir kontrol sistemi tasarlanabilmelidir.



Şekil 2.3. Hassasiyet ve tekrarlanabilirlik,

- a) Yüksek hassasiyet ve yüksek tekrarlanabilirlik,
- b) Yüksek hassasiyet ve düşük tekrarlanabilirlik,
- c) Düşük hassasiyet ve yüksek tekrarlanabilirlik,
- d) Düşük hassasiyet düşük tekrarlanabilirlik.

Şekil 2.3. a'ya bakıldığında robotun uç elemanının verilen koordinatlara ilerleyebildiği ve daha önce öğretilen işi tekrarlayabildiği, Şekil 2.3. b'de ise uç elemanın doğru noktalara ilerleyebilmesine karşın öğretilmiş işi tekrarlayamadığı, Şekil 2.3. c'de robot uç elemanının verilen koordinatlara doğru şekilde ulaşamadığı ancak daha önce öğretilen işi tekrarlı olarak yerine getirebildiği, Şekil 2.3. d'ye bakıldığında ise robot uç elemanının tanımlanan çalışma uzayında doğru olarak çalışmadığı ve öğretilen işi tekrarlı olarak yerine getiremediği görülmektedir.

Robot hareketinin hassasiyeti üç temel özelliklerle tanımlanır:

1. Uzaysal çözünürlük
2. Hassasiyet
3. Tekrarlanabilirlik

2.4.2.1. Uzaysal çözünürlük

Bir robotun uzaysal çözünürlüğü, robotun iş hacmini bölebildiği hareketinin en küçük artışıdır. Bu, sistemin kontrol çözünürlüğü ve robotun mekanik kusurlarına bağlıdır, ayrıca robotun pozisyon kontrol sistemi ve onun geri besleme ölçüm sistemi tarafından belirlenir. Denetleyiciler, her bir eklem için hareketin toplam çalışma alanını bağımsız artışlara böler. Kontrol hafızasının kapasitesi, toplam çalışma alanının artışlara bölünme kabiliyetini belirler. Belirli bir eksen için, ayrılmış artışların sayısı aşağıdaki formülle belirlenir.

$$\text{Artış sayısı} = 2^n$$

Burada "n", kontrol hafızasının bit sayısıdır.

2.4.2.2. Hassasiyet

Robotun hassasiyeti, bilek ucunun veya bileğe takılı bir takımın verilen bir hedef noktaya çalışma hacmi içinde gidebilme kapasitesidir. Hassasiyet, uzaysal çözünürlük ile yakından ilgilidir. Çünkü uzaydaki bir noktaya ulaşmak için robotun kabiliyeti, mafsal hareketlerini küçük artışlara bölme özelliğine bağlıdır. Bir robotun hassasiyeti, birbirine komşu iki çözünürlük noktası arasındaki mesafenin yarısıdır. Robotun hassasiyeti, mekanik hassasiyet bozukluklarından etkilenir. Örneğin elemanların esnemesi, dişliler arasındaki boşluk vb.

2.4.2.3. Tekrarlanabilirlik

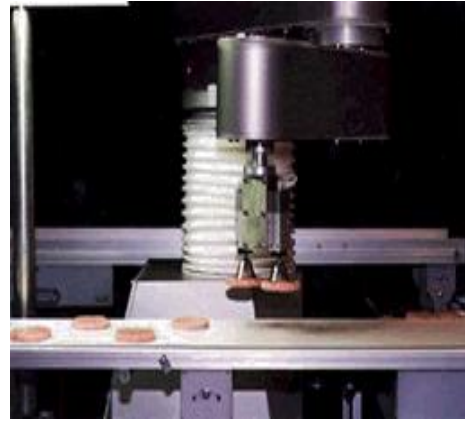
Tekrarlanabilirlik, bir robotun daha önce kendisine öğretileni yapabilme kabiliyetidir. Tekrarlanabilirlik hatası aşağıda anlatıldığı gibi, hassasiyetten farklıdır (Şekil 2.3.).

Şekil 2.3. a'daki uzaysal çözünürlüğün sınırlarından dolayı hassasiyet, B noktası olacaktır. A ve B noktaları arasındaki mesafe, uzaysal çözünürlükten dolayı robotun sınırlandırılmış hassasiyetinin bir sonucudur. Robota B noktasına gitmesi söylendiğinde, onun yerine C noktasına gidecektir. B ile C noktaları arasındaki mesafe, robotun tekrarlanabilirlik sınırlarının üzerindeki bir sonuçtur. Bu arada, robota B noktasına gitmesi söylendiğinde, robot, her zaman C noktasına gitmeyecektir. Bunun yerine C noktası civarında bir kümeleşme olacaktır. Tekrarlanabilirlik hataları genellikle normal dağılım şeklinde farz edilir. Bahsedilen hata kümesi geniş ise burada hassasiyet düşüktür denilir. Bu arada, hataların standart sapması düşük olursa bu durumda da tekrarlanabilirliğin yüksek olduğu söylenmektedir [10].

2.4.3. Robot tutucuları

Robot uygulamalarında uç eleman olan tutucular parçaların taşınmasında montaj işlemlerinde, kaynak işlemlerinde, boyama işlemlerinde çok rahat bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat bir montaj hattında aynı tutucunun birden fazla işi yapması veya değişik özellikteki parçaları taşınması düşünüldüğünde bunun işlevsel bakımdan zorlukları görülmektedir. Bu durumda genel maksatlı robot ele ihtiyaç duyulduğu bir gerçektir. Robot ellerde eklemlerin hareketi için gerekli gücü üreten çeşitli teknolojilere dayalı hareketlendiriciler (actuator) vardır. En yaygın olarak kullanılan hareketlendirici teknolojileri elektrik motorları, hidrolik hareketlendiriciler ve pnömatik hareketlendiricilerdir.

- Mekanik Tutucular: Parçaları mekanik tutucular arasında tutarlar ve parmaklar mekanik olarak hareket ederler.
- Vakumlu Tutucular: Cam gibi düz nesnelere tutmak için kullanılır. İş parçası, tutucu ile arasında oluşan vakum yardımıyla tutulur. Şekil 2.4.'de vakum tutuculara örnek verilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi bir bant üzerinde akan parçalar belirlenen özelliklerine göre robot tarafından algılanarak vakum tutucuları sayesinde bant üzerinden alınmaktadır.



Şekil 2.4. Vakumlu tutucular

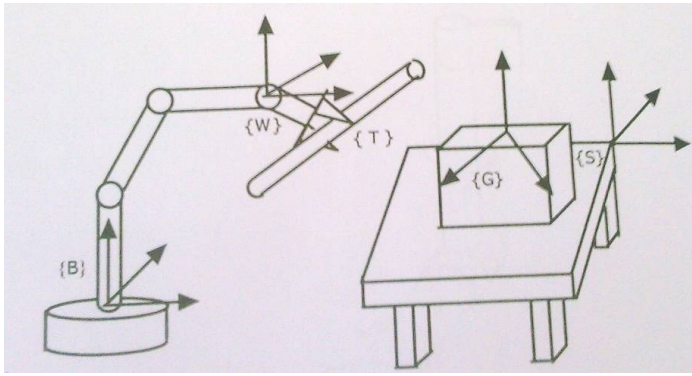
- Manyetik Tutucular : Metal malzemeleri tutmak için kullanılır.
- Yapışkanlı Tutucular: Yapışkan maddeler ve kumaş gibi esnek malzemelerin taşınmasında kullanılır [7].

2.5. Robotların Kinematik Analizi

Kinematik bilimi nesnelerin devinimleriyle ilgilenen bir hareket bilimidir. Robot kinematiği ile robotun kuvvet, hız ve ivme analizi yapılır. Özellikle uç işlevci (end effector) ile eklemler arasında bir ilişki tanımlanır. Bir robot yapısal olarak birbirine göre bağımsız hareket eden, öteleme (prizmatik- genellikle P) ve dönme (revolute-R ile gösterilir) hareketi gerçekleştiren eklemlerle, bu eklemleri birbirine birleştiren bağlardan oluşur. Dönme hareketinden dolayı gerçekleşen yere değiştirmeye eklem açısı (joint angle) ve bağlar arasındaki yere değiştirmeden dolayı oluşan ötelemeye ise eklem kayması (joint offset) denir. Her bir robot ekleminin konumu, bir öncekine veya bir sonrakine göre ifade edilir. Arka arkaya oluşturulan bu ilişkiye açık kinematik zincir denir. Bu ilişkiyi oluşturan ifadeler, robotun konum ve yönelim bilgisini içeren 4x4 homojen dönüşüm matrisi oluşturulur. Oluşturulan bu matrislerin sayısını, robotun serbestlik derecesi (degree of freedom) belirler. Üç boyutlu uzayda herhangi bir noktaya ulaşmak için 6 serbestlik derecesi yeterlidir.

Buna karşın, serbestlik derecesi altıdan fazla olan robotlarda artıklık (redundancy) durumu oluşur. Bu durumda, bir eklemin taradığı alan diğer eklemin taradığı alanla çakışır. Bu olay özel koşullar için tasarlanmış robotlarda görülür.

Robot ve robotun çalışma alanındaki nesnelere genel isimler verilir. Şekil 2.5.'de bir robot ve çalışma alanındaki nesnelere görülmektedir. Tablo 2.1.'de ise robot çalışma alanına ait tanımlar yer almaktadır [11].



Şekil 2.5. Robot ve çalışma alanı

Tablo 2.1. Robot Çalışma Alanı Tanımları

| | |
|---|--|
| Ana Çerçeve (B) (Base Frame) | Robotun sabit, yani hareket etmeyen parçasıdır. |
| İstasyon Çerçevesi (S) (Station Frame) | İstasyon çerçevesine evrensel çerçeve de denir. Robot bütün hareketlerini bu çerçevede yapar. İstasyon çerçevesi genellikle ana çerçeveye göre ${}^B_S T$ şeklinde tanımlanır. |
| Bilek Çerçevesi (W) (Wrist Frame) | Bilek çerçevesi robotun son bağlantısına yerleştirilmiştir. Bu çerçeve, ana çerçeveye göre ${}^B_W T$ şeklinde tanımlanır. |
| Araç Çerçevesi (T) (Tool Frame) | Bu çerçeveye robotun herhangi bir işlevi gerçekleştirmesi için eleman yerleştirilir. Araç çerçevesi bilek çerçevesine göre ${}^W_T T$ şeklinde tanımlanır. |
| Hedef Çerçevesi (G) (Goal Frame) | Robotun işlem yapacağı nesnenin üzerindeki çerçevedir. Hedef çerçevesi istasyon çerçevesine göre ${}^S_G T$ şeklinde tanımlanır. |

2.6. Robotların Sınıflandırılması

Günümüzde kullanılan robotlar çeşitli sınıflara ayrılabilirler. Bunlar kullanılan eksen takımlarına göre, tiplerine göre, kullanılan tahrik elemanının çeşidine göre vb. şekilde sınıflandırmalardır. Bunlardan en önemli olan sınıflandırma yöntemleri aşağıda verilmiştir;

2.6.1. Robot eksenlerine göre sınıflandırma

Bir robot hareketinin kapasitesi, kontrol edilebilmesi mümkün olan eksenlerdeki hareketlerle belirlenir. Sayısal denetimdeki hareketlere çok benzerdir. Endüstriyel robotlar değişik tip ve boyutlarda yapılmaktadırlar. Çeşitli kol hareketlerini yapabilirler ve farklı hareket sistemlerine sahiptirler.

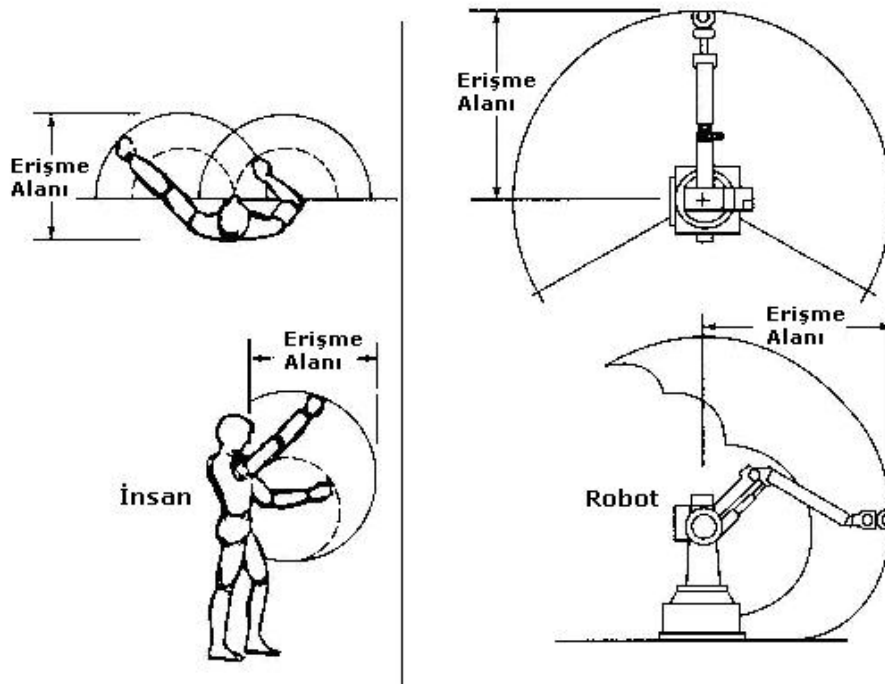
2.6.1.1. Robot hareketinin eksenleri

Manipülâtörün kendi ekseni veya serbestlik derecesi diye tanımlanan değişik hareketleri vardır. Eğer bir manipülâtör kendi ekseni etrafında dönüyorsa, bu robota tek eksenli robot denir.

Eğer manipülâtör yukarı ve aşağı doğru hareket ediyorsa, bu robota çift eksenli robot denir. Kendi ekseni etrafında dönen ve yukarı aşağı hareket eden manipülâtör, yatay eksenle ileri geri hareket de edebilir. Bu robota üç eksenli robot denir. Endüstriyel robotlar en az üç eksene sahiptirler. Bu hareketler, kendi ekseni etrafında dönmesi, yukarı-aşağı ve ileri-geri hareket edebilmesidir.

2.6.1.2. Çalışma alanı

Robotların tasarlanması ve geliştirilmesinde canlıların yaşama uyum sağlamak amacıyla geliştirdikleri karakteristiklerden ilham alınmaktadır. Robot kolunun yetiştirebileceği toplam alana, çalışma alanı denir. Şekil 2.6.'da mafsallı bir robotun çalışma alanı ile bir insan kolunun çalışma alanı arasındaki benzerlik görülmektedir.



Şekil 2.6. İnsan kolu ile mafsallı robotun çalışma alanları arasındaki benzerlik

2.6.2. Koordinat sistemlerine göre sınıflandırma

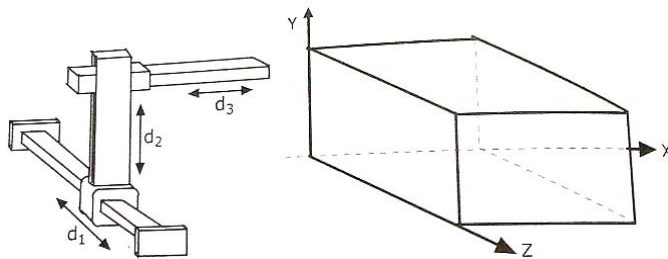
Koordinat sistemlerine göre robotlar dört kısımda incelenir:

- Kartezyen koordinat sistemi,
- Silindirik koordinat sistemi,
- Küresel koordinat sistemi,
- Döner koordinat sistemi.

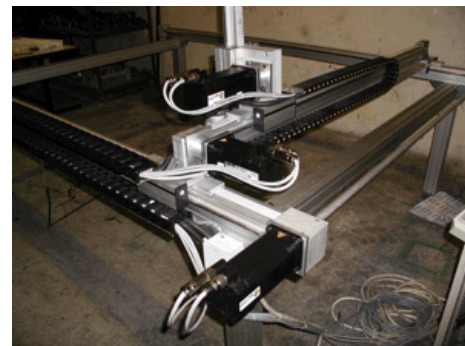
2.6.2.1. Kartezyen koordinat sistemi

Bu sistemde bütün robot hareketleri; birbirlerine karşı dik açılı şekilde olur (Şekil 2.7.). Bu konfigürasyon en kısıtlı hareket serbestine sahip robot tasarım şeklidir. Bazı parçaların montajı için gerekli işlemler kartezyen konfigürasyonlu robotlar tarafından yapılır. Bu robot şekli birbirine dik üç eksenle hareket eden kısımlara sahiptir. Hareketli kısımlar X, Y ve Z kartezyen koordinat sistemi eksenlerine paralel

hareket ederler. Robot, üç boyutlu dikdörtgen prizması hacmi içindeki noktalara kolunu hareket ettirebilir. Basit bir yapıya sahip oldukları için hareketlerin planlanması çok kolaydır. Bu tür robotlarda; pozisyon hesaplamaları, robot uç elemanının bulunduğu pozisyon, mafsalların o anda olduğu yerde bulunduğundan çok kolaydır. Çalışma alanları robotun yapısından daha küçüktür. Eğilme ve bükülme işlemlerini gerçekleştiremez. Yük taşıma kapasitesi diğer robot türlerine göre daha büyüktür. İnsan gücünün taşıma kapasitesini aşan yüklerin taşınmasında kullanılır. Bu nedenle genellikle yük araçlarına, yükleme ve boşaltma işlerinde, fabrikalarda ağır yükleri taşımak amacı ile fabrikaların tavanlarına monta edilerek kullanımı yaygındır. Islak, nemli, rutubetli çalışma ortamlarında kullanılabilir. Küçük güçte olanları pnömomatik olarak tahrik sistemine sahiptir. Büyük güç gereken yerlerde hidrolik tahrikli olan kartezyen robotlar kullanılır. Bunların yağ sızdırma problemleri olduğu için temizliğin önem arz ettiği ortamlarda pnömomatik tahrikli olanlar tercih edilir. Hava tahrikli olan robot tipinde basınçlı hava ve havanın kontrolüne ihtiyaç olduğu için yatırım maliyetleri daha ucuz olup işletim maliyetleri de düşüktür. Büyük güçte yapılan kartezyen robotların tahrik sistemleri, elektrik motorları veya hidrolik tahrik sistemleri ile sağlanmaktadır.



Şekil 2.7. Kartezyen robot ve çalışma uzayı



Şekil 2.8. Kartezyen robot

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

Kartezyen robotların avantajları;

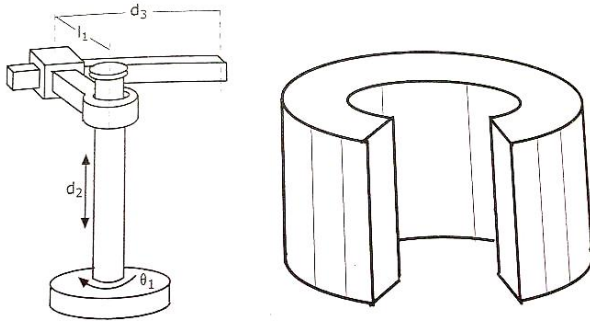
- Kinematik denklemler basit olduğundan kontrolü çok kolaydır.
- Gövde yapısı çok sağlam olduğundan yük kaldırabilme kapasitesi çok iyidir.
- Çalışma uzayının her noktasında geniş çaplı hareket kabiliyeti aynıdır.
- Kinematik yapısı basit olduğundan yeni eleman eklenmesi çok kolaydır.

Kartezyen robotların dezavantajları;

- Çalışma uzayının hacmi robotun boyutlarından küçüktür.
- Robot kendi ana gövdesine ulaşamaz.
- Prizmatik eklemlerinin çalışma ortamındaki tozlardan korunması güçtür. [11]

2.6.2.2. Silindirik koordinat sistemi

Bu tip robotlar temel bir yatak etrafında dönebilir ve diğer uzuvları taşıyan ana gövdeye sahip özelliktedir (Şekil 2.9.). Hareket düşeyde ve ana gövde eksen kabul edildiğinde radyal olarak sağlanır. Dolayısıyla çalışma hacmi içerisinde robotun erişemeyeceği, ana gövdenin hacmi kadar bir bölge oluşur. Ayrıca genellikle, mekanik özelliklerden dolayı gövde tam olarak 360° dönemez.



Şekil 2.9. Silindirik robot ve çalışma uzayı

Silindirik koordinatlarda tabana dik eksen etrafında dönme ve bu eksen üzerinde öteleme yapılırken bu eksene dik bir eksende de başka bir öteleme hareketi yapılır. Dönme serbestliğindeki mekanik engellerden dolayı teorik olarak silindirik bir çalışma alanı oluşması beklenirken bazı bölgelerde silindir yapısı tamamlanamaz. Zemine ulaşabilmenin arzu edildiği durumlarda robot kolu zemine açılan bir yuvaya yerleştirilir. Ancak bu durumda da ulaşılabilecek maksimum yükseklik azalır. Radyal hareketten dolayı, silindirik koordinatlı robotlar montaj, kalıpcılık gibi alanlarda kullanılabilir. Ancak kartezyen koordinatlı robotlarda olduğu gibi kayar elemanların korozyon ve tozlanmadan korunması gerekir.

Silindirik robotların avantajları;

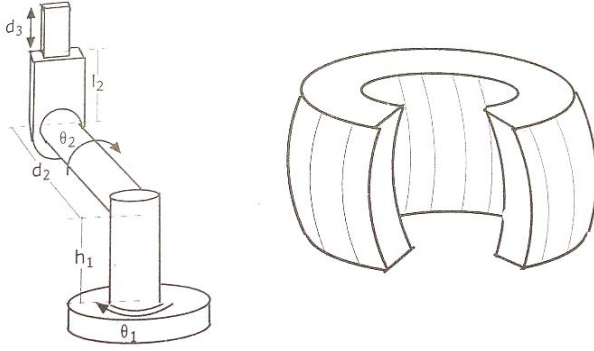
- Temel çerçevenin dönel olmasından dolayı uç işlevci hızlı hareket eder.
- Kinematik denklemler basit olduğunda kontrolü kolaydır.
- Kartezyen robotlara göre daha büyük çalışma uzayına sahiptir.

Silindirik robotların dezavantajları;

- Küresel robotlara göre daha küçük çalışma uzayına sahiptir.
- Geniş çaplı hareket kabiliyeti kol uzunluğuna göre değişir.

2.6.2.3. Küresel koordinat sistemi

Matematiksel olarak küresel koordinat sisteminin iki tane dairesel ve bir de doğrusal eksen olmak üzere üç tane eksen vardır (Şekil 2.10.).



Şekil 2.10. Küresel robot ve çalışma uzayı

Robotikte küresel koordinat sistemi en eski koordinat sistemlerinden biridir. Oldukça işlevli, bir çok uygulama alanına sahip özelliğinin yanında, yapım ve montaj açısından da oldukça kolaylık sağlamaktadır. Şekil 2.10.'dan da anlaşıldığı gibi temelde iki hareketi mevcuttur. Bunlar yatay ve düşey dönmedir. Üçüncü bir hareket ise doğrusal (uzama kolunun ileri geri hareketi) harekettir. Doğrusal hareket aynen kartezyen koordinatlardan herhangi bir koordinatın hareketi gibi davranış gösterir. Kutupsal koordinatlarda çalışan bir robotun çalışma hacmi iki kürenin ara hacminden oluşur. Koldaki uzuvlardan biri doğrusal hareket yaparken bunu destekleyen diğer uzuvlardan biri tabana dik eksen etrafında, diğeri ise bu eksene dik ve tabana paralel eksen etrafında döner. Ölü bölgeler bu tip robotlarda da vardır. Öteleme hareketi yapan uzvun stroğunun yetersizliğinden dolayı zemine ulaşmak mümkün olmaz.

Küresel robotların avantajları;

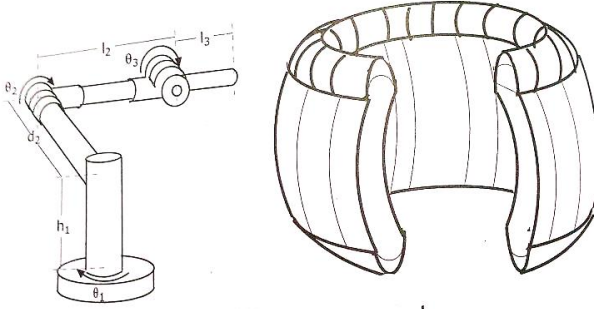
- Çok büyük çalışma alanına sahiptir.

Küresel robotların dezavantajları;

- Çok karmaşık kinematik denklemlere sahip olduğundan kontrolleri de zordur.
- Geniş çaplı hareket kabiliyeti her noktada farklıdır.

2.6.2.4. Dönel koordinat sistemi

Eğer bir robot herhangi bir iş yaparken, kolu dairesel hareketli bağlamlar oluşturuyorsa, bu tip robotlara dönel koordinat sistemli robotlar denir. Robot kolunun bağlantıları gövde üzerine, etrafında dönecek şekilde monte edilmiştir ve dayanak noktaları birbirine benzeyen iki ayrı bölümü taşır. Dönen parçalar yatay ve dikey monte edilebilir.



Şekil 2.11. Dönel robot ve çalışma uzayı

360° dönme sağlanamaz ancak bu kayıplar minimuma indirilebilir. Şekil 2.11.'de dönel koordinatlarda çalışma hacmi görülmektedir. Bu tip robotlarda robot kolun çalışması zor gözlenir. Çalışma hacmindeki noktalara farklı yörüngelerle ulaşılabilir. Buna göre sistem parametrelerinin en uygun olduğu yol seçilmelidir.

Dönel robotların avantajları;

- Çok büyük bir çalışma uzayına sahiptirler.
- Tamamı dönel olan eklemlerin hareket ettirilmesi kolaydır.

Dönel robotların dezavantajları;

- Geniş çaplı hareket kabiliyeti her noktada farklıdır. Çalışma uzayında her noktaya ulaşamazlar.
- Çok karmaşık kinematik denklemlere sahip olduklarından kontrolleri zordur.
- Doğrulukları düşüktür. Her eklemin oluşturduğu küçük hatalar sonuçta toplanarak daha büyük bir hataya neden olur [11].

2.6.3. Kesinlik derecelerine göre sınıflandırma

2.6.3.1. Çözünürlük

Çok küçük bir yer değiştirmeyi gerçekleştirme yeteneği olan çözünürlük, endüstriyel gelişmelere paralel olarak her geçen gün artmaktadır.

2.6.3. Doğruluk

Doğruluk, daha çok çevrim dışı uygulamalarda kullanılan bir özelliktir ve bir robotun hareket edebilmesi için yazılan programın, uç işlevci tarafından gerçekleştirme derecesidir.

2.6.3.3. Yinelenebilirlik

Robotun uç işlevcisinin bir çok işlemi gerçekleştirdikten sonra tekrar aynı noktaya gelebilme yeteneğidir. Bir robotun “ tut ve yerleştir” özelliği için programlandığında her seferinde aynı noktadan nesneyi alabilmesi örnek olarak verilebilir.

2.6.4. Kullanılan güç kaynağına göre sınıflandırma

2.6.4.1. Elektrikle çalışan robotlar

DC servo motorların robotlarda kullanılmasının en önemli nedeni, düşük gerilimde yüksek tork üretmeleridir. Adım motorları ise daha basit uygulamalarda (tut ve yerleştir) kullanılırlar. Çünkü bu uygulamalarda yüksek tork ihtiyacı yoktur.

2.6.4.2. Hidrolik robotlar

Bu tip robotlar daha çok ağır endüstride kullanılırlar. Ürettikleri yüksek torka oranla tükettikleri güç düşüktür. Bu avantajlarına rağmen performansları doğrusal olmadığından, elektrik motorlarına göre kontrolleri zordur.

2.6.4.3. Pnömatik robotlar

Robot uygulamalarında kullanılan en basit tasarıma sahip sürücülerdir. Prensipte olarak hidrolik robotlara benzerler. Fakat hareket eden robot pistonlarının ataletini hızla ortadan kaldıracak hava basıncının üretilmemesinden dolayı kontrolü zordur.

2.6.5. Kontrol yöntemlerine göre sınıflandırma

2.6.5.1. Noktasal kontrol edilen robotlar

Bu tür robotlar için özellikle belirtilmiş bir çalışma alanı yoktur. Bu sınıfa giren robotların serbestlik derecesi altıdan küçüktür ve genellikle bir nesneyi bir yerden başka bir yere yerleştirmede (tut ve yerleştir, pick and place) kullanılır.

2.6.5.2. Sürekli yörünge kontrollü robotlar

Bu tip robotlar bir kullanıcı tarafından belli bir yörüngeyi izleyecek şekilde kontrol edilirler. Kaynak işlemleri gerçekleştiren robotlar bu sınıf için uygun bir örnektir.

2.6.5.3. Denetimli yol robotları

Denetimli yol robotlarında, denetim ekipmanı, yüksek derece doğruluklu, doğrular, daireler ve interpolasyon eğrileri gibi farklı geometrilerin yoluyla çizilebilir. Mükemmel doğruluk, belirlenmiş bir yol boyunca herhangi nokta elde edilebilir. Sadece başlama ve bitiş noktalarında ve belirli fonksiyon yolu, robotun denetim belleğine kaydedilmelidir. Tüm denetimli yol robotlarının yollarını ayarlama bir servo kabiliyetlerine sahip olmasını söylemek önemlidir.

2.7. Robot kontrol sistemleri

Bir robot sistemin tasarımında, istenilen hareketlerin kusursuz biçimde elde edilmesi için, kontrol ünitelerinin ve programlama şekillerinin doğru seçilmeleri gerekir. Kontrol birimindeki özel bir kabin içerisine yerleştirilen bilgisayar sayesinde, kontrol bağlantıları yapılan bütün alt sistemlerin yönetimi yapılabilir.

Robot sistemlerin kontrollerindeki en karmaşık yapı, siborg (cyborg) adı verilen, bir bölümü makine diğer bölümü biyolojik yapıdan oluşan sistemlerdir. Bu gibi sistemler günümüzde, yapay kalça eklemelerinde ya da kalp kapakçıklarında kullanılmaktadır. Robotik kontrol sistemlerinin, insanların sağlıklarını düzeltmek amacıyla, tıp alanında kullanılmasına tam olarak siborg (cyborg) demek mümkün değildir. Siborg; sibernetik ve organizmanın bir karışımıdır. Sibernetik, mühendislik ve biyolojide denetim düzenlerinin (kontrol sistemlerinin) bilimidir.

Robot sistemlerin kontrollerinde ya da programlarında meydana gelebilecek yanlışlıklar, ilgili alt sistemlerin çalışmasında büyük hatalara sebep olabilir. Örneğin, robot kol sistemine ait pnömatik piston tipindeki bir sürücü hassas kontrol edilememesinden dolayı, meydana gelen hata neticesinde hem çevresine zarar verebilir, hem de kullanılmaz duruma gelebilir. Bu nedenle, robot sistemler içerisinde kullanılan bütün sürücüler ve alt sistemlerin en hassas biçimde kontrolleri sağlanmalıdır. Zamanla sistemdeki mekanik aşınmalar ve sürücü hatalarından meydana gelecek aksaklıklar, robot sistemin pozisyonunu kontrol eden denetleyicilerle, konum hatası sınır toleransları içerisinde tutulmalıdır.

Uygun şekilde bir araya getirilen mekanik ve elektronik sistemlerin kumanda edilmesi ve robot sistemlerinin hareketlerinin düzenli bir şekilde yapılması için, robot sisteminde en son yapılan işlem kontrol ve programlama biriminin yerleştirilmesidir. Kontrol birimi, güçlü bir bilgisayar yerleştirilmiş özel kabinden oluşur ve robotun bütün alt sistemlerinin görevlerini düzenler. Kontrol birimi, robot aktüatörleriyle ilgili olan taşıma işlemlerini belirtilen hata sınırlarında, robotun içerisine yerleştirilen dâhili sensörlerle kontrol eder. Robot sisteminin çevre ile ilgisi

varsa, harici sensörler kullanılarak kontrol sağlanır. Robotlarda kullanılan kontrol alt sistemleri temelde İki gruba ayrılır.

- Açık Çevrimli Kontrol Sistemleri
- Kapalı Çevrimli Kontrol Sistemleri

2.7.1. Açık çevrimli kontrol sistemleri

Açık çevrimli kontrol sistemlerinde, çıktı hareketinin miktarını algılayacak kontrol birimi yoktur. Endüstride yapılan işlerin çoğu, genellikle insanlar tarafından açık çevrimli kontrolle yapılır. Operatör, kumanda kolunu kontrol ederek istediği büyüklükteki deliği açabilir. Manuel kontrollü bütün mekanizmalar, insan kontrolünde kapalı çevrimli kontrol sistemi gibi çalışsa da, gerçekte açık çevrimli kontrol sistemleridir. Açık çevrimli kontrol sistemleri, kartezyen tip robot kolların fazla hassasiyet gerektirmeyen eksenlerindeki hareketlerinin kontrolünde kullanılabilir. Kartezyen robot kollar öteleme hareketleriyle ilgili olduğundan, matematiksel olarak pozisyon hesaplamaları en yalın sistemdir. Yüğü, bir yerden bir yere götürmek için gerek duyulan eklem hareketini hesaplamak kolaydır ve kol hareketi, yük yönlendirilmesine etki etmez. Açık çevrimli kontrol sistemleri, yapılması istenen işlerin hassasiyetinin düşük olduğu durumlarda kullanılır. Kullanım sırasında sistemde, insan faktörü ya da kumanda kolları yerine bilgisayar da kullanılabilir.

Bilgisayarda, motorun on-off durumu istenilen hareket sırasına göre programlanmıştır. Hareketin bütününe elde etmede, motoru çalıştırmak için önceden tasarlanan hareket süresi bilgisayara işlenmelidir. Bu şekildeki sürücü kontrolüne on-off kontrol denir. Sürücüleri istenilen miktarda hareket ettirmek için, belirlenen süre kadar enerji anahtarı açılır. Açık çevrimli kontrol sistemlerinin, hassas pozisyon kontrolünde kullanılmamasının bazı nedenleri şunlardır:

- Sürücülerdeki ilk harekete geçme ve durma anlarındaki hız sapmaları,
- Yük büyüklüğü,
- Sürtünme.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı, belirlenen işlem zamanı içerisindeki hareket miktarı değişebilir. Bilgisayar ile açık çevrimli olarak kumanda edilebilen en iyi sürücü, step-adım motorlarıdır. Step motor, elektrik akımı verildiği sürece sabit adımla döner. Bilgisayar yardımıyla kontrol step motorları kumanda etmek için en iyi yollardan biridir. Açık çevrimli kontrol sistemlerinde görülen genel özellikleri şunlardır:

- Açık çevrimli kontrol sistemlerinde, sürücülerde ve mafsallarda oluşan hareket miktarları ölçülemez.
- Robot mafsallarının doğru konuma geldiğini ölçebilecek bir eleman yoktur.
- Açık çevrimli kontrol sistemlerinde, step motorlar kullanıldığında istenilen miktardaki hareketi elde etmek mümkün olabilmektedir.
- Açık çevrimli kontrol sistemlerin kurulum maliyeti, kapalı çevrimli kontrol sistemlerinin maliyetine göre daha düşüktür.
- Açık çevrimli kontrol sistemlerinin kullanım alanları sınırlıdır.

2.7.2. Kapalı çevrimli kontrol sistemleri

Kapalı çevrimli kontrol sistemi, açık kontrol sistemlerine konum ölçü devresi eklenerek, sürücülerin yaptığı hareket miktarını sistem içerisinde algılayarak, sürücülere kumanda edilmesi esasına göre çalışır. Bir hidrolik silindire konum ölçü devresi eklenerek, robot kol sistem mafsalının hareketleri kontrol edilebilir. Kapalı çevrimli kontrol sisteminin genel çalışma özellikleri şunlardır:

- Sürücüyü kontrol eden devre elemanları, sisteme hareket noktasında ilişkilendirilmelidir.
- Silindir veya mafsalın gerçek pozisyonu transistör ya da transdüktör kullanılarak ölçülmelidir.
- Hareket uzaklığı ölçülüp, silindir ile karşılaştırılarak, silindir istenilen miktar kadar hareket ettirilir.

Sisteme transistör eklenmesi sırasında montaj için en uygun yer sürücünün üzeri değil, hareket eden mafsalın üzeridir. Böylelikle sürücülerde ve bağlantılarındaki aşınmadan dolayı oluşacak hatalar önlenmiş olur.

Kapalı çevrimli sistemlerde, sürücülerin pozisyonu sürekli olarak sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Sinyaller genellikle voltaj miktarlarının değiştirilmesiyle oluşur. Kolay bir hesaplama için her bir mm hareketin yerine getirilmesi için kontrol devresinden 0,1 Volt sinyal şarj olacak şekilde ayarlanabilir. Voltaj düşmesi sinyali alındığı bir durumda, silindir ilerleme pozisyonundan geri getirilir. Kontrol teorisinde sinyaller “,” sembolü ile tasarlanır. Denetleyici (kontrolör) den ilk sinyalin sisteme girişi “,i” ile gösterilir. Denetleyiciden şayet robot kolunun 40 mm ilerlemesi istenirse, denetleyici; “,i= 40x0.1 = 4V” sinyal gönderir. Silindirin pozisyon kontrolü transistörler ile yapılmaktadır. Pozisyon transistörü, sürücü hareketiyle orantılı olarak analog ve dijital sinyal sağlar. Dijital sinyal, bilgisayarın anlayabileceği sayıları kodlayıp gönderen bilgileri anlatır. Transistörler, hareketli mafsalların konum açısını ölçebilir ve bir silindirin kontrolünde kullanılabilir. Yukarıda verilen örnek için silindirin boyunun 30 mm pozisyonuna gelmesi İstenirse, denetleyici transistör sinyali olarak: “,0=30x0.1=3” V’u hesaplar. Silindir o anda konum olarak 40 mm pozisyonunda bulunmaktadır. İstenilen konuma ulaşmak İçin 10 mm geri hareket etmesi gerekir. Burada konum hatası 10 mm’dir ve sinyal hata miktarı “,,” ile gösterilir. Konum hata sinyali denklemi “,,=,i-,0” şeklinde yazılır. Hesaplanan bilgilerin sistemde kullanılabilmesi için denetleyiciye geri bildirilmesi, dijital sinyal sağlayan transistörlerle olur. Bilgisayar programı basit bir hesaplama ile sistem sinyallerini karşılaştırıp gerekli voltajı hesaplayarak güç sistemine doğru pozisyon için gerekli analog voltaj üretmesi için sinyal verir. Sistemin bu şekildeki 1V hata sinyalini üretmek için, 4V ve 3V’ luk analog sinyalleri algılayan bu elemanına diferansiyel amplifier denir. Bu metotla 1V hata sinyali ile görülen 10 mm konum hatası düzeltilebilir. Hidrolik sistemlerde pozisyon hatası düzeltmek için, hatalı miktarı kadar hareket üreten elektro-hidrolik servo valfler vardır.

Pnömatik sürücüler kullanılan robotlarda, hidrolik silindirlerin kontrolünde anlatıldığı gibi benzer servo valflerle kontrol edilebilirler. Fakat hava rijit bir yapıda olmadığından tam pozisyon kontrolü elde etmek zordur. Çok parmaklı robot

tutucularının pnömatik sürücülerinin kontrolünde kapalı çevrimli kontrol sistemi kullanılabilir. Bu tip tutucuların parmak uçlarına kuvvet sensörleri yerleştirilir

2.8. Robot programlama yöntemleri

Robot sistemlere, program yazılarak aynı robot sistemin farklı zamanlarda değişik işler yapması sağlanabilir. Program bir öğretim paketidir. Robot sisteme ait her bir mafsalin ne zaman ve ne kadar hareket edeceği program içerisinde belirtilir. Çok amaçlı robotlarda, genel sistem kontrol elemanı bilgisayardır. Bilgisayar kullanıcı tarafından girilen dijital bilgileri mikrochipte saklar.

Mikrochipler robotun iç belleğini oluştururlar. Yeni bir program ya da aynı programın tekrarı istenirse, talimat olarak bilgisayara bildirilmesi gerekir. Düşük seviyeli robot sistemlerde bilgisayar kontrolü kullanılmaz. Robot hareketleri switchlerle ve elektronik devrelerle kontrol edilir. Bu en kolay kontrol şeklidir. Pnömatik sürücülü robot sistemler, küçük mekanik valfler ve selonoid valfler ile kontrol edilebilir. Bu tip kontroller hidrolik sürücüler kullanılan robotlar için uygun değildir. Robot sistemlerin çalışması sırasında, operasyonlar arasında zaman aralığını ayarlamak, hareketin hızını değiştirmek için değişik teknikler kullanılır. Bu tekniklerden bazıları çok ilkel olabilmektedir. Örneğin, bazı robot sistemlerde hareketi ve işlem sırasını değiştirmek için switchlerin fiziksel konumunu değiştirmek gerekir. İşlem sırasını değiştirmek için bazen devrenin değişmesi gerekir. Bu zahmetli ve zaman alıcı bir iştir. Bu şekildeki sistemler bazı iş makinelerinin otomasyonunda kullanılır.

Robot sistemlerin yeniden programlanmasını kolaylaştırmak için elektrik ya da pnömatik devre elemanları bir kontrol merkezinde toplanır. Programlama, pano ve panelde istenilen devre kurularak daha kolay yapılabilir. Robot sistemlerin programlanmasında kullanılan gelişmiş programlama teknikleri vardır. Gelişmiş programlama teknikleri yüksek seviyeli ve hareket alanı karmaşık robotların hareketinde kullanılır. Bu tekniklerden en fazla aşağıdaki 3 tanesi kullanılır.

1. Off-line programlama

2. On-line programlama
3. Klavuz programlama

2.8.1. Off-line programlama

Üretim hattından uzakta bulunan yerlere hareket programı yazmayı kapsar. Robot ve ortak elemanlar hardware donanım olarak adlandırılır. Robot sistemi çalıştırmak için programlarla yazılmış ve bilgisayara yüklenmiş denetim ve işletim programları software olarak adlandırılır.

Bu programlama tekniğiyle, robot sistem mafsallarının dinamik hareketleri kontrol edilebilir. Robot sistemlerde ivme, hız, konum kontrolünün hesaplanabilmesi büyük önem taşır.

Off-line programlama için ileri düzeyde planlama detaylarını bilmek gerekir. Bu tip programlamalar montaj hattında birden fazla robotun birlikte çalıştığı durumlarda kullanılabilir. Robot sistem kontrolünde kullanılan bilgisayarın işlem hacmi ve seviyesine bağlı olarak talimatlar programlanır. Bu işlem, programcı tarafından değişik şekillerde yapılabilir. Off-line programlamanın bazı özellikleri şunlardır;

1. Robot, sistem çalışma yerine montaj edilmeden, yapacağı görev için programlanmış olabilir.
2. Robot sistem eski programında çalışırken yeni bir iş için programı hazırlanabilir.
3. Programlama, özel bir ekip tarafından yapılabilir. Robotu sağlayan firma, robotu kullanan firma, robot bakım ve servisi program yapabilir.

2.8.2. On-line programlama

On-line robot sistem programlama yönteminde; programcı, programın yapılışı sırasında robotla doğrudan bağlantılıdır. Bu programlama sisteminde, robot kumanda merkezinde öğretim kutusu adında kontrol paneli vardır. Öğretim kutusu paneli üzerindeki kontrol butonları sayesinde programcı, robot kolu ile uç elemanını tanımlar ve programlar. Böylelikle kol hareket ettirilmesi, bel döndürülmesi vb. işler

yapılabilir. Operatör, kontrol paneli ve robotun yanında bulunarak, manüel olarak robot sisteme yaptırılması planlanan işi öğretir. Daha sonra robot sistem öğretilen bu hareket şekillerini kendiliğinden yapabilir. Mafsalların hangi sıra içerisinde, ne kadar uzağa, mümkün olan hangi hızda hareket edeceği talimatları, öğretici butonlar kullanılarak hafızaya alınır. Kolun ve uç elamanın bir yerden diğer bir yere hareketi öğretici panelin kullanılmasına güzel bir örnektir. Operatör programlamayı tamamladığında belirtilen talimatlar, istenilen sonuçları gerçekleştirir. Yapılan programa bir isim verilerek hafızada saklanarak, tekrar daha sonraki bir zamanda kullanılabilir. Adım ilerleme, al-taşı-yerleştir işlerinde en uygun programlama yöntemidir. Aşağıdaki iş alanlarında on-line programlama sistemi kullanımı pratiklik sağlar.

- Bir palet üzerinden elemanı ya da parçayı alarak, bir makineye yerleştirme işlemleri,
- Parçaları tezgâhtan alarak tekrar palete koyma işleri,
- Parça monte etme işleri,
- Cisimleri konveyör hattında hareket ettirme işlemleri,
- Kapları sıvı ile doldurma işleri,
- Isıl işlem fırınlarına parça verip-alma ve yerleştirme işlemini hızlandırmada kullanılmaktadır.

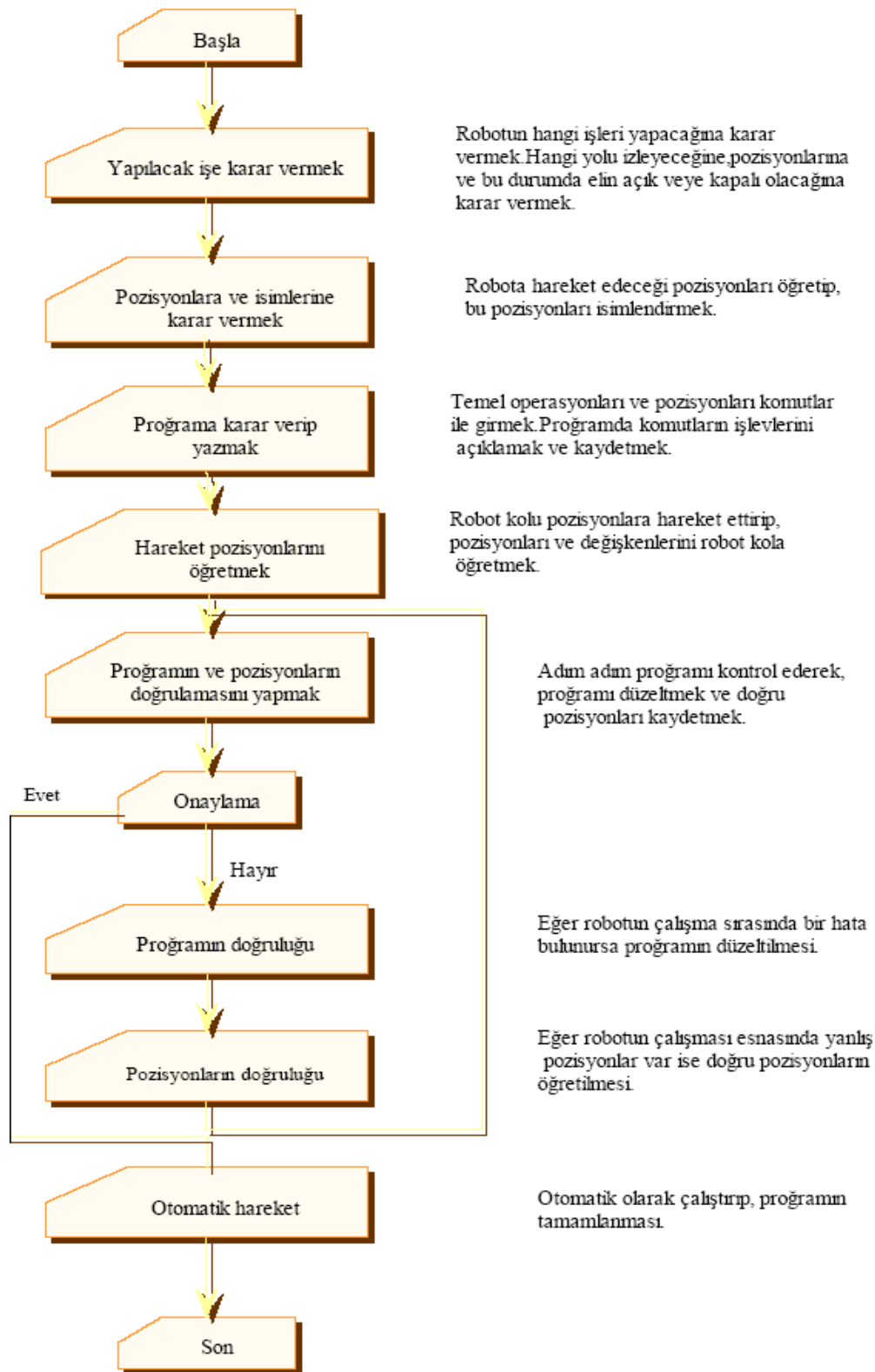
2.8.3. Kılavuz Programlama

Kılavuz programlamada operatör, yapılacak işi yavaş bir şekilde robot kola bir defa yaptırır. Bu işlem sırasında robot sistemin hareket algılayıcıları kayıt modundadır. Yapılan bu kayıt, robot sisteme playback olarak tekrarlanabilir. Bir robot kol sistemin, araba gövdesini spreylenmiş boya ile nasıl boyayacağı öğretilmiş ise, sistem daha sonra bu işlemi aynı şekilde yapabilir. Robot sistemin görevini yapması için kontrolör, kaydedilmiş hız ve sırada istenilen konuma mafsal hareketini yaptırır. Bu tip programlama ile çok karmaşık hareketler üretilebilir. Kılavuz programlamanın en genel olarak kullanıldığı yerler ise;

- Birleştirme yerlerine tutkal, yağ sürme, kaplama,

- Birleştirme bölgesini mühürleme,
- Kaynak bağlantılarını taşlayıp, gizleme,
- Sürekli ve süreksiz kaynak işleri, olarak sıralanabilir.

Kılavuz programlama aynı zamanda öğretici panel olmaksızın nokta operasyonda da kullanılabilir. Nokta ve konum marka edilir. Her iki konum kontrolöre kaydedilir. Program çalıştırıldığında, robot iki nokta arasındaki mesafeyi en kısa yoldan alacaktır. Bu işlemin endüstrideki en iyi uygulama yeri, panel üzerine deliklerin açılması işlemidir. Şekil 2.11.'de robotun hareketini sağlayacak örnek bir programın işlem basamakları kısaca verilmiştir [12].



Şekil 2.12. Robot programlama işlem basamakları

2.9. Motorlar

Elektrik akımı ile oluşturulan manyetik alan kuvvetini kullanarak, elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelere motor denir.

Elektrik motorları AC ve DC motorları olarak iki genel sınıfa ayrılırlar. AC 220V ile çalışan elektrikli ev aletlerinde genellikle universal motorlar kullanılır. Ayrıca tek fazlı ve üç fazlı asenkron motorlar da vardır. Bunların devir ayarları, frekansla ya da tristör, triyak ayarlı devreler kullanılarak, faz kaydırma işlemiyle yapılır. DC motorların doğal mıknatıslı ve elektromıknatıslı (seri, şönt, kompunt) çeşitleri vardır. Bunlardan başka özel tip step ve servo motorlar da bulunmaktadır.

- Step (Adım) Motor: Bobin uçlarına pals uygulandığında hareket eden adım motorlarına step motor denir.
- Servo Motor: Uzun boylu, küçük çaplı, yüksek momentli, çalışma kararlılığı iyi olan motorlara servo motor denir. Servo motorların DC ve AC’de çalışan değişik tipleri vardır.

Servo ve step motor cihazları birçok elektro-mekanik uygulamada hız ve pozisyon kontrolünde sıkça tercih edilen araçlardır. Step motorlar uygulanan darbelerle bağlı olarak çalışan ayrık hareket motorlarıdır. Hareket pozisyonu darbelerin sayısına, hareketin hızı ise darbelerin hızına doğrudan bağlıdır. Servo motorlar sürekli hareket gösteren motorlardır ve pozisyon, hız kontrolü için kapalı çevrimde geri besleme işaretleri kullanırlar. Motoru sürmek için gerekli olan akım ve gerilim power drive diye bilinen güç besleme cihazdan sağlanmaktadır. Bu cihaz hareket kontrol birimi ile motor arasında yer alır.

2.9.1. Step motorlar

Bobin uçlarına pals uygulandığında hareket eden adım motorlarına step motor denir. Step motorlar, ortada mıknatıs veya metalden oluşan rotor ile rotoru çevreleyen ve üzerinde elektromanyetik alan etkisi yaratarak gerilim indüklemesi meydana getiren bobinlerden oluşur. Bobin uçlarına belli bir sıraya göre gerilim

uygulanarak motorun adım hareketi sağlanır. Bu tip motorlar genellikle özel dijital devreler ile mikroişlemci kontrollü devrelerde kullanılır. Step motor devresi bir sayıcı ile kontrol edilebilir. Devre girişine uygulanan pals sayısı kadar adım hareketi oluşur. Darbe pals, step motorun uçlarına belirli bir sırayla uygulanır. Aynı sargı ucuna birden fazla pals uygulanması durumunda rotor sabitlenir ve motor durur.

Step motorlar, sabit mıknatıslı (PM- Permanent Magnet), değişken relüktanslı (VR – Variable Reluctance) , hibrit ve lineer olmak üzere temel dört sınıfa ayrılır. Bunların dışında da değişik yapı ve özelliğe sahip step motorlar bulunur. Step motorlar rotorlarının yapıldığı malzemeye göre sınıflandırılmaktadırlar.

Step motorlarda, kontrol donanımından gönderilen step işaretleri motorda harekete çevrilir. Motor her işaretle bir ayırık durumdan diğerine hareket eder. Bu tip çalışmada dönüş başına tam adım sayısı (dönel hareket) veya birim uzunluk başına tam adım sayısı (doğrusal hareket) en önemli step motor parametreleridir.

2.9.2. Servo motorlar

1 dev/dak lık hız bölgelerinin altında bile çalışırlar. Servo motorlar yardımcı amaçlı motorlardır. Kontrol sistemlerinde kullanılırlar. Yaklaşık 5 Kw gücünde imal edilirler. Yapısı DC motorlara benzer. Ancak servo motorlar elektronik sürücü kartlarıyla kullanılırlar. DC motorlar küçük yapılıdır ve endüvileri kutup atalet momentini minimum yapacak şekilde tasarlanır. Genellikle içerisinde kompanzasyon sargısı bulunur. Kutup sargılarına gerilim uygulandığında geçen akım aynı zamanda fırça ve kollektör yardımıyla endüviden de geçirilir. Kutupta oluşan manyetik alan endüvide oluşan manyetik alana etki ederek dönme işleminin gerçekleşmesini sağlar.

Servo motorlarda ise elektrik akımı ile bobinler üzerinde oluşturulan manyetik moment (mıknatıslanma) ile motora itme ve çekme kuvvetleri uygulanır ve motor üzerindeki encoder ile PID kontrol kullanılarak bir kapalı çevrim elde edilir. Bu çevrim motorun hızını ve pozisyonunu doğru ve güvenilir bir şekilde kontrol etmek için kullanılır.

Adım motorlarındaki yapısal frenleme, hareket çözünürlükleri ve yüksek hızlardaki sorunlarından dolayı servo motorlar kullanılmaktadır. Servo motorlar kontrol edilebilirlik mantığına göre üretilmişlerdir. Servo motor asıl olarak bütün bir servomekanizmanın bir elemanıdır. Bir servomekanizma motoru, sürücü devreleri ve geri beslemeli kontrol elemanlarıyla bütün bir sistemdir. Servo motorlar yapısal olarak adım motorlarla, DC motorları yapısal özelliklerini içerirler. Ana dış bobin yapısı adım motorun adımlama yöntemi ve döndürme yöntemiyle DC motorunun işlevsel özelliğini çağrıştırmaktadır. Ancak sargıları çok daha geliştirilmiş ve hassas konumlandırılmıştır. 2 sınıfa ayrılabilirler. Bunlar;

1. PM Servo Motorlar: Bu motorların kutupları sabit mıknatıslıdır. PM servo motorların kontrol sistemi endüvi kontrollü gerçekleşir.
2. PC Servo Motorlar: Bu motorların kutupları elektromıknatıs yapısına sahiptir. Kontrol sistemleri endüviden kontrollü veya kutuplardan kontrollü gerçekleştirilebilir [13].

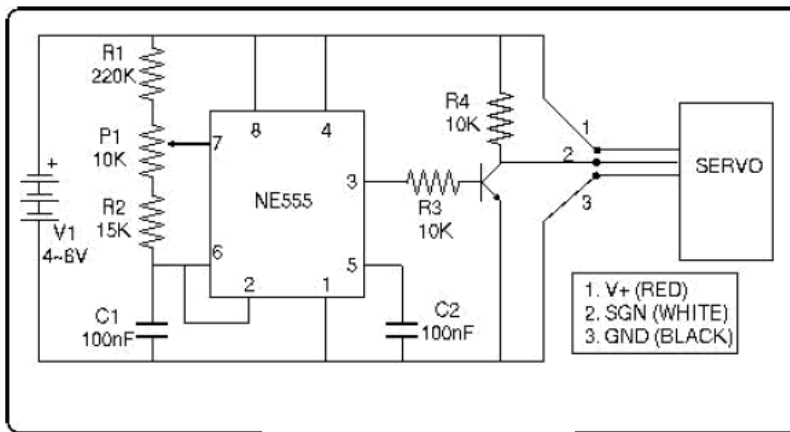
Servo motorlar, bazen kontrol motorları olarak da adlandırılır, elektrik motorları olup özellikle kontrol sistemlerinde çıkış hareketini kontrol edici olarak kullanılmak üzere tasarlanır ve üretilir. Servo motor birkaç Watt'an birkaç yüz Watt'a kadar olabilir. Servo motorlar, yüksek hız tepkisine sahiptir. Bu özellik ise servo motorların düşük rotor ataletine sahip olmalarını gerektirir. Bu motorlar daha küçük çaplı ve daha uzundur. Servo motor normal olarak düşük veya sıfır hızda çalışır; bundan dolayı moment veya güç değerleri aynı olan klasik motorlara göre boyutları daha büyüktür. Hassas devir sayısı ayarı yapılabilir, ayrıca devir sayıcı gerektirmez.

2.10. Servo Mekanizma

Servo mekanizma kapalı çevrimli geri beslemeye sahip bir sistemdir. Bu sistem işlemci ya da denetleyiciye komut gönderen bir ara yüz, bir işlemci ya da denetleyici, işlemciden gelen sinyalleri değerlendiren ve ileten bir arabirim, sinyalleri alan bir servo motor grubu ve servo motorun konum, hız ya da hata bilgisini tekrar denetleyiciye gönderen, sistem çevrimini kapatan geri besleme elemanlarından oluşur.

2.10.1. Servo motorların kontrolü

Servo motorlar piyasada bulunan sürücü birimleriyle kolay kontrol edilebilir gibi gözükseler de aslında karmaşık bir kontrol prensibi ile çalışırlar. Bir servo motor biri besleme (+VCC), diğeri toprak (Ground), diğeri de bilgi girişi (Data In, SGN) olmak üzere üç adet giriş (Input) birimi içerir. Bu besleme ve toprak girişleri kaynağa bağlanırken, bilgi girişi bir çeşit Zamanlayıcı Dalga Üretici birime bağlanır. Bu sayede Kare Dalga üreten dalga üretici, motora belirli zaman aralıklarında darbe (PULSE) üretirler. Bu darbelerin sıklığına göre motor hızlı çalışırken, geniş periyotlu darbelerde yavaş çalışırlar. Bunun yanında gerilimsel olarak, darbeler motorun çalışma aralığında kalmak şartıyla ne kadar güçlü olurlarsa, motorun tork taşıma kapasitesi de o kadar artacaktır. Motorun darbe üretici birimi Nano Saniye (saniyenin milyarda biri, 10⁻⁹ saniye) mertebelerinde çalışabilirler. (Servo motorlar her bir darbeye 1 adım yapar, 360° lik 1 turu dönebilmesi için 10000 darbe üretmelidirler.) Bu da çok hassas bir konum ve hız kontrolü demektir. Örnek olarak şekil 2.12.'deki devrede Kare Dalga üretici olarak yaygın kullanılan NE 555 Tüm devresi kullanılmıştır. Burada P1 ile gösterilen Ayarlı Direnç (Potansiyometre) üretilen darbelerin sık ya da yüksek aralıklı olmasını sağlamaktadır. Çok hassas kontrol verimi elde edilebilen bir devre değildir [14].



Şekil 2.13. Servo sürücü devresi

Sonuç olarak servo motorlar göz önüne alındıklarında;

- Hareket çözünürlükleri oldukça yüksektir.

- Hız ve konum kontrol verimleri çok iyidir.
- Alanında mevcut teknolojinin en üst seviyesindedir.
- Maliyeti diğer konumlu motorlara göre fazladır.
- Kontrol devreleri çok karmaşık ancak piyasada bulunabilirliği fazla ve fiyatları çok yüksek değerlerde değildir.
- Robot kolları için en ideal elektromekanik sistemlerdir.
- Yüksek devirli kullanımlar için Ball-Bearing'li Servo Motorlar kullanılmalıdır [13].

2.10.2. Servo motorların kullanıldığı yerler

Servo motorların kullanım alanı çok geniştir. Servo motorlar; robotlar, radarlar, nümerik kontrollü makinelerde (CNC),otomatik kaynak makinelerinde, pres makinelerinde, paketlenme makinelerinde, sargı yarı iletken üretim ünitelerinde, yüksek hızlı çip yerleştiricilerinde, tıbbi cihazlarda, anten sürücülerinde vb. yerlerde kullanılır. Kısaca servo motorlar ele alındıklarında ise;

- Dinamik yük ve hız değişikliği,
- Yüksek kararlılık,
- Pozisyonlama,
- Periyodik çalışma [15],

gibi nedenlerden ötürü tercih edilmektedirler. Bu çalışmada da 2 adet servo motor kullanılmıştır.

BÖLÜM 3. GÖRÜNTÜ İŞLEME

3.1. Giriş

Görüntü işleme (Eng. Image Processing) ölçülmüş veya kaydedilmiş olan elektronik (dijital) görüntü verilerini, elektronik ortamda (bilgisayar ve yazılımlar yardımı ile) amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik olarak yapılan bilgisayar çalışmasıdır.

Görüntü işleme, verilerin, yakalanıp ölçme ve değerlendirme işleminden sonra, başka bir aygıtta okunabilir bir biçime dönüştürülmesi ya da bir elektronik ortamdan başka bir elektronik ortama aktarmasına yönelik bir çalışma olan "Sinyal işlemeden" farklı bir işlemdir. Bilgisayar ortamında yapılan bu işlemler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Görüntü tanımlama ve modelleme,
- Görüntü düzenleme (anlaşılabilir hale getirme),
- Görüntü onarma,
- Görüntüyü yeniden düzenleme,
- Görüntünün veri yapısını düzenleme.

Görüntü işlemede birinci aşama, görüntü edinme işlemidir. Bir ışık kaynağı ile aydınlatılmış nesne mevcuttur. Nesneden yansıyan ışınlar optik formda kameraya aktarılır. Nesneyi tanımlayan bu ışınlar, kamerada elektrik sinyallerine dönüştürülür. Böylece görüntü analog forma çevrilmiş olur. Analog sinyaller bir sayısal dönüştürücüde sayısal sinyallere dönüştürülür. Son aşamada sayısal forma dönüştürülen görüntü artık bilgisayar ortamına aktarılarak işlenecek hale getirilmiş olur. Bu işlem için görüntü sensörü ve bu sensörün üretmiş olduğu sinyalleri dijital forma dönüştürebilecek sistemlere ihtiyaç vardır. Sensörlerden elde edilmiş sinyaller

hala analog formda ise analog-sayısal dönüştürücüler ile sayısal hale getirilebilir [16].

Görüntü işlemede ele alınan imge, iki boyutlu $f(x,y)$ fonksiyonu olarak tanımlanabilir ve herhangi bir (x,y) koordinatı için f fonksiyonunun genliği, o noktada, imgenin yoğunluğu (intensity yada gray level) olarak adlandırılır. Bütün x,y ve fonksiyon genlikleri sonlu ve tamsayı ise, bu imge dijital imge olarak adlandırılır. Dijital imge işleme, dijital imgelerin dijital bilgisayar ile işlenmesi anlamını taşır. Her dijital imge sonlu sayıda elemandan oluşur ve her bir elemanın kendine özel bir yeri ve değeri vardır. Bu elemanlar resim elemanı (picture elements – image elements – pels – pixels) , en yaygın kullanımı ile piksel olarak adlandırılır.

Görme en gelişmiş duyu olduğundan imgenin insan algılamasında en büyük rolü oynaması şaşırtıcı değildir. Ancak insan elektromanyetik dalga tayfının (spektrum) sadece sınırlı bir bandını görebilirken, görüntüleme cihazları gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar neredeyse tüm tayfi kapsayabilirler. Bu cihazlar, insanların imgelerle ilgili olarak alışık olmadıkları kaynaklar tarafından üretilen imgeler üzerinde çalışabilirler.

İmge işleminin nerede bittiği ve imge analizi (image analysis) ya da bilgisayar görüşü (computer vision) gibi ilgili diğer konuların ne zaman başladığı hakkında yazarlar arasında tam bir görüş birliği oluşmamıştır. Bazen hem girişi hem de çıkışı imge olan işlemlerin imge işleme olduğu ayrımı yapılır. Ancak bu her zaman doğru olmayabilir. Örneğin bir imgenin ortalama yoğunluğunun hesaplanması, çıkışta tek bir sayı vermesine rağmen, imge işlemede çok sıradan bir görevdir. Bilgisayar görüşü insan görme duyusunu taklit etmeye çalışan bir alandır. İmge analizi ise imge işleme ile bilgisayar görüşü arasında bir yeredir.

İmge işleme ile diğer alanlar arasında kesin çizgiler olmamakla birlikte bilgisayarla gerçekleştirilen işleme üç farklı seviyede incelemeye; düşük, orta ve yüksek seviye işleme. Düşük-seviye işleme, gürültü azaltma, contrast artırımı ve imge keskinleştirme gibi daha giriş seviyesi işlemleridir (ön işleme – preprocessing). Düşük-seviye işlemede hem giriş hem de çıkış bir imgedir. Orta-seviye işleme,

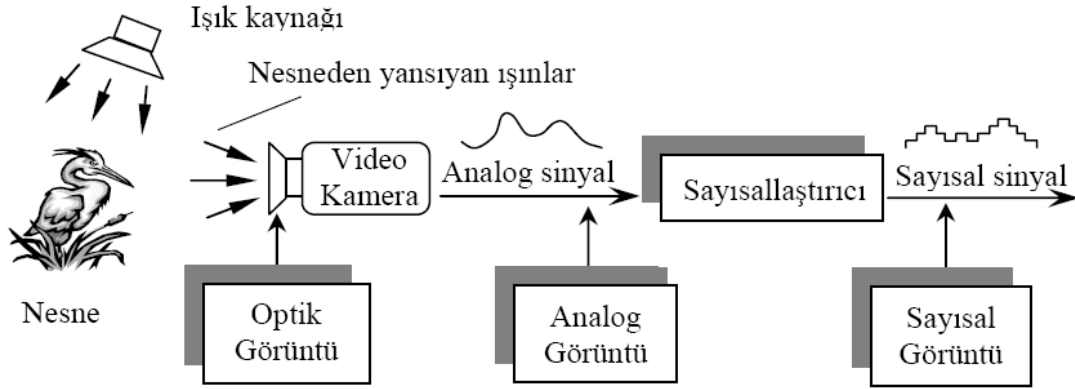
segmentasyon (bir imgeyi parça ya da nesnelere ayırma) ve nesnelere sınıflandırılması gibi işlemleri ifade eder. Orta-seviye işlemede giriş bir imge iken çıkış genellikle bu girişten elde edilen, giriş imgesinin kenarları, dış sınırları veya nesnelere benzerlik durumları gibi özelliklerdir. Yüksek-seviye işleme ise tanınan nesnelere gruplandırılması gibi anlamlandırma işlemleridir.

Bir metnin otomatik analizi imge işleminin açıklayıcı bir örneği olarak verilebilir. Metni içeren alanın bir imge olarak elde edilmesi, bu imgenin ön işlemeye tabi tutulması, karakterlerin tek tek ayrıştırılması (segmentasyon) ve sonunda bu karakterlerin tanınması imge işleminin görevidir. Metnin anlamının çıkarılması ise bu anlamın karmaşıklık derecesine göre imge analizi hatta bilgisayar görüşü alanına girebilir [17].

Sayısal görüntü elde edildikten sonra ön işlemi yapılır. Bu aşamada, alınan görüntü bir sonraki aşamada hatasız ve kolay işlenebilmesi için daha belirgin ve anlaşılır hale getirilir. Bu işlemlerden bazıları:

- Görüntüyü belirginleştirmek,
- Görüntüde bulunan kirlilikleri filtrelemek,
- Görüntü üzerindeki yapısal bozuklukları yok etmek veya minimize etmek

Daha sonraki işlem ise görüntüyü, kendisini meydana getiren alt görüntülere parçalama, ayırma işlemidir. Buna, görüntü ayırma işlemi ya da segmentasyon işlemi denir. Detaylı görüntü ayırma işlemleri, görüntü işlemede en zor işlemlerden sayılır. Bu nedenle genellikle küçük hatalarla birlikte kaba görüntü ayırma işlemleri uygulanır [18].

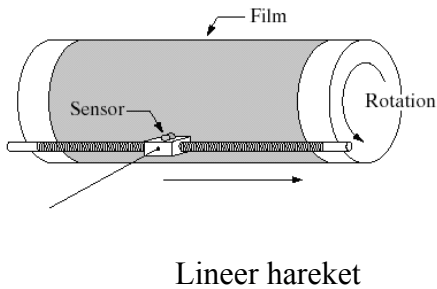


Şekil 3.1. Görüntü işleme basamakları

Şekil 3.1.'e bakıldığında görüntü işleme aşamaları olarak; görüntü önce optik formda yakalanır, analog forma dönüştürülür ve son aşamada dijital forma çevrilir.

3.2. İmgenin Algılanması Ve Elde Edilmesi

Kaynağın özelliğine göre ışık enerjisi geri yansıtılır veya nesnenin içinden geçirilir. Bazı uygulamalarda yansıyan veya iletilen enerjinin foto dönüştürücüye odaklanması da görülür. Şekil 3.3.'de aydınlatma enerjisini dijital imgeye çevirmek için kullanılan temel sensör uygulamasını gösterilmiştir. Burada gelen enerji; girişin elektriksel gücü ve sensörden gelen enerjinin birleşimi olan bir gerilime dönüştürülür. Sensörün o belirli tür enerjiye cevabı çıkış geriliminin dalga şeklini oluşturur. Sonra bu cevap sayısallaştırılır.



Şekil 3.2. Görüntünün sensörle yakalanması

3.3. Kamera İle Görüntü İşleme Sistemi

Kamera ile görüntü işleme sistemi gerçek ortamdan elde edilen görüntülerin incelenmek üzere, görüntünün alınması, bilgisayar ortamına aktarılıp sayısallaştırılması, işlenmesi ve uygulanması, son adım olarak ise sonuçların çıktılarının alınabilmesi için gerekli teçhizatların birleşiminden oluşan bir sistemdir. Sistemin karmaşıklığını azaltmak için, sistemin birimlerinin üç ana başlık altında toplanabilir;

- Görüntü yakalama ve işleme,
- Uygulama ve çıktılar.

Kamera ile görüntü işleme sistemlerinde, görüntünün elde edilmesi amacıyla, aydınlatma, kamera ve sisteme bağlı olarak teçhizatlar yardımı ile görüntü elde edilir. Bu elde edilen görüntüler, bilgisayar yazılımları yardımı ile görüntü işlemleri ve analizleri yapılarak, sistem çıktıları değişik uygulamalara göre düzenlenirler.

3.4. Görüntü İşleme İle İlgili Bazı Terim Ve Tanımlar

Renk Düzeltmesi: Resimler üzerindeki ışık ve renk tonları değiştirilebilir.

İşaretleme: Resmin belli bir bölümünün işlem için hedef gösterilmesine işaretleme denir. Verilen komut sadece işaretli olan bölümü etkiler.

Katman: Görüntü işleme yazılımlarında, alttaki nesnenin görünmesini engellemeyen, saydam “sanal” yüzeylere katman denir. Katmanlar, özellikle, fotomontaj, kolaj çalışmalarında ve resmin üzerine yazı eklenmesi sırasında, rahat çalışma imkanı sağlar.

Örtüleme: Bazı bölümleri, çalışmanın dışında tutmak için, resmin bazı bölümleri kapatılabilir. Bu işleme örtme ya da maskeleye denir. Örtüler (Maskeler) resmin verilen komuttan etkilenmemesini veya bazı resim bölümlerinin gizlenmesini sağlar.

Dönüştürme: Bir dosya biçimini, başka bir dosya biçimine dönüştürmek için yapılmış olan bir belge, başka bir bilgisayar programı ile açılıp kullanılabilir. Bir belgenin farklı bir yazılım kullanılarak açılabilmesi, ancak bu şekilde mümkündür.

Makro: Kaydedilmiş bilgisayar komutları dizisine makro denir. Makro sayesinde, üç - beş adımda yapılabilen işlemler, tek bir komuta indirgenmiş olur. ve aynı işlem tekrar yapılmak istendiğinde, bu işlemi yapmak için, kaydedilmiş olan makro kullanılır. Bu sayede, birçok adımda yapılabilen bir işlem, tek bir komutla (makro ile) yapılmış olur.

Piksel: radyometrik değerler pikselin belirli renklerdeki sayısal gri değerleridir. (Siyah-beyaz fotoğraf için bu gri değerler 0–255 arasında değişir.)

Dijital fotogrametrik sistemler girdi olarak dijital görüntüleri kullanan otomatik veya yarı otomatik yöntemlerle tüm fotogrametrik işlemleri yerine getiren yazılım ve donanım sistemlerinden oluşur. Dijital fotogrametride iç ve dış yöneltme, analitik fotogrametri ilkelerine göre yapılır. Dış yöneltmenin otomatik olarak yapılabilmesi için stereo görüntü üzerinde aynı cisme karşılık gelen noktalar otomatik olarak bulunmalıdır. Bu işlemin yapılabilmesi için resimdeki görüntü parçasının diğer resimdeki yerinin araştırılması gerekir. Yapılan bu araştırma işlemine görüntü eşleme adı verilir [17].

3.5. Bir Görüntünün Modellenmesi

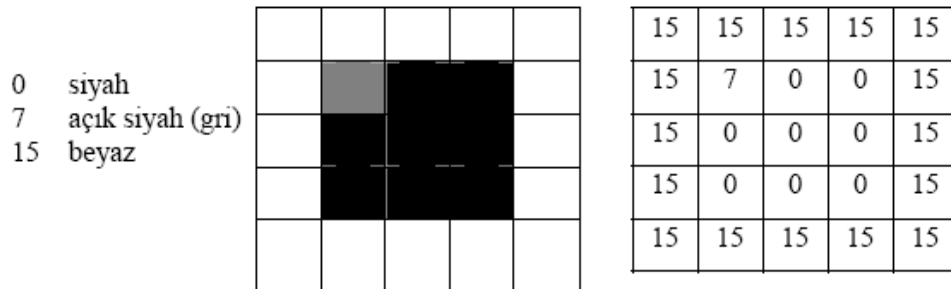
Görüntü, iki boyutlu ışık şiddeti fonksiyonudur. Bu fonksiyon $f(x,y)$ şeklinde gösterilir. Burada x ve y kartezyen koordinatları, (x,y) noktasındaki f 'in sayısal değeri ise parlaklık değeri veya görüntünün ilgili noktadaki gri seviye değeridir. Bir sayısal görüntü, satır ve sütun indisleri görüntü içerisinde herhangi bir noktayı tanımlayan elemanlardan meydana gelmiş bir matris olarak göz önüne alınabilir. Bu matrisin her bir elemanının sayısal değeri, kendisine karşılık gelen noktadaki gri seviye değerine eşittir. Bu sayısal dizinin veya matrisin her bir elemanına görüntü elemanı, resim elemanı veya piksel denir [19].

Bir görüntü fonksiyonunu, $f(x,y)$, bilgisayarda işlemeye uygun hale getirebilmek için, fonksiyonu hem uzaysal koordinatlar olarak, hem de genlik olarak sayısallaştırmak gerekir. Kartezyen koordinatların sayısallaştırılmasına örnekleme ve

genliğin sayısallaştırılmasına da niceleme denir. Bu ifadeye Shanon'un Örnekleme kullanılan yazılımlara, dönüştürme yazılımı denir. Bu sayede, belli bir program ile ve Nicemeleme Teoremi de denir [20]. Görüntünün modellenmesinde bazı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları gri seviyelere ayırma, eşikleme, histogram gibi tekniklerdir.

3.5.1. Gri-düzey skala

Görüntü üzerindeki aydınlatma değerlerinin farklı seviyelerde olması, piksel düzeylerinin farklı olmasındandır. Bu şekilde ifadelerde görüntü siyah-beyaz renk tonlarından meydana geliyorsa, görüntü üzerindeki her bir nokta gri-düzey skala üzerindeki renk değerleriyle ifade edilir. Görüntü üzerindeki noktalar farklı olduğundan, her bir aydınlatma düzeyi için gerekli bitlerin yerleşimi farklıdır. Dört bitlik yani 16 farklı gri-ton aydınlanma değeri için her bir pikselin üzerinde bulunacak gri-seviye parlaklık değeri şu şekildedir:

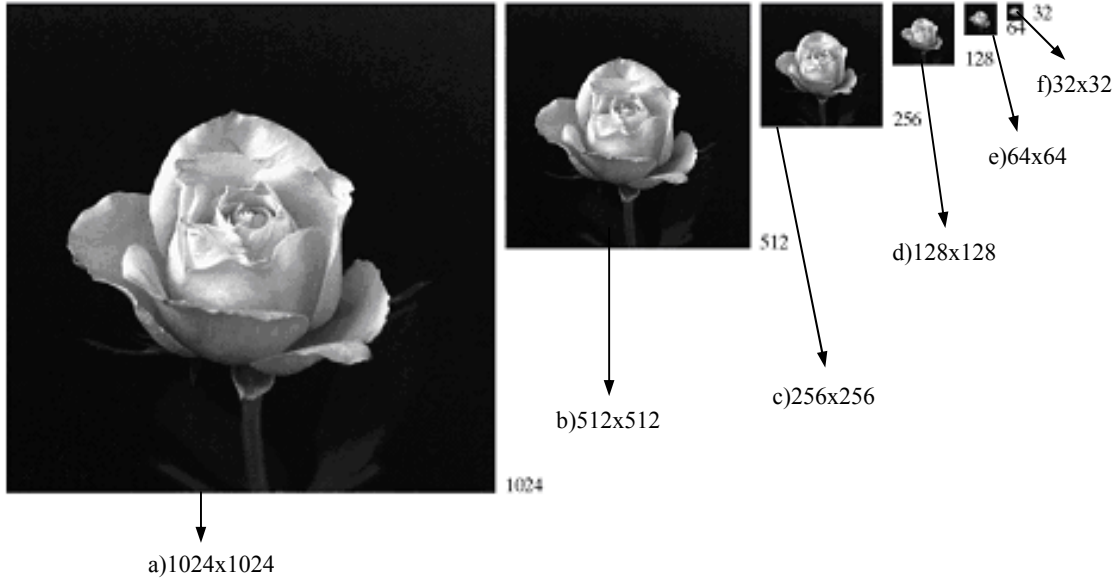


Şekil 3.3. On altı bitlik gri düzey skala ifadesi

Bu gibi değişik düzeylerin oluşturduğu görüntüler, gri-düzey veya gri-düzey skala ile ifade edilirler. Piksel başına düşen bit sayıları; Burada 4 bit/piksel yani bir pikselin değerini belirtmek için 4 bit kullanılmıştır. 0 ile 15 arasında 16 gri-düzey değerleri mevcuttur [21].

Bir imgenin uzaysal çözünürlüğünü belirlemede esas faktör örnekleme işlemidir. Temel olarak uzaysal çözünürlük bir imge içinde fark edilebilir en küçük detaydır. Benzer olarak gri-seviyesi çözünürlüğü de imge içinde fark edilebilir en küçük gri seviyesi değişimidir. Ancak gri seviyesindeki görülebilir değişimin ölçülmesi oldukça öznel bir işlemdir. Dijital bir imgeyi üretmek için kullanılan örnek sayısı büyük ölçüde istenildiği gibi belirlenebilir. Ancak gri seviyesi için bu doğru değildir. Donanım sınırlamaları sebebiyle gri seviyesi sayısı çoğunlukla 2 nin kuvvetleri ile belirlenmektedir. En sık kullanılan 8-bit olmakla birlikte bazı uygulamalarda 16-bit te kullanılmaktadır. 10 yada 12 bitlik sistemler de bulunmakla birlikte bunlar istisnai durumlardır.

Fiziksel çözünürlüğün pikseller veya gri seviyesi olarak gerçek ölçüsünün belirlenmesi her zaman gerekmemektedir. $M \times N$ boyutlu ve L -seviyeli dijital bir imge için, $M \times N$ piksel uzaysal çözünürlüğe ve L seviyeli gri seviyesi çözünürlüğe sahip olduğunun söylenmesi sıklıkla görülmektedir.

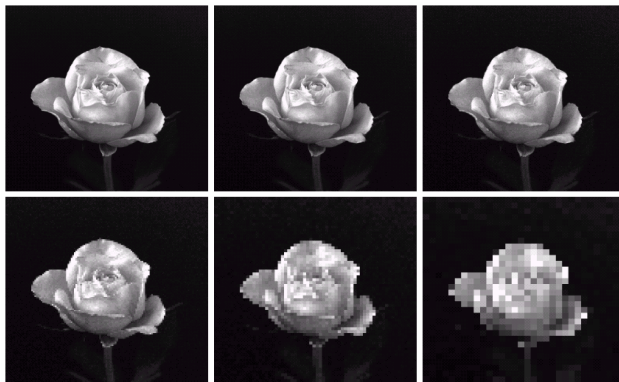


Şekil 3.4. Gri seviye örnekleri

Şekil 3.4. a'da 1024x1024 piksel boyutlu ve gri seviyesi 8 bitle temsil edilen bir imgeyi göstermektedir. Şekildeki diğer imgeler ise birinci imgenin daha az

örneklenmiş durumlarıdır. Daha az örnekleme durumu ilk imgeden uygun sayıda satır ve sütunun çıkarılması ile elde edilmiştir. Örneğin 512x512 piksel imge ilk imgeden her iki satır ve sütundan birinin çıkarılması ile elde edilmiştir. Gri seviyesi sayısı ise hepsinde 256 olarak kalmıştır.

Şekil 3.4.' teki imgelerde farklı örnekleme sayılarının etkisi boyut farklılığı olarak görülmekle birlikte boyutlar farklı olduğundan örnekleme az olmasının etkisi iyi anlaşılammaktadır. Bu etkiyi görmenin en iyi yolu az örneklenmiş imgelerin hepsini, satır ve sütun tekrarı yaparak, yine 1024x1024 boyutuna getirmektir. Sonuçlar . 3.5 (b) – (f) de görülmektedir. (a), Şekil 3.4.. deki 1024x1024, 256 seviye imgenin aynısıdır. Şekil 3.5 (a) ile (b) karşılaştırıldığında gerçekten hiçbir fark görünmemektedir. Kaybedilen detaylar görülemeyecek kadar küçüktür. (c) şıkkındaki 256x256 imgede yaprakların kenarları ile siyah arka plan arasında çok hafif bir dama tahtası görüntüsü var. (d) şıkkında bozulma daha belirgin ve diğerlerinde,yani (f) de ise kayıplar çok açık görülebiliyor [17].



| | | |
|---|---|---|
| a | b | c |
| d | e | f |

Şekil 3.5. Gri seviye örnekleri karşılaştırmaları

3.5.2. Threshold tekniği (eşik işlemi)

Threshold tekniği değişik gri ton seviyelerine sahip bir resmi binary hale yani; 0 siyah, 1 beyaz rengi göstermek üzere resmi 0 ve 1'lerden oluşan bir matris haline

getirir. Threshold yaparken bir eşik değeri belirlenir ve bu değerin üstündeki değerler için çıkış imgesindeki ilgili piksele 1, altındaki değerler içinde 0 değeri atanır. Eşikleme işlemi, görüntü işlemenin önemli işlemlerinden biridir. Özellikle görüntü içindeki nesnenin kapalı ve ayrık bölgelerinin belirginleştirilmesinde kullanılır. Piksellere ayrılmış görüntünün, ikili yapıdaki görüntüye kadar düzenlenmesini içerir. Basit olarak, eşikleme işlemi görüntü üzerindeki piksel değerlerinin belirli bir değere göre atılması ve yerine diğer değer/değerlerin yerleştirilmesi işlemidir. Böylece görüntü üzerindeki nesnelerin arka planı ile nesne hatlarının çıkartılması sağlanır.

3.5.3. Histogram

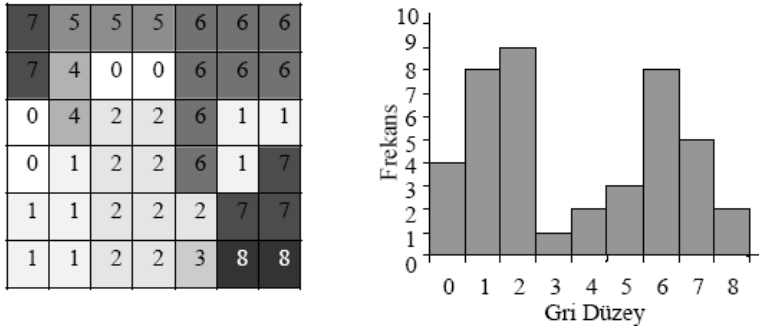
Histogram, görüntü üzerindeki piksellerin değerlerinin grafiksel ifadesidir. Buna görüntü histogramı veya gri-düzey histogramı denir. Görüntü histogramı, görüntünün her bir noktasındaki piksellerin tespiti ile bu piksellerin sayısının ne olduğunu gösterir. Bu sayede histogram üzerinden görüntü ile ilgili çeşitli bilgilerin çıkartılması sağlanır. Görüntü üzerindeki piksellerin nerede yerleştiği tam olarak çıkartılamaz. Fakat görüntünün aydınlık-karanlık bölge değerlerinden görüntü hakkında genel bilgiler elde edilebilir. Uygulanmak istenen eşik değerleri tahmin edilebilir. Matematiksel olarak, bir dijital görüntü histogramı aşağıdaki eşitlikte verildiği gibi tanımlanabilir:

$$P(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

Burada; r_k : k'inci gri seviye,

n_k : bu gri seviyeye sahip toplam piksel adedi,

n : görüntü üzerindeki toplam piksel adedi, olarak tanımlanmıştır



Şekil 3.6. Gri düzey histogram örneği

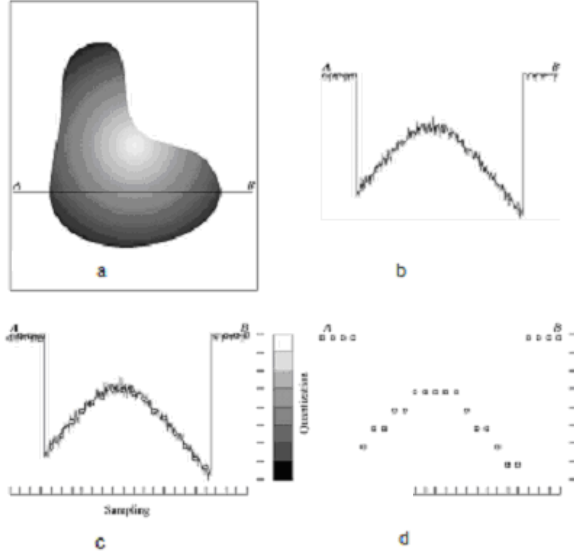
3.5.4. İmge örnekleme ve kuantalama

Burada amaç algılanan veriden dijital bir imge elde etmektir. Sensörlerin çoğunun çıkışı, genliği ve şekli, görüntülenmek istenen nesnenin özellikleri ile orantılı olan sürekli bir gerilim dalga şeklindedir. Dijital bir imge oluşturmak için bu sürekli gerilim dijitalle dönüştürülmelidir. Bu işlem iki adımdan oluşur: Örnekleme ve kuantalama.

Örnekleme ve kuantalama kavramları Şekil 3.8. de gösterilmektedir. Şekil 3.8. (a) da dijitalle çevirmek istediğimiz sürekli imge $f(x,y)$ görülüyor. Bir imge hem x ve y koordinatlarında hem de genlik olarak sürekli olabilir. Bunun dijitalle çevrilmesi için, hem x ve y koordinatlarında hem de genlik olarak örnekleme gerekir. Koordinat değerlerinin sayısallaştırılması örnekleme, genlik değerlerinin sayısallaştırılması ise kuantalama olarak adlandırılır.

Şekil 3.7. (a) da görülen AB çizgisi boyunca sürekli genlik değerlerinin (gri seviyeleri) tek boyutlu grafiği Şekil 3.7. (b) de görülmektedir. Grafikteki rastgele değişimler imge gürültüsünü ifade etmektedir. Bu fonksiyonun örnekleme için Şekil 3.7. (c) de görüldüğü gibi AB çizgisi üzerinde eşit aralıklarla örnekleme yapılmalıdır. Her örneğin yeri grafiğin altında dikey çizgilerle belirtilmiştir. Örnekler ise küçük beyaz kareler olarak gösterilmiştir. Bu kareler dizisi örnekleme fonksiyonu vermektedir. Ancak örneklerin yerleri gri seviyesi olarak hala süreklilik göstermektedir. Dijital bir fonksiyon oluşturmak için gri seviyeleri de sayısallaştırılmalıdır (kuantalama). Şekil 3.7. (c) nin sağ tarafında gri-seviye ölçeğinin siyah ile beyaz arasında 8 seviyeye bölüldüğü görülüyor. Her bir örneğe,

kendi seviyesine rastlayan 8 gri seviyesinden biri atanarak sürekli gri seviyeleri sayısallaştırılmış olur. Örnekleme ve kuantalama sonucundaki grafik ise Şekil 3.7. (d) de görülmektedir.



Şekil 3.7. İmge örnekleme ve kuantalama örneği

- a. AB çizgisi boyunca sürekli genlik b. Gri seviyeler
c. Eşit aralıklarla örnekleme d. Örnekleme ve kuantalama sonucu

Bu şekildeki bir örnekleme hem x ve y yönlerinde hem de genlik değerleri olarak sürekli bir imge için söz konusudur. Uygulamada, örnekleme yöntemi, imgeyi elde etmek için kullanılan sensör düzeneği tarafından belirlenir. Mekanik hareket ile birleştirilen tek bir algılayıcı eleman tarafından üretilen imgeler için sayısallaştırma işlemi yukarıda anlatıldığı gibi gerçekleştirilir. Ancak örnekleme aralıkları mekanik hareketin adımları tarafından belirlenir. Mekanik ilerleme hareketi ise çok hassas olarak belirlenebildiği için teorik olarak imge istendiği kadar küçük aralıklarla örneklenebilir. Uygulamada ise aydınlatılan noktanın odaklanmasında kullanılan optik cihazlarla ilgili sınırlamalar vardır.

İmge elde edilmesi için şerit sensörler kullanıldığında, bir yöndeki örnekleme aralığı şerit üzerindeki sensör sayısına bağlıdır. Diğer yöndeki mekanik hareket ise daha hassas olarak kontrol edilebilir. Ancak bir yöndeki örnekleme yoğunluğunun diğer

yöndekinden fazla olması için çaba harcamak çok gerekli değildir. Sensör çıkışlarının kuantalanması ile dijital imge üretilmiş olur.

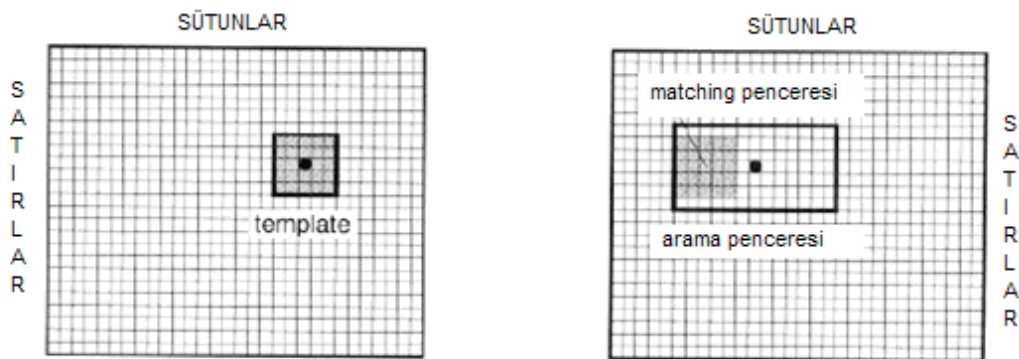
3.6. Görüntü Eşleme Yöntemleri

Alana, detaya veya görüntü ilişkilerine dayanan eşleme olmak üzere üç farklı yöntemle gerçekleştirilir. Görüntü eşleme metotlarını aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Alana dayalı eşleme (area based)
En Küçük Kareler Yöntemi ve Çapraz Korelasyon "Cross"
2. Detaylara dayalı eşleme (feature based)

3.6.1. Alana dayalı eşleme

Alana dayalı eşleme dijital fotogrametrideki en yaygın eşleme metodudur. Gri değerler, eşleme varlıkları (entities) olarak kabul edilirler. Ana düşünce iki görüntü arasındaki gri değer varyasyonlarını karşılaştırmak ve korelasyon yada en küçük kareler yöntemiyle benzerliği tespit etmektir. Şekil 3.8'de bir korelasyon örneği verilmiştir.



Quelle: Schenk, 1999

Şekil 3.8. Korelasyon örneği

3.6.2. Detaylara dayalı eşleme

Detay bazlı eşleştirme gri değerli görüntüden varlıkların detaylarını çıkarmak için kullanılır. Her detay noktalar kenarlar ve alanlardan oluşur. Fotogrametride nokta detaylar daha yaygın olmasına rağmen son zamanlarda kenarlar çok geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Detay bazlı eşleştirme bilgisayara aktarıldığında stereo çiftinin gri değerli benzer görüntüsünü bulmak yerine seçilen kenarları eşleştirmek için insanların işaretlenebilir stereo görüntü yeteneği kullanılmıştır. Detaylara dayalı eşleme 3 temel gruba ayrılır;

3.6.2.1. Nokta detaylara dayalı eşleme

Bu eşlemenin ana fikri ayrı ayrı görüntülerdeki noktaların yüksek olasılıklı bölgelerde tanımlanmasıdır (bu alanlar eşleştirme için kullanışlı olmalıdır). Detay noktalarını eşleştirmenin kolay yolu bölge bazlı eşleştirmedir. Detay noktalarının sınırlandırmanın en uygun yolu yeterli bilgiye sahip görüntü parçalarını bulmakla olur. Bu sayede korelasyon başarılı olabilir.



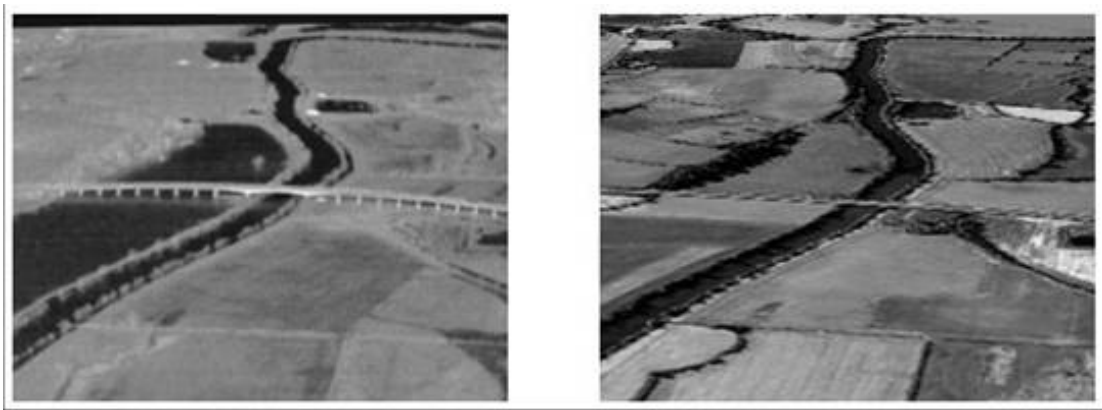
Şekil 3.9. Nokta detaylar metoduna örnek

3.6.2.2. Kenar bulmaya dayalı eşleme

Kullanımdaki pek çok kenar operatörlerinden her biri kendinin ayrı karakteristik özelliklerine sahiptir. Operatörlerin seçimi kişisel öncelik veya özel deneyimlere göredir. Kenar bulma, kenar piksellerini belirlemeyi içerir, bazen “edgels” olarak isimlendirilir ve bir bölgedeki grup halindeki pikseller “kenar konturları” olarak isimlendirilir. Bu iki adım arasında önemli farklılıklar vardır. Grup olmanın faydalarının takdimi, görüntünün kenar operatörü ile sunulmasını içerir ve eşik değerini cevap olarak verir. Örneğin siyah piksellerin bilinen kenar piksellerine (edgels) sıralamak beyazları da diğer bütün piksellere sıralamak gibi. Eğer bu ikili görüntü ekranda gösterilirse tüm kenarlar rahatça görülebilir ama edgels arasındaki komşuluk ilişkileri henüz kesin olarak belirlenemez. Ayrıca kenar konturları yalnız kapalı alan olarak ifade edilir ancak bu kenar eşleştirme metodlarının çoğuna uygun değildir. Bu metoda sıfır köşeli konturlar öncelikle piksel piksel eleştirilir daha sonra büyük alanlar içeren sınıflarda eşleştirme yapılır. Bu sayede varlıklar aynı satırda görüntü çiftleri oluşturur.

3.6.2.3. Alan bulmaya dayalı eşleme

Alanların alımı farklı yollardan olabilir; görüntüler segmentlere ayrılabilir, Örnek; histogram ile eşik değer bulma veya doku segmenti gibi. Alanları eşleştirmede ideal durum perspektif görüntüler ve farklı aydınlatmalara sahip her biri küçük, ayrı ve farklı görüntülerin bulunduğu alanlar bulmaktır [22].



Şekil 3.10. Alan bulma örneği



Şekil 3.11. Alan bulma örneği

Şekil 3.11.'de görüldüğü gibi resimler üzerinden belirli alanların seçilip çıkartılması alana dayalı eşleme metoduyla yapılabilmektedir.

BÖLÜM 4. PROJENİN UYGULANMASI

4.1. Giriş

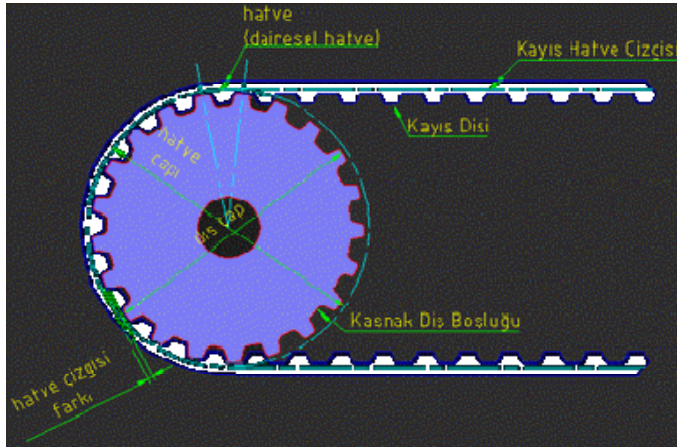
İşletmelerin belirli ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik ele alınan uygulama mekanik tasarım ve bu tasarıma uygun bir yazılımdan meydana gelmektedir. Tasarımda ilk kriter uygulamanın uygulanabilir olmasıdır. Bunların yanında maliyetler de göz önüne alınarak malzeme seçimi yapılmıştır. Maliyetler içine işçilikler dahil edilmemiştir.

Projenin temel amacı farklı şekil ve boyutlarda olan ve bir bant üzerinde akan parçaların görüntü işleme yöntemiyle belirlenen konumda yakalanması ve yine daha önce belirlenen depolara, robot uç elemanı tarafından tutulup atılmasıdır. Uygulama alanı olarak küçük devre parçalarının depolanması örnek verilebilir. Bant üzerinden akan kare,dikdörtgen ve herhangi bir delik içeren parçaların kamerayla görüntülerinin yakalanarak bilgisayarla işlenmesi,daha sonra robot uç elemanının uygun komutla parçayı tutup gerekli depoya atması için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Yazılım ise basit olmasından çok yeni uygulamalara uyarlanabilecek şekilde yapılmaya çalışılmıştır. Farklı geometrik şekillerin işlenip robotu doğru pozisyonlarda çalıştırabilmek için C++ programlama dilinde yazılım yapılmıştır. Yazılımda geometrik parçaların tanınması, robotun doğru pozisyonu alıp malzemeyi alması ve uygun depoya yerleştirilmesi için birçok yöntem ele alınmıştır.

Tasarımda birçok malzeme kullanılmıştır. Yazılım ve mekanik tasarımda ele alınan malzemelerin birçoğu piyasadan temin edilirken bir kısmı da daha önceki uygulamalardan alınmıştır.

Servo motor kadar önemli olan bazı parçalar vardır. Bunlardan bazıları; zaman kayışları ve zaman kasnaklarıdır. Bu parçalar geniş yükleme alanları, hızlar ve mümkün olan en yüksek hız ve verimlilik uygulamalarına göre beş standart hatvede yapılırlar. Genellikle hatve olarak adlandırılan “dairesel hatve” , dişli çark ve zincir dişlilerde olduğu gibi zaman kasnaklarının seçiminde göz önünde tutulan temel bir veridir. Hatve, diş boşluğu merkezlerinin arasındaki ölçüdür ve kasnağın hatve dairesi üzerinden ölçülür. Kayışlarda ise hatve, diş merkezleri arasındaki ölçüdür ve kayışın hatve çizgisi üzerinden ölçülür. Kayışın hatve çizgisi gerilim ile yerleşir ve kasnağın hatve dairesi ile uyuşarak onunla birleşir. Her zaman kayış ile kasnak aynı hatvede çalışmalıdır. Bir kayış kendisinden başka bir hatveye sahip kasnaklarda kullanılmamalıdır.



Şekil 4.1. Zaman kayış ve kasnağı

Bugün sanayide hareket nakil işlemlerinin %80'i zaman kayışı ve kasnakları ile yapılmaktadır.

Zaman kayış ve kasnaklarının kullanılma nedenleri kısaca;

- Kayma problemi yoktur. Bunun için de kolay aşınmaz ve ömrü uzun olur.
- Zaman kayışının üzerine sistemden yağ bile damlasa yine kayma yapamaz.
- Küçük çaplara sarılması çok iyidir; aynı zaman da yakın merkez mesafelerinde de randımanlı çalışır.
- Yük taşımaları, diğer kayış sistemlerine göre daha fazladır.

- Zaman kayışının gerginliği diğer kayışlar kadar olması gerekmez; dolayısıyla yataklara gelecek yük az olur ve yatakların kullanma ömrü artar.
- Bütün ölçüler standart olduğu için temini ve yedeklemesi kolaydır.
- Çok geniş hatve genişlik yelpazesi olduğundan yük ve devir seçimlerinde kolaylık sağlar.
- Kullanılan zaman kayışı alaşımli alüminyumdan imal edilip, yüzeysel sert kaplama yapılmıştır. Böylelikle aşınma ömrü uzatılmıştır.
- Hafif olduğu için mil ve yataklara gelen yük azaltılmıştır.

Bunların yanında servo mekanizmayla elde edilen hareketlerin robot kolunu hareket ettirmesi amacıyla bu kayış ve kasnaklar kullanılmıştır.

Bunların yanında robotun x, y ve z uzuvlarını oluşturmak için AL profiller kullanılmıştır. Ayrıca kullanılan Al profillere uygun civata ve bağlantı flanşları seçilip montaj yapılmıştır.

- Alüminyum hafiftir. Aynı hacimdeki bir çelik malzemenin ağırlığının ancak üçte biri kadar ağırlıktadır.
- Alüminyum, hava şartlarına, yiyecek maddelerine ve günlük yaşamda kullanılan pek çok sıvı ve gazlara karşı dayanıklıdır.
- Çeşitli alüminyum alaşımlarının mukavemeti, normal yapı çeliğinin mukavemetine denk veya daha yüksektir.
- Alüminyum elastik bir malzemedir. Bu nedenle ani darbelere karşı dayanıklıdır. Ayrıca, dayanıklılığı düşük sıcaklıklarda azalmaz. (Çeliklerin, düşük sıcaklıklarda ani darbelere karşı mukavemeti azalır.)

Taşınacak malzemeler küçük ve hafif olduğu için vakum tutucu seçilmiştir. Vakum tutucu üstüne yerleştirilen switch ve piston sayesinde parçayı tutup depolara yerleştirmek amacıyla kullanılmıştır. Bu tutucu sayesinde robota ayrı bir uç eleman eklenmemiştir. Robotun hareketini sınırlamak ve çalışma alanını belirlemek amacıyla switch kullanılmıştır. Malzemeyi kamera ile gören robot uygunluğuna karar verdikten sonra malzemeyi alması için switch kullanılmıştır.

4.2. Robotik Sisteminin Tasarımı

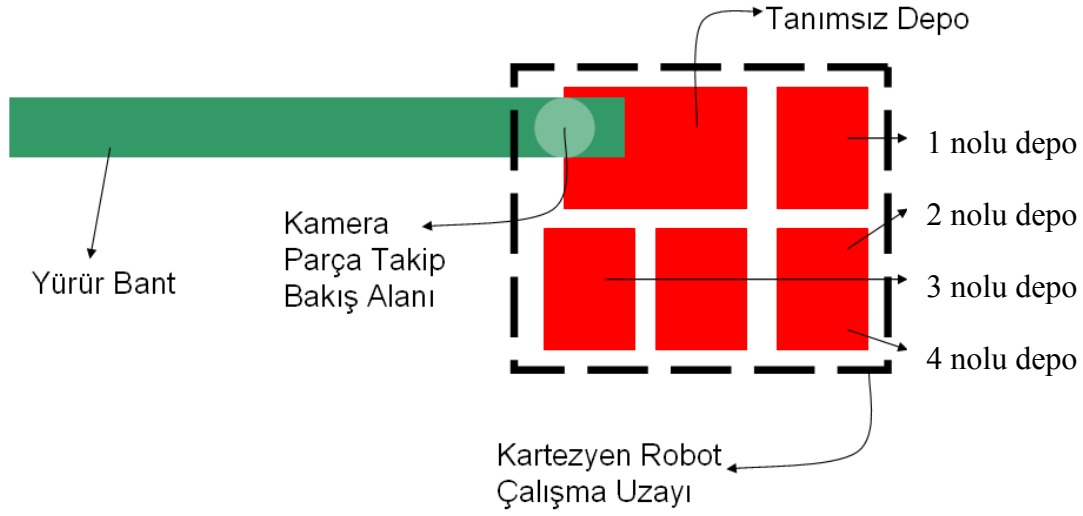
Üç eksenli kartezyen robot, bir konveyör sisteminin ürün beslediği, 30x40 cm'lik bir alanda X-Y koordinat sisteminde ilerlerken, robotun Z eksenin 5 cm boyunca hareket edebilecek şekilde tasarlanmıştır. X ve Y eksenleri, AC servo motorlar tarafından tahrik edilirken, Z eksen pnömatik silindir ile hareket ettirilmektedir. Z ekseninin uç kısmına bağlanan pnömatik vantuz (vakum tutucu), sistemin taşıyacağı nesneyi tutarak, nesneyi taşınmaya hazır hale getirir. Bunun için sistem bir adet vakum jeneratörü kullanır.

Sistem üzerine konulan kamera, robotun başlangıç noktasına konumlandırılmıştır. Uç elemana yakın olarak konumlandırılan kamera özellik bakımından uygulamaya uygun seçilmiştir.

Bant konveyör tarafından robotun çalışma alanına sevk edilen nesne, kameranın önüne geldiğinde konveyör durur ve aynı anda cismin fotoğrafı alınarak nesnenin tanımlanması sağlanır. Bu tanımlama işlemi nesnenin daha önceden sisteme tanıtılması ve bir veri tabanı oluşturulması ile gerçekleştirilmektedir. Sistem almış olduğu görüntüdeki nesneyi kendi veri tabanındakiyle karşılaştırarak, nesnenin, depolama bölgesinde konumlandırılacağı alanı belirler ve bu bilgilere göre kartezyen robotu pozisyonlayarak, nesnenin depo bölgesinde ilgili alana taşınmasını gerçekleştirmiş olur.

Aynı şekilde, depodan herhangi bir malzeme istendiğinde, sistem kartezyen robotu harekete geçirerek ilgili malzemeyi konveyöre kadar taşır ve buradan da depo alanı dışına çıkarılmasını temin eder. Sistem mekanik yapı tasarımı ve görüntü işleme yapı tasarımı olarak iki grupta ele alınmıştır.

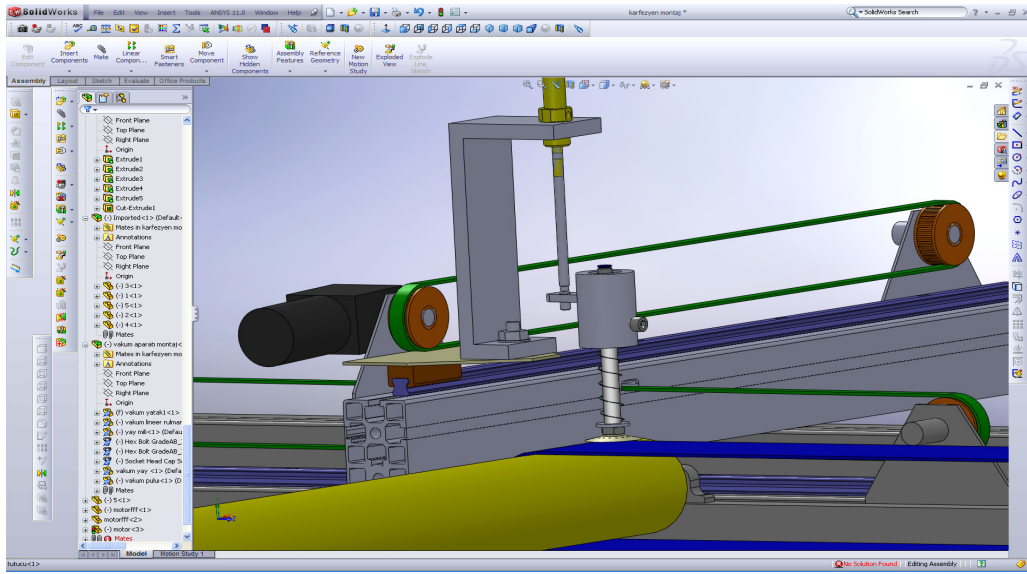
4.3. Mekanik Yapı Tasarımı



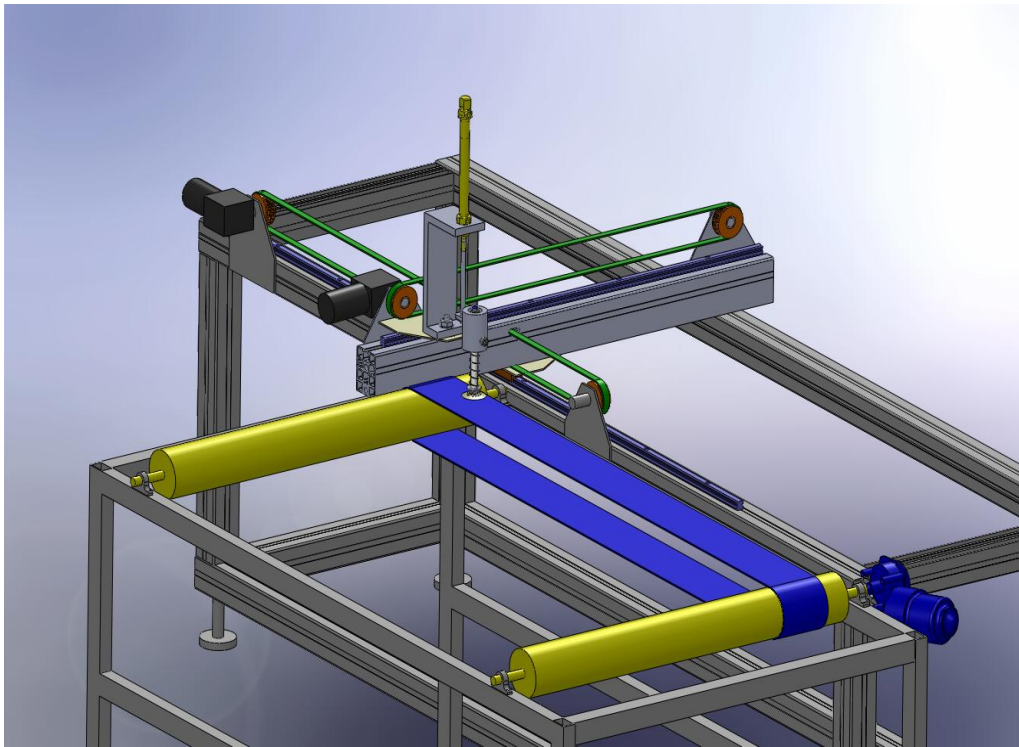
Şekil 4.2. Sisteme ait mekanik yapı

Sistemin işleyiş tarzı Şekil 4.2.'deki gibidir. Elektrik motoru tarafından beslenen konveyörden akan parçalar kamera tarafından algılandıktan sonra bilgisayara iletilerek sayısallaştırılır ve parçalar uygun depolara yerleştirilir. Uygun olmayan parçalar tanımsız depoya aktarılırken uygun parçalar elde edildiğinde 1,2,3ve 4 nolu depolara robot tarafından aktarılır. Depolar parça sayısına göre arttırılabilir ya da azaltılabilir. Tanımsız depo ise kalite kontrol sonucu istenmeyen parçaları içermektedir.

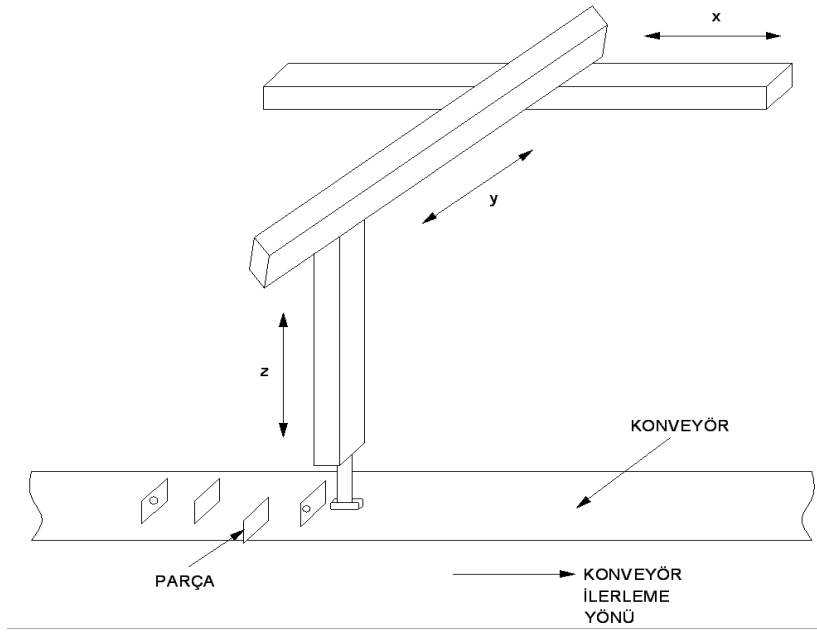
Uygulamanın mekanik yapı tasarımı bir CAD programı olan SolidWorks 2008 de yapılmıştır. Her parça ayrı ayrı modellendikten sonra aynı programda montajı yapıp simülasyonu yapılmıştır. Şekil 4.3.'te robotun bazı çizim aşamaları verilmiştir. Her parça tek tek modellendikten sonra montajı yapılarak teknik resimleri elde edilmiştir. Bu resimlere bağlı olarak kullanılacak parçaların ölçüleri çıkartılmış ve parçalar işlenmiştir.



Şekil 4.3. Robot tasarımına ait CAD işlemleri



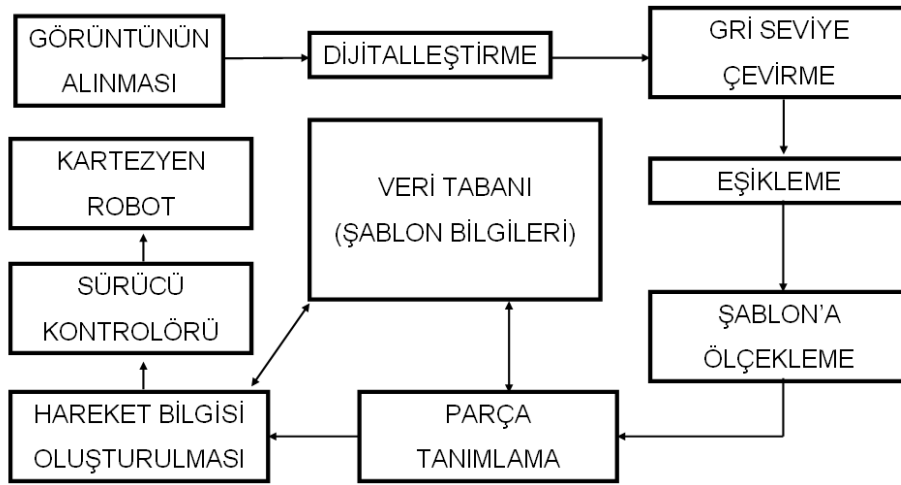
Şekil 4.4. Robot montajı



Şekil 4.5. Robot uzuvları ve konveyör hareket yönleri

Şekil 4.5.'te robotun x, y ve z uzuvlarının hareket yönleri verilmiştir. x ve y uzuvları 400 mm hareket kabiliyeti vardır. z uzvu ise 150 mm çalışma kapasitesine sahiptir. Bütün uzuvlar birbirine 90° açı ile birbirlerine bağlanmıştır ve kayma hareketi yapmaktadırlar. Yani bütün uzuvlar prizmatiktir.

4.4. Görüntü İşleme Yapı Tasarımı



Şekil 4.6. Görüntü işleme genel akış blok diyagramı

Şekil 4.6.'da uygulamanın genel akış diyagramı verilmiştir. Bu şemaya göre görüntü işleme algoritmaları çıkartılmıştır.

4.4.1. Eşikleme işlemi

Uygulamada kamera tarafından görüntü alınmıştır. Alınan görüntü sayısallaştırılarak gri seviyeye dönüştürülmüştür. Gri seviyeye dönüştürülmüş görüntü belirlenen aralıklarda eşiklenmiştir. Belirlenen eşik değeri ise 80-100 skala aralığındadır. Bu aralığın seçilme nedeni uygulamada istenen sonucun bu değerlerde alınabilmesidir. Burada bir aralık verilmesindeki amaç kullanılan programın biraz esneyebilmesine izin vermektir. Bu sayede esnek bir program elde edilmiş olur. 80 altında kalan piksellere 1 değeri atanmıştır. 80–100 arası piksellere 2 ise değeri (esnekliği sağlamak için) atanmıştır. 100 üzeri piksellere 0 değeri atanmıştır. 0 yok manasına, 1 var manasına, 2 ise olabilme olasılığı olduğu manasına geliyor.

Tablo 4.1. Eşikleme aralıkları tanımları

| Değer | Tanımı |
|-------|------------------------|
| 0 | 100 üzeri piksel-yok |
| 1 | 100 altı piksel-var |
| 2 | Olabilme olasılığı var |

4.4.2. Şablona ölçekleme

Eşiklenmiş görüntü daha önceden belirlenmiş şablon büyüklüğünde ölçeklenmiştir. Daha önce uygulamaya uygun olan şablon oluşturulmuştur. Bu sayede uygun parçaların seçimi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar veri tabanında kayıtlı olan şablonlarla karşılaştırılır. Karşılaştırma işlemi ölçeklenen verinin çeşitli açılarla döndürülmesi ve üst üste oturtulup birebir karşılaştırılması ayrıca belirlenen oranda uyup uymadığının kontrolüdür. Görüntüyü ölçeklendiğinde görüntüdeki şekiller bozulmamaktadır.

4.4.3. Parça tanımlama

Hafızadaki şablonlarla karşılaştırılan ölçeklenmiş görüntünün doğruluk oranlarına göre hangi parçaya daha çok uyduğu kararı verilir. En yüksek olasılığa sahip şablon seçilir. Uygun olmayan parçalar alınmaz. Parça tanımlamadaki amaç şablonlarla parçanın uygunluğunun karşılaştırılması ve en uygununun ele alınmasıdır. Bunlar için özniteliklerin çıkartılması gerekmektedir. Özellik çıkarmanın ana sebepleri:

1. Ölçüm veya örüntü uzayından daha küçük boyuta dönüşmeyi sağlamaktır. Bu sınıflandırıcının küçük hatalar ile eğitimi ve karar aşamasının daha kısa sürede gerçekleşmesi demektir.
2. Boyut olarak daha düşük olan özellik uzayını sınıflandırıcının daha az parametre ile öğrenmesini mümkün hale getirecektir. Bunun yararı örüntü uzayı ile karar uzayı arasındaki dönüşüm aşamasının daha kısa sürede gerçekleşmesidir.
3. Durağan olmayan zaman serilerinde olduğu gibi karmaşık örüntülerin tanımlayıcı karakteristiklerini bulabilmek için özellik çıkarımı şarttır. Böylece karar aşamasının güvenilirliği artacaktır.
4. Örüntü sınıflandırma sisteminin, sistem içi veya dışındaki kontrolsüz girişimlerden etkilenmemesini sağlayacak bir özellik çıkarımı kararlı bir yapının oluşmasında etken olacaktır. Bu tür kararlı özellikler, sınıflandırıcının genelleme ve ayrışım yeteneğinin yüksek olmasında önemlidirler.

Örüntü özelliklerini belirlemede ana problem verilen esas örüntüden en iyi özellikleri seçmektir. Bunun için iki yaklaşım vardır; doğrudan ve dolaylı olarak. Birinci metot güçlü yapısal bağlantılara sahip olan ve basit yapılı belirli örüntü tanıma problemlerine uygulanabilmektedir [23].

Parça tanımlama işleminde kullanılan parçaya özgü öz nitelikler aşağıda sıralanmıştır;

- Geometrik ağırlık merkezinin bulunması,
- Bölge bulma algoritması,
- Delik sayısının bulunması,

- Köşe sayısının bulunması,
- Vektörel bilgi (Zincir dizi) oluşturulması,
- Alanının bulunması.

4.4.4. Geometrik ağırlık merkezinin bulunması

Bu çalışma sırasında, cismin tamamının çalışma alanına girip girmediğinin anlaşılmasında cismin alanı kriter olarak kullanılmıştır. Alan eşikleme işlemi sonucu elde edilen ikili görüntü 1 değerli piksellerin alanı toplamıdır. Geometrik ağırlık merkezindeki değişim de cisimlerin çalışma alanlarına girip girmediği konusunda fikir verebilir. Bir cismin ağırlık merkezi, diğer bütün noktalara uzaklıklarının kareleri toplamı minimum olan nokta olarak tanımlanabilir. Ağırlık merkezi hesaplamada kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$\text{Ağırlık m} \left(\frac{1}{n} \sum_x x, \frac{1}{n} \sum_y y \right)$$

Burada n görüntü içerisindeki bütün piksellerin toplam sayısıdır. Parça tanımlamada kullanılan geometrik ağırlık merkezi algoritması ise aşağıdaki gibidir;

1. Binary resim üzerinde tarama yaparak 1 (true) olan sıradaki noktayı bul.
2. Bulunan nokta sayısını 1 arttır.
3. Bulunan koordinatları ToplamX, ToplamY değerlerine ekle.
4. Tüm resim tamamlanana kadar ilk adıma dön.
5. Geometrik ağırlık merkezi koordinatlarına ToplamX / bulunan nokta sayısı ve ToplamY / bulunan nokta sayısı değerlerini ata.
6. Son.

4.4.5. Bölge bulma algoritması

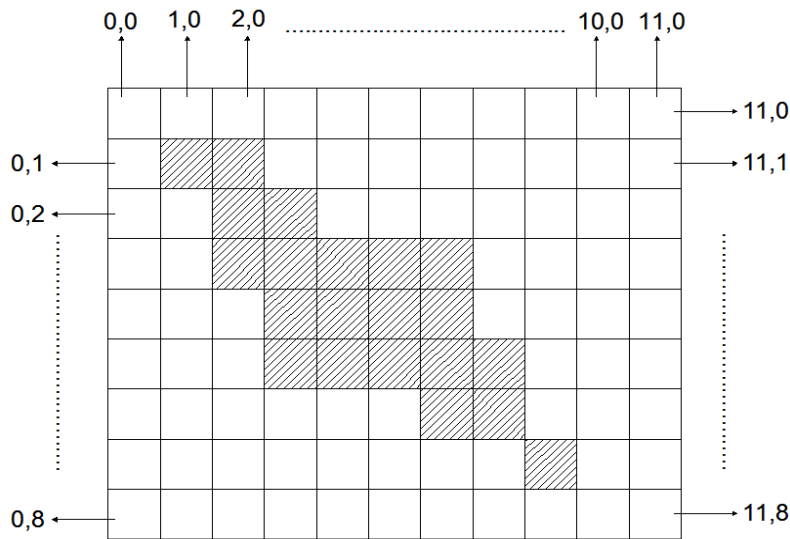
Bölge bulmaya yönelik algoritma aşağıdaki gibidir;

1. İlk noktayı seç ve listeye ekle.
2. Listedeki noktaların komşularından 1 (true) değerine sahip olanları listeye ekle.

3. Listedeki tüm noktaların komşuları (true olan) listeye dahil olana kadar devam et (listeye eklenecek yeni nokta kalmayana kadar devam et).

Bu algoritmaya ait X ve Y ikilisinin komşuları aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\left(\begin{array}{c|c|c} x-y, y-1 & x, y-1 & x+1, y-1 \\ \hline x-1, y & x, y & x+1, y \\ \hline x-1, y+1 & x, y+1 & x+1, y+1 \end{array} \right)$$



Şekil 4.7. Bölge bulma algoritması örneği

Örnek olarak şekil 4.7.'yi ele alırsak, oluşacak olan iterasyonlar;

Başlangıç noktası koordinatları : 1,1

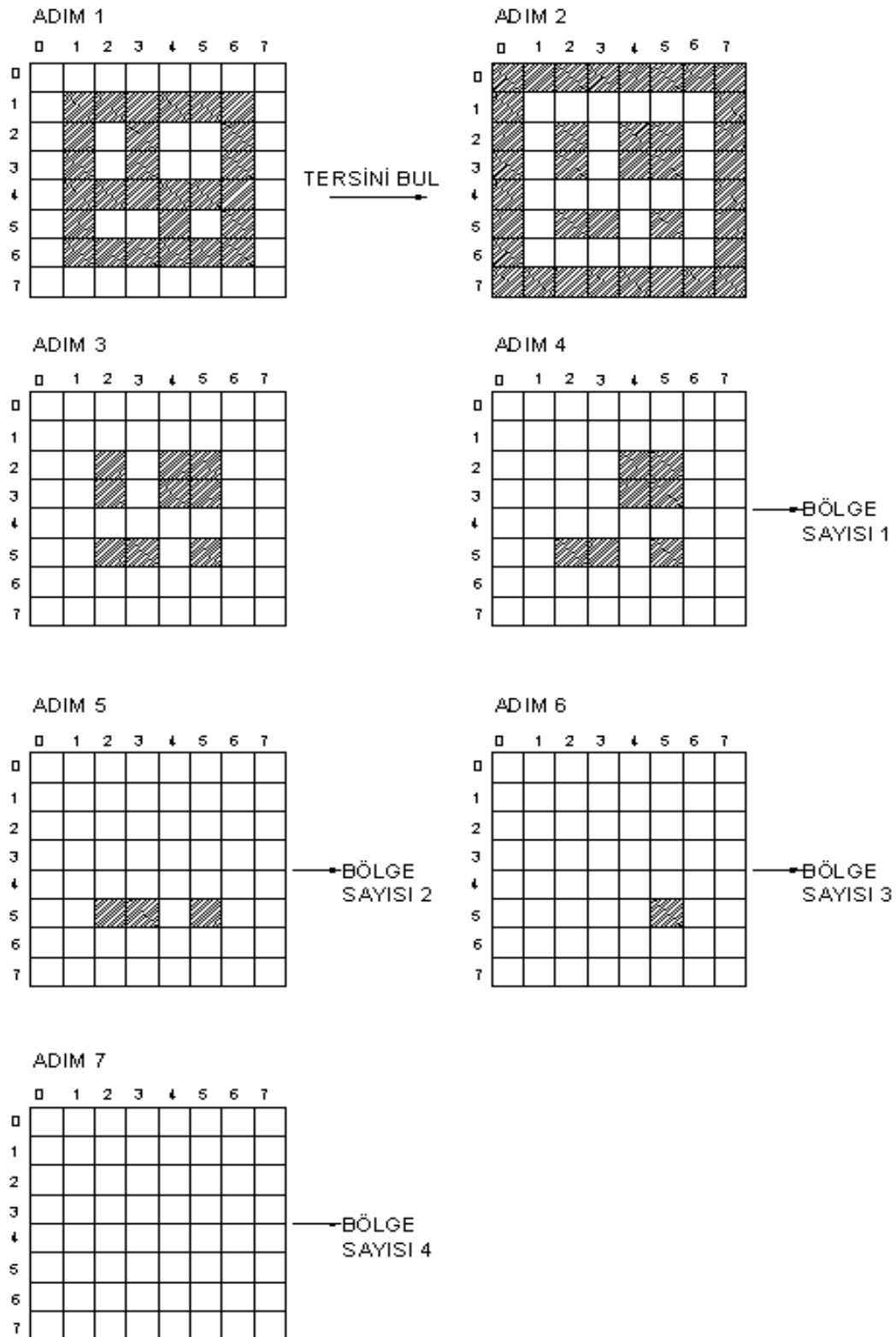
1. İterasyon Liste : (1,1) →
2. İterasyon Liste : (1,1) (2,1) (2,2) →
3. İterasyon Liste : (1,1) (2,1) (2,2) (3,2) (3,3) (2,3) . . . şeklinde olacaktır.

4.4.6. Delik sayısının bulunması

Delik sayısının bulunmasına ait algoritma aşağıdaki gibidir;

1. Binary bölge bul.
2. Bölgenin tersini al (true \rightarrow false ; false \rightarrow true)
3. (0,0) noktasını içeren bölgeyi sil (true \rightarrow false)
4. Resmi tara, true olan nokta olup olmadığına bak.
5. True nokta varsa delik sayısını bir arttır.
6. Bulunan noktanın dahil olduğu bölgeyi sil.
7. Resmin sonuna ulaşana kadar 4. adıma geri dön.
8. Son.

Delik sayısını bulmaya yönelik uygulama Şekil 4.8.'deki gibidir. Bu örneğe göre cisme ait delik sayısı bulmak için belirlenen algoritmaya bağlı 7 adım ele alınmıştır. Resim sonuna kadar tarama yapılmıştır ve en son 4 alan bulunmuştur.



Şekil 4.8. Delik sayısı bulma algoritması örneği

4.4.7. Vektörel bilgi - zincir dizi bulunması

Zincir kodları ile nesnenin kenarlarının hangi yönde ne kadar devam ettiği tespit edildikten sonra elde edilen bu öznitelik vektörüne, çeşitli işlemler uygulanarak daha küçük boyutta ve tüm nesnelere için daha genel bir vektör oluşturulabilir. Mesela; öznitelik vektörü şu hale getirilebilir;

$$V = [V_0, V_1, V_2, \dots, V_7]$$

Burada;

V_0 : Toplam köşe sayısı,

V_1 : En küçük kenarın en büyük kenara oranı,

V_2 : 0 ile 45 derece arasında kaç tane açının olduğu,

V_3 : 46 ile 90 derece arasındaki açılar kaç tane olduğu,

V_4 : 91 ile 135 derece arasındaki açılar kaç tane olduğu,

V_5 : -0 ile -45 derece arasındaki açılar kaç tane olduğu,

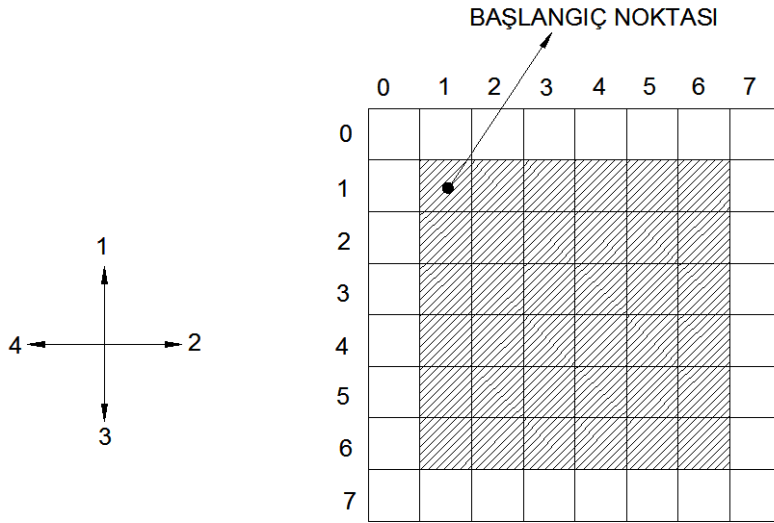
V_6 : -46 ile -90 derece arasındaki açılar kaç tane olduğu,

V_7 : -91 ile -135 derece arasındaki açılar kaç tane olduğunu gösterir [23].

Vektörel bilgi- zincir dizi sayısının bulunmasına ait algoritma aşağıdaki gibidir;

1. Bölge üzerinden ilk başlangıç noktasını seç.
2. Dizideki son noktanın komşularına bak. Herhangi bir komşusu (bakılan noktanın) false - 0 olana kadar komşuyu diziyeye ekle.
3. İlk başlangıç noktası diziyeye eklenene kadar 2. adımı tekrar la.
4. İlk başlangıç noktasına ulaşıncaya dizinin başına dön.
5. Her noktanın bir önceki noktaya göre pozisyonundan zincir diziyeyi oluştur.
6. Son.

Uygulamada dörtlü zincir dizi ele alınmıştır. Vektörel bilgi- zincir dizi bulmaya yönelik uygulama aşağıdaki gibidir;



Şekil 4.9. Vektörel bilgi- zincir dizi bulma

Şekil 4.9.'a göre oluşturulacak algoritma;

1. Aşama

İterasyon 1 → Dizi → (1,1)

İterasyon 2 → Dizi → (1,1) (1,2)

İterasyon 3 → Dizi → (1,1) (1,2) (1,3)

İterasyon 4 → Dizi → (1,1) (1,2) (1,3) (1,4)

İterasyon 5 → Dizi → (1,1) (1,2) (1,3) (1,4) (1,5)

İterasyon 6 → Dizi → (1,1) (1,2) (1,3) (1,4) (1,5) (1,6)

İterasyon 7 → Dizi → (1,1) (1,2) (1,3) (1,4) (1,5) (1,6) (1,7)

2. Aşama

Dizi → (1,1) (1,2) (1,3) ... (1,7)... (2,7)... (3,7) (1,1)

Aşama

Zincir dizi → 22222333334444411111 şeklinde bir dizi elde edilir.

4.4.8. Köşe sayısının bulunması

Köşe sayısının bulunmasına ait algoritma aşağıdaki gibidir;

1. Zincir Diziyi oluştur.
2. Zincir diziden ilk elemanı seç.
3. Dizide seçilen elemandan farklı ilk elemanı bul.
4. Köşe sayısını 1 arttır.
5. Farklı eleman seç.
6. Dizinin son elemanına ulaşıncaya kadar 3. adıma geri dön.
7. Köşe sayısını 1 arttır.
8. Son.

Köşe sayısını bulmaya yönelik uygulama aşağıdaki gibidir;

Zincir dizi \rightarrow 22222333334444411111

Adım 1 \rightarrow seçilen eleman \rightarrow 2 köşe sayısı 0

İlk farklı eleman 3

Adım 2 \rightarrow seçilen eleman \rightarrow 3 köşe sayısı 1

İlk farklı eleman 4

Adım 3 \rightarrow seçilen eleman \rightarrow 4 köşe sayısı 2

İlk farklı eleman 1

Adım 4 \rightarrow seçilen eleman \rightarrow 1 köşe sayısı 2

İlk farklı eleman dizi sonu

Adım 5 \rightarrow seçilen eleman \rightarrow 4

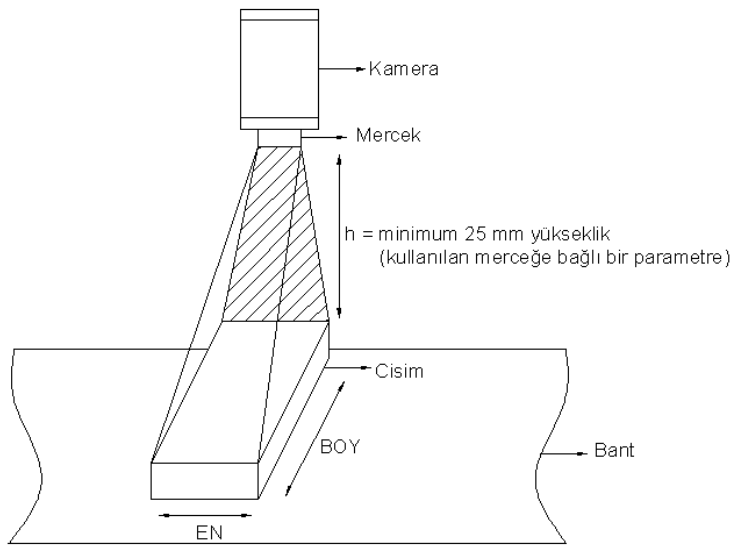
4.4.9. Alanının bulunması

Tanımlanacak cisimlerin alanlarının bulunmasına yönelik algoritmanın amacı doğru cismin seçiminin yapılabilmesidir. Cismin alanı bulunarak ve diğer algoritmalar da uygulanarak işlem yapıldığında uygun olup olmadığına bakılarak robot tarafından

tutulup depoya atılması amaçlanmıştır. Aşağıda alanının bulunmasına ait algoritma verilmiştir.

1. Bölge bul.
2. Bulunan bölgedeki piksel sayısını bul.
3. Bulunan piksel sayısını 1/36 ile çarp.

Not: Bir pikselin alanı $1/6 \text{ mm} \times 1/6 \text{ mm} = 1/36 \text{ mm}^2$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.10. Alan bulma algoritması uygulama örneği

Şekil 4.10.'a bakıldığında bant üzerinde ilerleyen cisim kamera tarafından yakalanarak tanımlanmıştır. Merceğin özelliğine bağlı olarak minimum yükseklik 25 mm olmalıdır ki algoritma doğruya yakın sonuç verebilsin. Alan bulmaya örnek verilecek olursa; 726 x 582 bitlik bir resim (1 mm 6 piksel kabul edildiğinde) ve merceğin çapı 12 mm olduğundan, merceğe bağlı olarak 121mm x 97mm olarak algılanacaktır.

4.4.10. Hareket bilgisinin oluşturulması

Parça tanımlandıktan sonra tanımlanan parçanın hangi depo alanına götürüleceği veritabanından sorgulanır. Daha sonra o koordinata varabilmek için gerekli olan

hareketler hesaplanır. Hesaplanan hareketler sürücülerin anlayacağı türden sinyal bilgisine dönüştürülür. Dönüştürme işlemi ile servonun hareket ettirilmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan bu bilgi servo motor kontrolörüne gönderilir. Seçilmiş olan servo motor kontrolörü kapalı çevrim çalışan zeki bir kontrolördür. Bu kontrolör gayet hassastır. Daha önceden hesaplanmış olan koordinat bilgileri ilgili servo motora gönderilir.

Bu sayede kartezyen robot harekete geçmiş olur. Robot hareketiyle parçaların taşınması amaçlanmıştır.

4.5. Uygulama Adımları

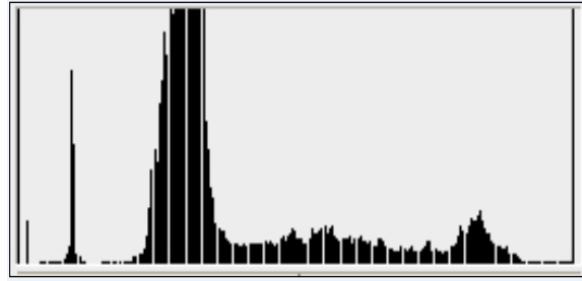
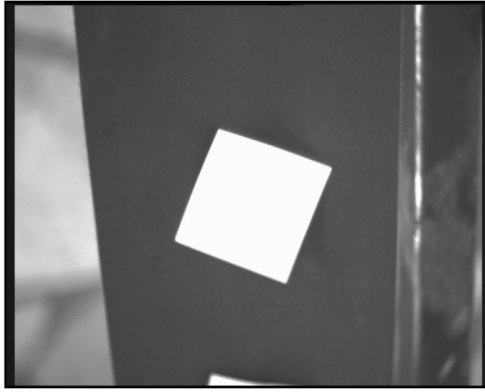
Yukarıdaki sıralamaya göre uygulamada bazı adımlar izlenmiştir.

Adım adım yapılan işlem;

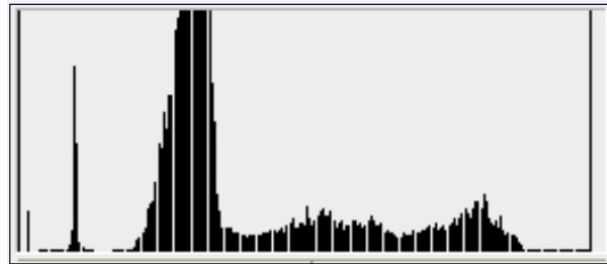
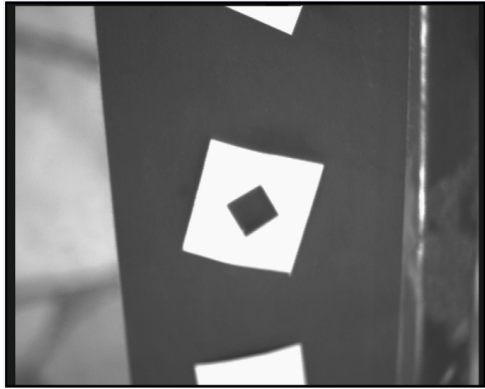
1. Daha önce tanımlanan cismin alınması için yerinin belirlenmesi (kare, üçgen ya da daire parçaların belirlenmesi),
2. Belirlenen noktada kartezyen robotun uygun pozisyona getirilmesi,
3. Robot uç elemanının (vakum tutucunun) Z ekseninde hareket verip cismin yakalanmasının sağlanması ve uç elemanın Z ekseninde eski pozisyonuna gelmesi,
4. Tanımlanan cismin depolanacağı alanın belirlenmesi (tanımlanan bütün parçalar için farklı depolama alanlarının belirlenmesi, bu sayede uygun istiflemenin yapılabilmesi),
5. Kartezyen robotun istenilen depolama alanına uygun pozisyona getirilmesi (robot uzuvlarının uygun eksenlere getirilmesi),
6. Yakalanmış olan cismin depolama alanına bırakılması (vakum tutucunun parçayı bırakması),
7. Kartezyen robotun başlangıç konumuna dönmesi (başlangıç pozisyonuna ait koordinatlara geri gelmesi).

4.6. Elde Edilen Görüntüler ve Histogramları

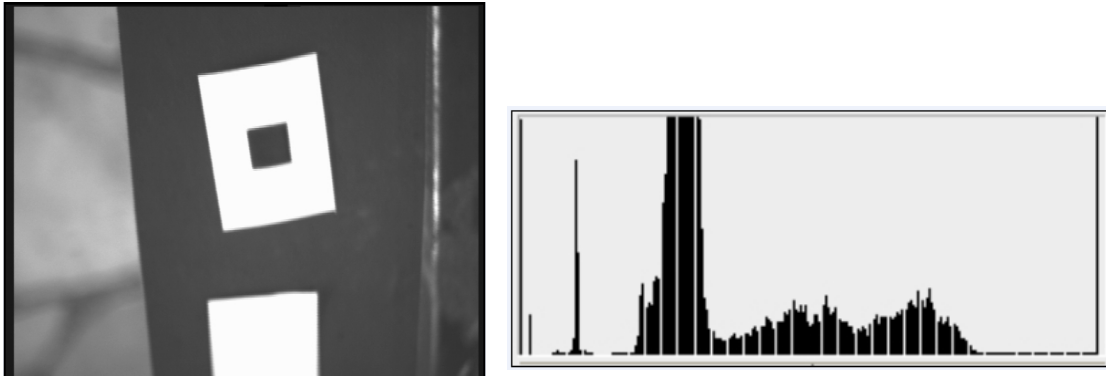
Cisimlerin histogramlarının elde edilmesi için seçilen eşik aralığı 230 ila 235 arasındadır. Bu eşik değerinin seçilmesinin nedeni ise bantla cismin ayrılmasını sağlamak ve tamamen beyaz görüntünün elde edilmesidir. Tanımlanacak cisimlerin kamerayla alınan resimleri ve bu resimlerden elde edilen histogramlar aşağıdaki gibidir;



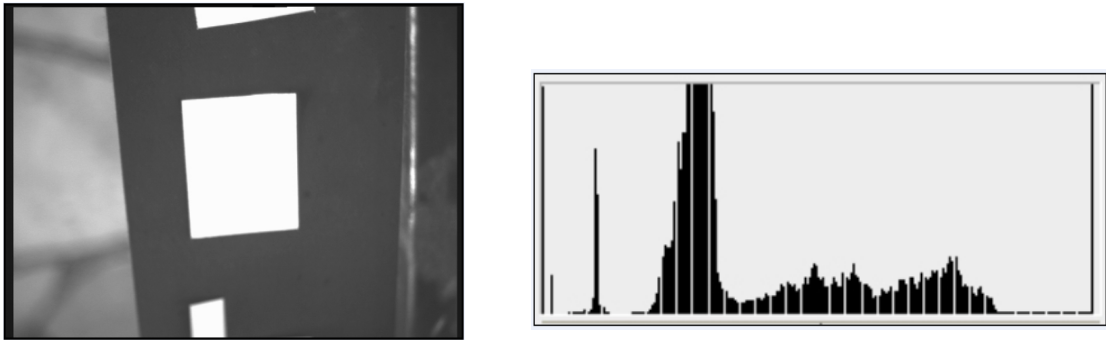
Şekil 4.11. Elde edilen 1. görüntü ve histogram



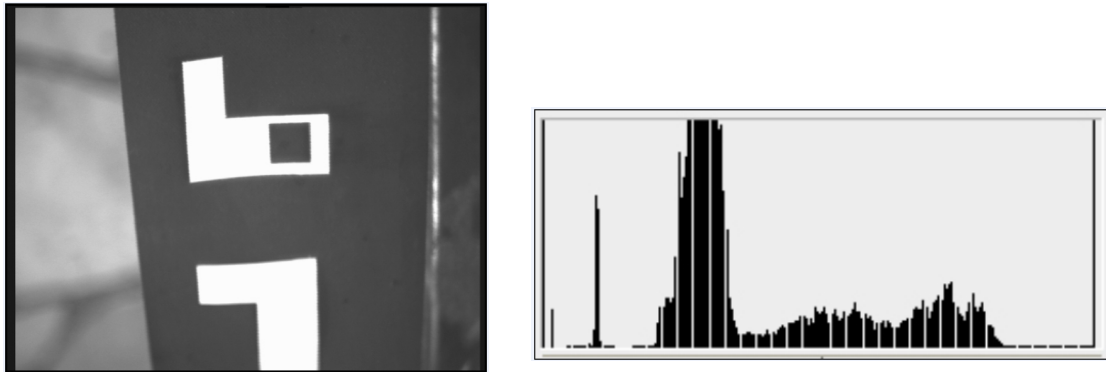
Şekil 4.12. Elde edilen 2. görüntü ve histogram



Şekil 4.13. Elde edilen 3. görüntü ve histogram



Şekil 4.14. Elde edilen 4. görüntü ve histogram



Şekil 4.15. Elde edilen 5. görüntü ve histogram

4.7. Hata Analizleri

Yazılan programa ait adımların yerine getirilmesiyle bazı hataların oluştuğu tespit edilmiştir. Hatalar uygun algoritmanın kurulamamasının yanında hassasiyetin olmamasından kaynaklanmıştır. Tablo 4.2.'de uygulamanın yapılmasıyla elde edilen hatalar verilmiştir.

Tablo 4.2. Elle ve Görüntü İşleme Programı İle Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması

| | Elle | Görüntü İşleme ile | Elle | Görüntü İşleme ile | Elle | Görüntü İşleme ile | Elle | Görüntü İşleme ile |
|----------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|---|--|
| | Köşe Sayısı Bulma (Adet) | | Delik Sayısı Bulma (Adet) | | Alan Bulma (mm ²) | | Geometrik Ağırlık Merkezi Bulma (x =mm,y = mm x ₁ =mm,y ₁ = mm) | |
| Kare 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 900 | 885,05 | x = 30 y = 30 | x = 29.66 y = 29.83 |
| Kare 2 | 4 | 4 | 0 | 0 | 900 | 890.2 | x = 30 y = 30 | x = 29.83 y = 29.83 |
| Kare 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 900 | 897 | x = 30 y = 30 | x = 29.91 y = 29.91 |
| Kare 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 900 | 895 | x = 30 y = 30 | x = 29.95 y = 29.95 |
| Dikdörtgen 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1200 | 899.25 | x = 40 y = 30 | x = 30.66 y = 29.33 |
| Dikdörtgen 2 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1200 | 994.4 | x = 40 y = 30 | x = 33.33 y = 29.83 |
| Dikdörtgen 3 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1200 | 1188.3 | x = 40 y = 30 | x = 39.83 y = 29.83 |
| Dikdörtgen 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1200 | 1181.2 | x = 40 y = 30 | x = 39.16 y = 29.66 |
| Delikli kare 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 800 | 793.2 | x = 30 y = 30 x ₁ = 10 y ₁ = 10 | x = 29.66 y = 29.83 x ₁ = 57.5 y ₁ = 57.5 |

Tablo 4.2. Elle ve Görüntü İşleme Programı İle Elde Edilen Verilerin Karşılaştırılması (Devam)

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|------|---------|--|--|
| Delikli kare 2 | 4 | 4 | 1 | 0 | 800 | 796.75 | x = 30 y = 30 x ₁ = 10 y ₁ = 10 | x = 29.83 y = 29.83 x ₁ = 58 y ₁ = 58 |
| Delikli kare 3 | 4 | 4 | 1 | 0 | 800 | 798.65 | x = 30 y = 30 x ₁ = 10 y ₁ = 10 | x = 29.91 y = 29.91 x ₁ = 59.5 y ₁ = 59.5 |
| Delikli kare 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 800 | 798.3 | x = 30 y = 30 x ₁ = 10 y ₁ = 10 | x = 29.95 y = 29.95 x ₁ = 59 y ₁ = 59 |
| Delikli dikdörtgen 1 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1100 | 806.5 | x = 40 y = 30 x ₁ = 10 y ₁ = 10 | x = 30.66 y = 29.33 x ₁ = 58 y ₁ = 58 |
| Delikli dikdörtgen 2 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1100 | 902.55 | x = 40 y = 30 x ₁ = 10 y ₁ = 10 | x = 33.33 y = 29.83 x ₁ = 57.5 y ₁ = 57.5 |
| Delikli dikdörtgen 3 | 8 | 8 | 1 | 0 | 1100 | 1094.85 | x = 40 y = 30 x ₁ = 10 y ₁ = 10 | x = 39.83 y = 29.83 x ₁ = 58 y ₁ = 58 |
| Delikli dikdörtgen 4 | 8 | 8 | 1 | 0 | 1100 | 1094.08 | x = 40 y = 30 x ₁ = 10 y ₁ = 10 | x = 39.16 y = 29.66 x ₁ = 56 y ₁ = 56 |

Tablo 4.2.'ye göre kamerayla alınan görüntülerde hatalar olduğu görülmektedir. Bütün değerler 1mm'nin 6 pikselle çarpımından elde edilmiştir. En fazla hata alan

bulma algoritmasında meydana gelmiştir. Tablo 4.2'den alınan değerlere göre hata oranı yüzde olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$\% \text{ Alanın Bulunması} \\ \text{Algoritması Hata} = \frac{\text{Görüntü İşleme İle Elde Edilen Veri} - \text{Elle Ölçülen Veri}}{\text{Elle Ölçülen Veri}} * 100$$

Bu formüle göre elde edilen en küçük hata yüzdeleri;

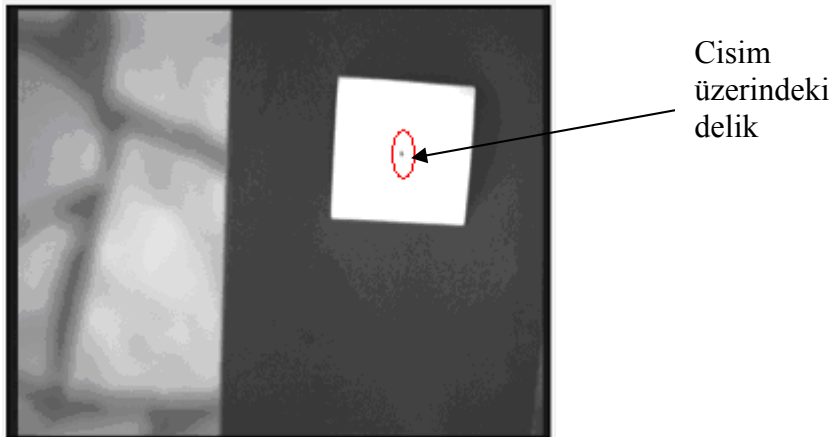
Kare 3 için % 0.3

Dikdörtgen 4 için % 0.2

Delikli kare 3 için % 0.16

Delikli dikdörtgen 3 için % 0.4 olarak hesaplanmıştır.

Alan bulmadaki hataların dışında seçilen eşik değerinde bazı cisimler üzerindeki delikler de elde edilememiştir. Elle ve görüntü işleme programı ile elde edilen veriler tablo 4.2'de karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan verilerin yüzde olarak hata hesaplamaları yapılmıştır.



Şekil 4.16. Üzerinde delik olan cisim

Örnek olarak Şekil 4.16.'daki cisim alınmıştır. Şekilde görülen delik eşik değerine bağlı olarak algılanmamıştır. Eşik değerleri bütün parçalar için sabit tutulduğunda bu sonuç elde edilmiştir.

4.8. MODBUS Haberleşme Protokolü ile Okuma

Aşağıdaki komut dizisi AC servo sürücüsünden veri okumak için kullanıldı [24].

STX : ‘Başlangıç karakteri
 ADR 01 ‘Haberleşilen modülün (AC Servo sürücü) adresi
 CMD 03 ‘Okuma işlemi komutu
 STDA 20 ‘Okuma işleminin yapılacağı verinin başlangıç adresi
 00
 NOD 00 ‘Okunacak veri sayısı
 02
 LRC F8 ‘LRC kontrolü – Haberleşme sırasında hata oluşmasını önlemek için
 kullanılan kontrol yöntemi
 END1 CR ‘Bitiş karakteri
 END0 LF ‘Bitiş karakteri

Okuma işlemi için seri port vasıtası ile servo motor sürücüsüne gönderilen örnek veri
 “:010320000002F8”

4.9. MODBUS Haberleşme Protokolü ile Yazma

Aşağıdaki komut dizisi AC servo sürücüsüne veri yazmak için kullanıldı [24].

STX : ‘Başlangıç karakteri
 ADR 01 ‘Haberleşilen modülün (AC Servo sürücü) adresi
 CMD 06 ‘Yazma işlemi komutu
 STDA 02 ‘Yazma işleminin yapılacağı verinin başlangıç adresi
 00
 COD 00 ‘Yazılacak veriler
 64
 LRC 93 ‘LRC kontrolü – Haberleşme sırasında hata oluşmasını önlemek için
 kullanılan kontrol yöntemi
 END1 CR ‘Bitiş karakteri

END0 LF ‘ Bitiş karakteri

Yazma işlemi için seri port vasıtası ile Servo motor sürücüsüne gönderilen örnek veri
“:01060200006493”

4.10. LRC Kontrol Kodunun Hesaplanması İçin Algoritma

LRC kontrolü, haberleşme sırasında hata oluşmasını önlemek için kullanılan kontrol yöntemidir.

1. Gönderilecek veriyi başlangıç karakterinden sonra ikili grupla.

: 01 06 02 00 00 64

2. Grupları 16’lık sistemden 10’luk sisteme dönüştür.

$(01)_{16} = (01)_{10}$ $(06)_{16} = (06)_{10}$ $(02)_{16} = (02)_{10}$

$(00)_{16} = (00)_{10}$ $(00)_{16} = (00)_{10}$ $(64)_{16} = (100)_{10}$

3. Çıkan sonuçları topla

$01+06+02+00+00+100 = 109$

4. Çıkan sonucu 16’lık sisteme çevir.

$(109)_{10} = (6D)_{16}$

5. Sayının tümleyenini al.

$6D' = 93$

4.11. Servoya X Ekseninde Hareket Verecek Komut Dizileri

Pozitif yönlü hareket için sırasıyla

:010604070001 & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10)

:010604070005 & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10)

Negatif yönlü hareket için sırasıyla

:010604070003 & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10)

:010604070007 & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10)

4.12. Servonun X Ekseninde İlerleyeceği Yol Bilgileri

Pozitif yönlü hareket için tur sayısı

:0106010F & İstenilen tur sayısı (16'lık sistemde) & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10)

Pozitif yönlü hareket için pulse sayısı

:01060110 & İstenilen pulse sayısı (16'lık sistemde) & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10)

Negatif yönlü hareket için tur sayısı

:01060111 & İstenilen tur sayısı (16'lık sistemde) & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10)

Negatif yönlü hareket için pulse sayısı

:01060112 & İstenilen pulse sayısı (16'lık sistemde) & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10)

Servonun X ekseninde her iki yönde de hız bilgisi

:01060224 & İstenilen hız (16'lık sistemde 0 -3000 devir/dk arası) & LRC kodu & CHR(13) & CHR(10).

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı geometrik şekillerdeki parçaların bir görüntü işleme programı kullanılarak tespit edilmesi, bu parçaların bir bant üzerinde akışı ve tasarlanan kartezyen robot aracılığıyla belirlenen depolara yerleştirilmesi ele alınmıştır. Çalışmada kullanılan görüntü işleme algoritmalarına ve tasarlanan robota göre şu sonuçlar elde edilmiştir;

- Görüntü işleme programında bant üzerinde akan parçaların resimlerinin kullanılması için farklı geometrik şekiller kullanılmıştır. Bunlardan bazıları; kare, dikdörtgen ve ortası delik kare, ortası delik dikdörtgendir.
- İncelenen geometrik şekiller kâğıttan kesilmişlerdir. Uzunluk ve genişlikleri elle ölçülebilirken et kalınlıkları yoktur.
- İncelenen karelerin eni ve boyu 30 mm iken, dikdörtgenlerin eni 30 mm boyu ise 40 mm'dir. Delikler ise tam merkezlerine yerleştirilmiştir ve delik boyutları 10mmx10mm'dir. Ayrıca robot x ve y uzuvlarının boyu 400 mm, z uzvunun boyu ise maksimum 250 mm alınmıştır.
- Kullanılan CCD kameranın cisimlerin resmini alacağı yükseklik 250 mm iken merceğin çapı 12 mm'dir.
- CCD kameradan elde edilen görüntülerle ilgili histogramlar elde edilmiştir.
- Elle ölçülen değerlerle görüntü işleme programından alınan değerler karşılaştırıldığında hata % 3'ün altında bulunmuştur. En düşük hata hesaplama elle ve görüntü işleme programı ile elde edilen verilerin karşılaştırılması ile ortaya çıkan verilerin yüzde hata hesaplama formülüyle hesaplanması sonucu % 0.1 olarak hesaplanmıştır.

Görüntü işleme yönelik oluşturulan algoritmalarla elde edilen değerler karşılaştırıldığında ortaya çıkan hatalara bakıldığında;

- Pratikte tutulacak cisimler kağıt gibi et kalınlığı çok küçük olan malzemeler olmayacağından,
- Yine pratikte tutulacak cisimler çok hassas cisimler olmayacağından,
- Hata yüzdesinin % 3'ün altında olmasından,
- Uygulamada kullanılan cisimlerin pratikte esnek cisimler olabileceğinden dolayı,

sistemin uygun olduğu düşünülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında Symons (2003), araştırmalarında camlaşmış buğday tanelerinin sağlam buğday tanelerinden ayrılmasında görüntü işleme tekniğinden yararlanılması olanaklarını incelemiştir. Bu amaçla 500 adet buğday tanesine boyut ve renk analizi uygulanmıştır. Kıyas yöntemiyle görüntü işlemeden bulunan değerler arasında \pm % 3 fark olduğunu belirtmiştir [25]. Ayrıca Şahin ve Symons'un (2005), araştırmalarında görüntü işleme tekniğinin tohumların boyutlarına göre ayrılmasında çok önemli bir yeri olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında 4 farklı tohum çeşidini ele alarak bunlara ait renk, şekil, ve boyut özelliklerini görüntü işleme tekniğiyle belirlemişlerdir. Ölçümler sırasında küresel bir yapıya sahip olan yeşil ve sarı bezelye ile küresel yapıda olmayan nohut ve soya fasulyesi çeşitlerini incelemiştir. Tohumları bir tarayıcıdan geçirerek bir görüntü işleme programıyla analiz etmişlerdir. Tarayıcıdan geçirilmiş nohut tohumlarına ait renkli görüntü ile ikili hale dönüştürülmüş tohum sınırlarının belirli olduğu görülmüştür. Ölçümleri elle ve görüntü işlemeyle yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır. İncelenen bir örneği ölçme zamanının görüntü işlemeyle 30 saniyeden daha az olduğunu, buna karşılık elle ölçmede bu zamanın 10 dakikanın üzerinde olduğunu açıklamışlardır. Araştırmalar sonucunda geliştirdikleri görüntü işleme programının küresel olan ve küresel olmayan tohumların boyut ve şekil özelliklerini ölçmede başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Elle ve görüntü işlemeyle ölçülen değerler arasındaki farkın önemsiz düzeyde; maksimum hatanın % 3'den ufak olup % 1.2 düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir [25].

Bu uygulamalarda ele alınan cisimlere bakıldığında cisimlerin çok küçük olduğu ve hata oranının buna rağmen % 3 olduğu görülmüştür. Ayrıca uygulamada CCD kamerayla görüntü elde etme süresi 2 saniye kadardır. Bu süre daha önceki

uygulamalara bakıldığında iyi bir süre olarak değerlendirilebilir. Bunlara bağı olarak uygulaması yapılan robotun ve görüntü işleme sisteminin pratikteki uygulamalarda istenilen sonuçları vereceğı, zaman, işçilik ve kalite kontrol ele alındığında kendisini amorti edebileceğı düşünölmektedir. Hata oranının daha düşük olmasının istenildiğı uygulamalar da ise Yapay Sinir Ağları kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] HONGA, K., CHOIB, K., KIMC, J., LEEA, S., A PC-based open robot control system: PC-ORC. Pusan Uluslararası Üniversitesi, Cheju Uluslararası Üniversitesi, 30 Mart 2001.
- [2] HENTEN, V., E.J., TUIJL, V., B.A.J., HEMMING , J., KORNET, J.G., BONTSEMA, J., VAN OS, E.A., Field test of an autonomous cucumber picking robot. 16 Eylül 2003.
- [3] WOO, S., HONG, D., LEE, W., CHUNG, J., KIM, T., A robotic system for road lane paintin. Kore Üniversitesi, 2007.
- [4] WANG, Y., SILVA, C., A machine-learning approach to multi-robot coordination. İngiltere Kolombiya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 15 Mayıs 2007.
- [5] ÇİÇEK, S., Renge göre (kırmızı, yeşil, mavi) malzeme taşıyan robot kolu tasarımı ve uygulaması. Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [6] KERT, M., Gerçek görüntüden elde edilen koordinatlarla robot kol hareket optimizasyonu. Mustafa Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2006;3
- [7] <http://www.makinateknik.org/robotik> , Şubat, 2008.
- [8] ÇENGELCİ, B., ÇİMEN, H., Teknolojik araştırmalar. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi.. 2005;2:70-71.
- [9] KAYHAN, G. , Robot kinematiğinin esasları. Yüksek Lisans Semineri , Ondokuz Mayıs Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü . 2003;5:2-3.
- [10] MUMCU, H., Robotik sistemler. Otomasyon Dergisi, Ağustos 1999, syf. 54-58 ve Eylül 1999 syf. 54-57
- [11] BİNGÜL, Z., KÜÇÜK, S., Robot tekniği. Birsen Yayınları, 2005.
- [12] BOZDEMİR, M., AYDAR, A., Robot sistemlerin kontrolü ve oluşan konum hatalarının analizi. Pamukkale Üniversitesi, 1996.

- [13] http://www.servo_motor_2_iletisimplatformu.itu.edu.tr , Mart, 2008.
- [14] http://www.plcteknoloji.com/motor_kontrol.htm , Mart, 2008.
- [15] www.megep.mbe.gov.tr , Nisan, 2008.
- [16] <http://tr.wikipedia.org/> , Şubat, 2008.
- [17] ÖRNEK, O., Görüntü işleme notları. Kocaeli Üniversitesi
- [18] YAMAN, K., SARUCAN, A., ATAK, M., AKTÜRK, N., Dinamik çizelgeleme ve arıma modelleri yardımıyla veri hazırlama. Gazi Üniversitesi, 2001; 20-21
- [19] HARALICK, R.M. ve SHAPIRO, L.G., Computer and robot vision, addison wesley publishing co. USA, 1993.
- [20] BAXES, A G., Digital image processing principles and applications. JohnWiley & Sons, Inc., USA, 1994.
- [21] YAMAN, K., Görüntü işleme yönteminin ankara hızlı raylı ulaşım sistemi güzergahında sefer aralıklarının optimizasyonuna yönelik olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
- [22] <http://www.goruntuisleme.org/> , Şubat, 2008.
- [23] TÜRKOĞLU, İ., Örüntü tanıma sistemleri ders notları. Fırat Üniversitesi, 2003.
- [24] Delta Electronics Inc., ASDA-A & A+ Series User Manual, 2008.
- [25] DEMİRBAŞ, ALGAÇ, H., Buğday tanelerinin bazı fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniğiyle belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Özge Akpınar, 11.05.1983 de Kemaliye' de doğdu. İlkokul eğitimini Kemaliye İstiklal İlkokulu'nda tamamladı. 1994 yılında Erzincan Anadolu Lisesi' ni kazandı, 4 yıl eğitim gördükten sonra İzmir 60. Yıl Anadolu Lisesi'ne geçiş yaparak bu okuldan 2001 yılında mezun oldu. 2001 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü 'nü 2005 yılında bitirdi. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümünde yüksek lisansa başladı. 2006 yılında özel sektörde imalat mühendisi olarak 1 yıl çalıştıktan sonra 2007 yılında Kara Kuvvetleri Komutanlığı Lojistik Komutanlığı 1nci Ana Bakım Merkezi Komutanlığı'nda makine mühendisi olarak göreve başladı. Şu anda aynı kurumda ARGE ve Teknoloji Bölümü'nde makine mühendisi olarak görev yapmaktadır.