



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALTI EKSEN ROBOT KOL TASARIMI VE RASPBERRY Pİ TABANLI
ROBOT GÖRME UYGULAMASI**

Zülfü ALANOĞLU

ENFORMATİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
ARALIK-2017**



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALTI EKSEN ROBOT KOL TASARIMI VE RASPBERRY Pİ TABANLI
ROBOT GÖRME UYGULAMASI**

Zülfü ALANOĞLU

ENFORMATİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
ARALIK-2017**

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTI EKSEN ROBOT KOL TASARIMI VE RASPBERRY Pİ TABANLI
ROBOT GÖRME UYGULAMASI

ZÜLFÜ ALANOĞLU
ENFORMATİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yrd. Doç. Dr. Yakup KUTLU danışmanlığında hazırlanan bu tez 22/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Yakup KUTLU
Başkan

Yrd. Doç. Dr. Mustafa YENİAD
Üye

Yrd. Doç. Dr. Ahmet GÖKÇEN
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Erdal SERTKAYA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 15060

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

22.12.2017

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmza

Zülfü ALANOĞLU

ÖZET

ALTI EKSEN ROBOT KOL TASARIMI VE RASPBERRY Pİ TABANLI ROBOT GÖRME UYGULAMASI

Bu tez çalışmasında Raspberry Pi tabanlı akıllı robot kol tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Robot kolun tasarlanması, tanıma modülü ve motorların hareket modülü olarak 3 ana modülden meydana gelmektedir.

Robot kol tasarımında sabit istasyon robot tipinde altı eklemlili robot kol belirlenerek tasarlanmış ve 3D yazıcı ile üretilmiştir. Bir kamera ve Raspberry Pi kontrol ünitesi de eklenerek sabit istasyonlu robot kol sistemi oluşturulmuştur.

Görüntü, Raspberry Pi' ye bağlı robot kolunu çalışma alanını görece şekilde yerleştirilen web kamerası ile alınmıştır. Görüntü işleme için açık kaynak kodlu OpenCV Kütüphanesi kullanılmıştır.

Tanıma modülü kameradan alınan görüntüdeki objeler görüntü işleme teknikleri kullanılarak belirlenmiş ve morfolojik özellikler çıkarılarak tanıma modeli geliştirilmiştir. Makine öğrenmesi tekniklerinden Naive Bayes, En Yakın Komşu ve Radyan tabanlı fonksiyon ağı yapıları kullanılarak %98 başarımlı otomatik tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Motorların hareket modülünde ise görüntü işleme sonrası belirlenen koordinatlar için ters kinematik teknikleri kullanılarak her bir eklemin açıları hesaplanarak motor hareketleri yaptırılmıştır.

Akıllı Robot kol için iki farklı görev belirlenmiştir. İlk görev düzgün halde bulunan yapboz nesnelere yerlerini belirleyip bunları dağıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Diğer görevi ise dağınık halde bulunan yapboz nesnelere tanıyarak uygun yerlerine yerleştirmesini başarılı bir şekilde yapılması sağlanmıştır.

Bu işlem için Linux tabanlı Raspbian işletim sistemine sahip Raspberry Pi 2 geliştirme kartı üzerinde çalışılmış ve görüntü işleme, robot kol açılarının hesaplanması ve robot kol hareketlerinin sağlanması için Python programlama dili kullanılmıştır.

2017, 69 sayfa

Anahtar Kelimeler: Raspberry pi, 3D tasarım, 6 eksen robot kolu, görüntü işleme, python, openCV.

ABSTRACT

SIX-AXIS ROBOTIC ARM DESIGN AND RASPBERRY PI BASED ROBOTIC IMAGING APPLICATION

In this thesis, Raspberry Pi based intelligent robot arm was designed and realized. The study was based on three main modules, the design of the robot arm, the recognition module and the motion module of the motors.

The robot arm was designed by designing a six-jointed robot arm in fixed-station robot type and printed through 3D printer. A fixed station robot arm system was realized by adding a camera and Raspberry Pi control unit, too.

Images were obtained by a web cam which was installed in a way to see workspace of the Raspberry Pi-connected robotic arm. Open source OpenCV library was applied for image processing.

The recognition module, the objects in the images taken from camera, was created by using image processing techniques and a recognition model was developed by extracting morphological attributes. 98% performance automatic recognition was realized by using machine learning techniques like Naive Bayes, Nearest Neighbor and Radian based function network structures.

In the motion module of the motors, motor movements were made by calculating the angles of each joint using inverse kinematics techniques for the coordinates which were determined after image processing.

Two different tasks were defined for the Intelligent Robot arm. The first task was to determine the location of the jigsaw objects that were in a proper state and scatter them. The other task was to recognize the scattered jigsaw objects and place them in the appropriate places successfully.

This was done on the Raspberry Pi 2 development board with a Linux based Rasbian operating system and the Python programming language was used for image processing, calculation of robot arm openings and robot arm movements.

2017, 69 pages

Anahtar Kelimeler: Raspberry Pi, 3D modelling, 6 axis robot arm, Image Processing, Python, OpenCV.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca önerileri ile çalışmamı destekleyen, tez çalışmamın her aşamasında bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Yakup KUTLU'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Mustafa Kemal Üniversitesine 15060 kodlu bilimsel araştırma projesi (BAP) kapsamında desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca fikirlerini esirgemeyen ve araştırmalarım boyunca her zaman bana yardımcı olan mesai arkadaşım Ahmet UYAR'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasını, yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmamın her aşamasında her türlü desteği, fedakârlığı esirgemeyen eşim Reyhan ALANOĞLU'na, oğlum Ali Ensar ALANOĞLU'na, değerli anneme, babama ve kardeşlerime ithaf ediyorum.

Zülfü ALANOĞLU
HATAY/2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Robot Nedir ve Robot Çeşitleri.....	9
3.1.1. Sabit İstasyon Robotlar.....	9
3.1.2. Tekerlekli Robotlar.....	12
3.1.3. Ayaklı Robotlar.....	16
3.1.4. Yüzen Robotlar.....	18
3.1.5. Uçan Robotlar.....	19
3.1.6. Sürü Robotları.....	19
3.1.7. Modüler Robotlar.....	20
3.1.8. Mikro Robotlar.....	20
3.1.9. Nano Robotlar.....	21
3.1.10. Yumuşak Elastik Robotlar.....	21
3.2. Motor Seçimi.....	22
3.2.1. Servo Motorlar ve Özellikleri.....	22
3.3. Gömülü Sistemler ve Raspberry Pi 2.....	23
3.3.1. Gömülü Sistemler nedir?.....	23
3.3.2. Gömülü Sistemlerin Kullanım Alanları.....	26
3.3.3. Raspberyy Pi 2.....	27
3.4. Robot Kolu Kinematiği.....	29
3.4.1. İleri Yön (Düz) Kinematiği.....	29
3.4.2. Ters Kinematik.....	30
3.5. Görüntünün Elde Edilmesi.....	31
3.5.1. Kameralarda Görme Sistemi.....	31
3.5.2. Kamera Nasıl çalışır?.....	32
3.6. Görüntü İşleme Teknikleri.....	33
3.6.1. Renk Alanlarını Değiştirme.....	33
3.6.2. Resim Geometrik Dönüşümü.....	34
3.6.3. Siyah Beyaz Resim.....	34
3.6.4. Görüntü Yumuşatma.....	35
3.6.5. Morfolojik Dönüşümler.....	35
3.6.6. Canny Kenar Belirleme.....	36
3.6.7. Histogram Eşitleme.....	36
3.7. Makine Öğrenme Yöntemleri.....	37
3.7.1. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları.....	38
3.7.2. En Yakın Komşu Sınıflandırması Algoritması.....	39
3.7.3. Naive Bayes Sınıflandırıcı.....	40
3.7.4. Performans Ölçüm Kriterleri.....	41
3.8. Akıllı Sistem Tasarımı.....	44

3.8.1.	Sistemin Çalışma Yapısı	45
3.8.2.	Kontrol Denklemine Hesaplanması	46
3.8.3.	Sistemin Genel Yapısı	49
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	51
4.1.	Düzenli Bul-Tak Nesnelerinin Bulunması ve Ağırlık Merkezlerinin Belirlenmesi	51
4.2.	Dağınık Haldeki Bul-Tak Nesnelerinin Bulunması, Tanınması ve Yerleştirilmesi	53
4.2.1.	Bul-Tak Nesnelerinin Bulunması	54
4.2.2.	Bul-Tak Nesnelerinin Tanınması	56
4.2.3.	Nesnelerin Yerleştirilmesi	63
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	64
	KAYNAKLAR	66
	ÖZGEÇMİŞ	72



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Şekillerin Hu-Momentlerinin Hesaplanması	57
Çizelge 4.2. Hu- Moment Nesne Tanıma Başarım oranları.....	57
Çizelge 4.3. Şekillerin Sayısı	58
Çizelge 4.4. K=5 için En Yakın Komşu Algoritması Karışıklık Matrisi.....	59
Çizelge 4.5. K=5 için En Yakın Komşu Algoritması Performans Ölçüm Değerleri	59
Çizelge 4.6. K=3 için En Yakın Komşu Algoritması Karışıklık Matrisi.....	60
Çizelge 4.7. K=3 için En Yakın Komşu Algoritması Performans Ölçüm Değerleri	60
Çizelge 4.8.K=1 için En Yakın Komşu Algoritması Karışıklık Matrisi.....	60
Çizelge 4.9. K=1 için En Yakın Komşu Algoritması Performans Ölçüm Değerleri	61
Çizelge 4.10. Naive Bayes Sınıflandırıcı Karışıklık Matrisi.....	61
Çizelge 4.11. Naive Bayes Sınıflandırıcı Algoritması Performans Ölçüm Değerleri.....	62
Çizelge 4.12. Radyal Temelli Fonksiyon Ağları Karışıklık Matrisi	62
Çizelge 4.13. Radyal Temelli Fonksiyon Ağları Performans Ölçüm Değerleri	63
Çizelge 4.14. Nesne Tanıma Başarım Oranları.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Epson firmasının ürettiği 6 eksenli robot kolu.....	3
Şekil 3.1. Epson N serisi 6-Eksenli robot (Epson, 2016).....	9
Şekil 3.2. Epson Lineer robot kolu (Epson, 2016).....	10
Şekil 3.3. Scara 4 eksenli silindirik robot (Epson,2016).....	10
Şekil 3.4. Küre koordinatlı robot (Anonim, 2016a).....	11
Şekil 3.5. 3 Eksenli scara robot (Mitsubishi, 2016).....	11
Şekil 3.6. Adept Quattro™ s650H marka paralel robot (Adept, 2016).....	12
Şekil 3.7. Tek tekerlekli robot (Anonim, 2017a).....	13
Şekil 3.8. Mobil top robot (Ylikorpi T.and Suomela J., 2007).....	13
Şekil 3.9. İki tekerlekli robot (Zheng N. Ve ark, 2017).....	14
Şekil 3.10. Üç tekerlekli robotlar (Kim H., ve Kim B., 2008).....	14
Şekil 3.11. 4 tekerlekli robotlar (Rotondo D. Ve ark, 2014).....	15
Şekil 3.12. Çok tekerlekli robotlar (Anonim, 2017b).....	15
Şekil 3.13. Paletli robotlar (Anonim, 2016a).....	16
Şekil 3.14. Tek ayaklı robot(Anonim, 2017c).....	16
Şekil 3.15. İki ayaklı robot (Suwanratchatamane K. ve ark., 2011).....	17
Şekil 3.16. Altı ayaklı robotlar (Anonim, 2017d).....	17
Şekil 3.17. Çok ayaklı robotlar(Anonim, 2017e).....	18
Şekil 3.18. Yüzen robot (Anonim, 2017f).....	18
Şekil 3.19. Quadrocopter robotlar (Pfrunder A. ve ark., 2014).....	19
Şekil 3.20. Sürü robotlar(Anonim, 2017g).....	19
Şekil 3.21. Modüler robotlar(Anonim, 2017h).....	20
Şekil 3.22. Micro robotlar (Anonim, 2017i).....	20
Şekil 3.23. Tıpta kullanılan bir Nano robot (Anonimj, 2017).....	21
Şekil 3.24. Yumuşak-elastik robotlar (Faulkner J., Dirven S, 2017).....	21
Şekil 3.25. DC Servo Motor (Anonim, 2017k).....	23
Şekil 3.26. Gömülü sistem diyagramı.....	24
Şekil 3.27. Gerçek zaman gömülü sistem uygulama örnekleri.....	25
Şekil 3.28. Ağa bağlı gömülü sistemler.....	26
Şekil 3.29. Gömülü sistem uygulama örnekleri.....	27
Şekil 3.30. Raspberry Pi 2 (Anonim, 2016b).....	28
Şekil 3.31. n+1 uzva sahip kinematik zincir oluşturan manipülatör.....	30
Şekil 3.32. Mavi renk alanını seçme (Anonim, 2017l).....	34
Şekil 3.33. Görüntü Eşik Değerleme (McAndrew,2004).....	34
Şekil 3.34. Görüntü Yumuşatma (Mathworks, 2017).....	35
Şekil 3.35. Morfolojik Dönüşümler (Anonim, 2016c).....	35
Şekil 3.36. Canny Kenar Belirleme (Mathworks, 2017).....	36
Şekil 3.37. Histogram Eşitleme(Anonim, 2017m).....	37
Şekil 3.38. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağının Temel Mimarisi (Özçalık ve Ark., 2013).....	39
Şekil 3.39. KNN algoritması görüntüsü.....	40
Şekil 3.40. Karışıklık matrisinin yapısı.....	43
Şekil 3.41. Sınıflandırıcı tahminlerinin gerçekliğini ifade eden terimler.....	43
Şekil 3.42. Sınıflandırıcı tahminlerinin gerçekliğini ifade eden terimlerin karışıklık matrisi üzerindeki dağılımı.....	44
Şekil 3.43. Sistemin genel yapısı.....	45

Şekil 3.44. Robot eksen tanımlamaları	46
Şekil 3.45. Q1 açısının kuşbakışı görünümü.....	47
Şekil 3.46. Düzlemin kuşbakışı görünümü ve uzunluk tanımları	47
Şekil 3.47. Robot Kolu Üzerinde Açık ve Uzunlukların Gösterimi	48
Şekil 3.48. Robot Kolu Açık ve Uzunlukları	48
Şekil 3.49. Sistemin Genel Yapısı	50
Şekil 4.1. Deneysel Düzenek	51
Şekil 4.2. Deneysel uygulamada kullanılacak bul-tak nesnelere hazırlanmış kamera görüntüsü	52
Şekil 4.3 . Görüntü işleme süreçleri ve sonuçları	52
Şekil 4.4. Uygulama Alanının Görüntüsü	53
Şekil 4.5. Görüntü İşleme Akış Şeması	54
Şekil 4.6. Kaynak Görüntü İşleme Adımları.....	55
Şekil 4.7. Hedef Görüntü İşleme Adımları	55
Şekil 4.8. Kaynak ve Hedef Şekillerin Karşılaştırılması	58

1. GİRİŞ

Robot kelimesi, ilk defa Karel Čapek'in 1920 yılında yazdığı R.U.R. - Rossum's Universal Robots adlı eserinde kullanılmıştır. Robot kelimesi ilk olarak 1920 yılında kullanılmış olsa da, robotlara ait ilk kavramlar ve robotik özelliklere sahip ilk makinelere ait bilgiler MÖ 3000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Eski Mısır, eski Yunan ve Anadolu medeniyetlerinde otomatik su saatleri benzeri makinelerin geliştirildiği bilinmektedir. Homerus'un İlyada adlı eserinde insan yapımı kadın hizmetçiler anlatılmaktadır. MÖ 100 yıllarında yaşamış olan İskenderiyeli bir mühendisin otomatik açılan kapılar, fiskiyeler vb. düzenekleri su ve buhar gücü ile çalıştırdığı eski kitaplarda yazılmaktadır. Daha yeniçağlarda Leonardo da Vinci'nin yürüyen mekanik aslanı olduğu söylenmektedir.

Robotlar ile ilgili birçok tanım mevcuttur. Bunlardan en çok kullanılan Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılmıştır. Amerika Robot Enstitüsü (1979) robotları "Çeşitli işleri yapabilmek için programlanmış hareketlerle malzeme, parça, alet veya özel cihazları taşımak için tasarlanmış çok işlevli, tekrar programlanabilir düzenek" olarak tanımlamaktadır.

Robotlar temel olarak çevrelerini algırlarlar, algılanan çevreyi yorumlayarak bir karara ulaşabilirler ve ulaştıkları karar doğrultusunda eylemde bulunabilirler.

Son yıllarda robot araştırmalarında önemli başarılar sağlanmıştır. Özellikle otonom robotlarda birçok özellik gelişmiştir. Örnek olarak; robotlar ile çevrenizi inşa edebilirsiniz ya da koruyabilirsiniz (Durrant-Whyte ve Bailey, 2006), planlama yaparak dinamik ortamlardaki yollarda kazasız yürütebilirsiniz (Petti ve Fraichard, 2005) ya da emniyetli bir şekilde insanlara nasıl yaklaşacağınızı planlayabilirsiniz(Satake ve ark.,2000).

Günümüzde özellikle tehlikeli işlerde, savunma sanayiinde, insan sağlığını olumsuz etkileyecek ortamlarda robotların kullanılması önemli bir konu haline gelmiştir. Robotların insanlar gibi iş yapabilmesi, insansı özellikler kazanmaları gerekmektedir. Öncelikle hedefin duyu organları gibi sensörler ile tespit edilmesi, gerekli incelemeler, değerlendirmeler ve hesaplamalar yapılarak harekete geçip eylemi gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Akıllı Robotlarda kullanılan sensörlere göre dış ortamdan veri alma kabiliyetleri kazanır. Bu verileri işleyen merkezi işlem ünitesi söz konusudur ve bu verileri analiz ederek karar verme yetisi verilmiştir.

Görmeye dayalı robot kolları görüntü ile kazanılmış verileri kullanır. Kameranin pozisyonuna ve manipülatörün özelliğine göre birtakım işlemler ile istenilen görevler yerine getirilir. En çok kullanılan alanların başında savunma ve askeri amaçlı sistemler, endüstriyel sistemler ve insan sağlığının olumsuz etkilenebileceği ortamlar gelir.

Görüntü işleme teknikleri hedefin tanınması ve koordinatının belirlenmesi için gereklidir. Bu amaçla kamera düzeneği ya robot kolu üzerine entegre edilmeli ya da robot kolunun hareket alanını görebilecek bir yere sabitlenmelidir.

Güncel endüstriyel robot sistemleri yüksek çözünürlüklü görüntülere ve yapısal aydınlatmaya güvenerek nispeten basit görüntü işleme tekniklerini kullanır. Resim işleme ve özellik çıkarma ile ilgili birçok araştırma yapılmasına rağmen ileri düzeyde görmeye dayalı robot kolu sistemlerinde daha az uygulama yapılmıştır (Harwood ve ark., 2000; Brunelli, 2009; Xingzhi and Bhandarkar, 2005).

Görme denetimli teknikler pozisyon tabanlı görsel denetim- (PTGD) ve Görüntü tabanlı görsel denetim- (GTGD) olmak üzere iki kategorilere ayrılmaktadır. Son zamanlarda Hibrid yaklaşımlar da ileri sürülmüştür (Malis ve ark.,1999). GTGD görüntüdeki hata sinyallerini ölçer ve komutlar direk robot aktüatörlerine gönderilir. PTGD'de ise kameranin geçerli konumu tahmin edilerek resimdeki özellikler ayıklanıp kullanılır (Gans ve Hutchinson, 2007; Lippiello ve ark. , 2007).

Şekil 1.1' de Epson firmasının geliştirdiği " 6 eksenli" robot görülmektedir. 6 eksenli olup yüksek ulaşılabilirlik yönüne sahiptir.

Bizim çalışmamızda çizimsel olarak farklılık göstermesine karşın eksen olarak buna benzer bir robot kolu kullanılmıştır. Tavana sabitlenmiş bir kameradan alınan veriler işlenerek hedef tespit etme ve robot kolunun hedefe yönelerek istenilen işi yapmasını sağlayan bir sistem oluşturulmuştur.



Şekil 0.1. Epson firmasının ürettiği 6 eksenli robot kolu

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Huangark (2011), robotik kolun kavranması ve yerleştirilmesi için görüntü işleme yöntemlerini kullanmışlardır. Öncelikle işlenen görüntü ile topun rengi ve konumu tespit edilmiştir. Tespit işleminden sonra robot kolu kamera merceğini topun ortasına doğru hareket ettirir ve sonra kavrayarak top rengine göre daha önce belirtilen kutuya yerleştirilir. Sonuç olarak top rengine göre topu tanıyıp, "topu bul", "topu tut" ve "topu koy" gibi üç görevi yerine getirmişlerdir. Görüntü yakalandıktan sonra şekli eşleme hatasını iyileştirmek için görüntü işleme teknikleri kullanılarak gürültü, ışık ve diğer parazitler azaltılmıştır.

Wei ve Cai (2010), çalışmalarında, hareketli bir ortamın görüntüsünü alarak hareket tespiti yapmışlardır. Bunun için gömülü geliştirme temelli donanım ve yazılım platformunun nasıl kurulacağını açıklamışlar. Sistemik performansı iyileştirmek için, yalnızca algılama algoritmasının nasıl seçileceğini değil, aynı zamanda onun nasıl optimize edileceği de tanıtılmıştır. Çalışmalarında donanım platformu olarak Samsung mikro işlemcili geliştirme kartı ve Linux işletim sistemi kullanılmıştır. Hareketin algılanmasında görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edecek ve hareket varlığına karar verecektir.

Iqbal ve ark. (2012), Bir güney kore firması olan ED Corporation tarafından geliştirilen ve kapsamlı olarak araştırma, geliştirme ve öğretimde kullanılan ED-7220C robot kol manipülatörünü kullanarak ileri ve ters kinematik hesaplamalarını yapmışlardır. Bu çalışmalarında Denavit-Hartenberg metodunu kullanmışlardır. Denavit-Hartenberg metodunu, karmaşıklığından bağımsız olarak herhangi bir sayıda manşon ve bağlantıların modellenmesi için çok yönlülüğü ve kabul edilebilirliği nedeniyle robotun kinematik modelini geliştirmek için kullanılmışlardır.

Fanhua ve Hongwei (2010), çalışmalarında geliştirme ortamı olarak Linux 2.6.13 çekirdeğini ve ARM işlemci kullanarak video görüntüsü alabilen bir tasarım yapmışlardır. Armlinux adı verilen geliştirme ortamı oluşturarak video görüntüsü yakalama sisteminin net resimler çekebildiği, sistemin kabiliyetinin mükemmel olduğu ve sistemin pratik olduğu gösterilmiştir.

Sukop ve ark. (2014), çalışmalarında çok kollu robot hareketlerini kontrol etmek için, cep telefonuyla iletişim imkânı sağlayan uygulama geliştirmişlerdir. Uygulamada

ikili kol robotu, kamera, bilgisayar ve cep telefonu veya ivmeölçer sensörü ve bluetooth arayüzlü tablet kullanılmıştır. Çalışmada robot kontrol sisteminde 4 modül mevcuttur. Robot hareketleri, mobil işletim sistemi, bilgisayar iletişim modülü ve bilgisayardaki görüntü işleme modülü olmak üzere dört yazılım uygulaması kullanılmıştır. Robot kolu ile atılan zarların görüntüleri kamera yardımı ile alınarak görüntü işleme yöntemleri ile üzerindeki değeri belirlenmektedir. Robot sadece zar atıp zarları toplamaktadır. Görüntü işleme teknikleri ile zarların üst yüzeylerine gelen değerler toplanmaktadır. 100 örnekte %92 başarı oranına ulaşılmıştır.

Zhang ve Ark(2009), çalışmalarında insan jestlerini video kamera ile tespit ederek ve optik akış metodu kullanılarak robot kolunu kontrol etmişlerdir. Çalışmada akış gürültüsünden kurtulmak için bir histogram tekniği kullanılmış ve BP(Backpropagation) ağı kullanılarak, hareket bölümlenmesi bağlamında optik akış vektörleri tarafından tanımlanan bir jest dizisini tanımlanmıştır. Deney sisteminde, standart bir 2.4GHz Pentium 4 PC ve tek renkli dijital video kamera kullanılmıştır. Çalışmada Lucas ve Kanade optik akış metodunu kullanarak gerçek zamanlı video akışından çıkarılan hareket hızı bulunarak robot kolunun yönü ve hızı belirlenmiştir.

Munna ve Ark(2017) çalışmalarında 2 eksenli robot kolu kullanılarak bir görüntüdeki insan portresini kâğıt üzerine çizmişlerdir. Sistem öncelikle RGB olarak çekilmiş bir portre resmi görüntü işleme yöntemleri ile gri tonlara çeviriyor. Gri tonlara çevrilen resim verileri robot kol kontrollerine aktarılarak eklem açıları belirlenmiş ve servo motorların hareketi ile çizim işlemi gerçekleşmiştir. Robot kolunda bulunan servo motor kontrolü için Arduino Mega 2560 kartı kullanılmıştır.

Lyu ve Ark(2016) çalışmalarında gerçek zamanlı hedef izleme sistemi tasarlamışlardır. Bu sistem bir dijital CMOS modülü, FPGA geliştirme kartı, iki serbestlik dereceli Pan-Tilt servo platform ve bir HDMI ekran içerir. CMOS modülü, görüntü sırasını FPGA kartına aktarır, FPGA'daki görüntü işleme merkezleri paralel işleme sonrasında özellikler çıkartarak PID denetleyicisi tabanlı görsel geri besleme kontrol algoritması ile Pan-Tilt servo platformunun, önceden tanımlanmış hedefi izlemek üzere hareketini kontrol etmektedir.

Sahu ve Ark(2016) çalışmalarında kütüphanelerde kitapları aramak ve bulmak gibi zor ve zaman alıcı işleri robotlara yaptırma konusunu işlemişlerdir. Sistem 3 ana bölümden oluşmaktadır. Robotik kol, barkod okuma ve görüntü işleme. Robot olarak 4

eksen bir robot tasarlanmıştır. Tekerlekli yapısı sayesinde hareket edebilen kısıkaç yardımıyla da kitabı tutabilen bir yapıdadır. Robot eklemlerinin hareketini saptamak için servo motorlar ve bu servo motorların açı değerlerini hesaplayıp gerekli komutu vermek için de ATmega328'e dayalı Arduino mikro denetleyici kartını kullanılmıştır. Barkod tanıma sistemi kitaplardaki mevcut barkodları okuyarak görüntü işleme teknikleri ile tanınmasını sağlamışlardır.

Szabo ve Ark(2016) Raspberry Pi kullanarak robotik kol kontrol sistemi hazırlamışlardır. Çalışmada Raspberry PI geliştirme kartı, bir 5 eksenli robot kolu, iki adet web kamerası ve iki adet IP kamerası kullanmışlardır. Robot eklemlerine renkli şişe kapakları yapıştırılmıştır. Robot hareket ettiğinde renklerin konumları algılanıp uzaklık ölçümleri ve matematiksel işlemler yapılmaktadır. Sistem Raspbian Linux işletim sisteminde Python dili ve OpenCv kütüphaneleri kullanılmıştır.

Khelbude ve Shelke (2016), çalışmalarında Raspberry Pi, kamera modülü, arduino ve step motor kullanarak iris kontrollü robot yapmışlardır. Pi kamera bir gözün görüntüsünü gerçek zamanlı olarak Raspberry Pi'ye aktarır. OpenCV kütüphanesi kullanılarak işlenen verilerle hangi yöne bakıldığına belirlenmesi saptanır daha sonra kablosuz iletişim yolu ile Arduino'ya aktarılır. Arduino, Raspberry Pi'den gelen verileri alarak motorların çalışmasını sağlayan bir sistem gerçekleştirmişlerdir.

Yang ve Ark(2016), çalışmalarında Raspberry Pi ve kamera kullanarak çizgi izleyen robot yapmışlardır. Çalışmada bilgisayar görüşüne dayalı genel bir çizgi izleme algoritması sunulmaktadır. Kamera ile alınan video Raspberry Pi ile işlenir. Görüntü işleme yöntemleri ile çizgiyi tanıyarak ve izleyerek buna göre robotun hareketini sağlamışlardır.

Fernandes da Silva ve Nogueira de Moura (2015), çalışmalarında insansız hava araçlarından havadan görüntü işleme yapabilmek için gömülü bir sistem tasarladılar. Uygulamada Altera DE2i-150, Intel Edison ve Raspberry Pi üzerinde denenmiştir. Görme ve görüntü işleme için OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır. Görüntüler bir insansız hava aracı (İHA) tarafından görüntülenmiştir fakat görüntü işleme kısmı laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak çalışma tarlalardaki arızaları belirlemek için İHA'lardan hava görüntüleri işleyebilecek bir çözüm önermekte ve hafif boyutlu bilgisayarlar ve düşük güçlü bilgi işlem platformlarında çalışan sistemin karşılaştırılmasını sağlamaktadır.

Song ve Ark(2015), çalışmalarında Quadrotor platformu üzerinden akıllı bir görsel hat izleme sistemi geliştirmişlerdir. Çalışma otopilot sistemi ve görüntü işleme modülünden oluşur. ArduPilot (APM) otomatik pilot sistemi için Quadrotor'u kontrol etmek ve geri besleme verilerini Quadrotor çerçevesinden analiz etmek için kullanılır. Raspberry Pi 2, OpenCV kütüphane kullanılarak 640 * 480 piksel çözünürlüklü kameralardan çekilen görüntüleri işler ve APM ile iletişim yoluyla çizgi izleme kontrolünü gerçekleştirmek için kontrol değerlerini çizer.

Chinnathurai ve Ark(2016), yarı özerk atık ayırma robotunun tasarımı ve uygulamasını yapmışlardır. Recyclebot adını verdikleri bu sistem Raspberry Pi ve bir Linux makinesi üzerinde çalışan dört modülden oluşur. Bunlar aktarma organı, görüntü toplama modülü ve insan makine arayüz modülüdür. Her modül belirli bir görevi yerine getirir ve bir dereceye kadar diğer modüllerden bağımsız olarak çalışır.

Hassan ve Ark (2016), çalışmalarında etiket algılama ve tanımaya dayalı düşük maliyetli insanı tanıma ve takip etme amaçlı bir algoritma sunmuş ve robot tasarlamışlardır. Robot platformu olarak arkada iki serbest hareketli tekerlek ile ön iki tekerleği diferansiyel sürüş sistemi şeklinde tasarlanmıştır. Diferansiyel tekerlekler mekanik geri besleme kontrol ünitesi ve hareket sağlamak için optik şaft ile birleştirilmiştir. Görüntü işleme ünitesi Raspberry Pi 2 ile sağlanırken kontrol mantığı ve sensör arabirimi bir Arduino Uno kontrol panosu tarafından gerçekleştirilmiştir. İnsan üzerindeki etiketi algılayan robot mesafe sensörü vasıtası ile insanın hareketlerini izleyerek takip etmektedir.

Pornpanomchai ve Ark(2015), çalışmalarında bir robotun nesnelerin rengini algılayıp sonra algılanan nesneye gitmesi için yeni bir işlev oluşturmayı amaçlamaktadır. Sistem esas olarak Raspberry Pi'yi girdi, komut ve görüntü alan bir web sunucusu ve işlemci olarak kullanır, ardından robotu kontrol etmek için kızılötesi sinyali kullanarak işlem yapar. Sistemde genel olarak Web sunucu sistemi, kontrol sistemi, kamera işleme ve robot kontrolü olmak üzere 4 ana bölümden oluşmaktadır.

Pereira ve Ark(2014), çalışmalarında Raspberry Pi, Pi kamera modülü, IR sensörü, Arduino ve bir robot kolu kullanarak üç farklı şekil ve renkteki nesnelere sıralamışlardır. Başlangıç olarak IR sensörü nesnenin olup olmadığını tesbit eder. Eğer nesne algılanırsa Pi kamera modülü açılarak nesne görüntülenir. Görüntü Raspberry Pi'ye gönderilir. Yakalanan görüntü, nesnenin rengini ve şeklini tanıyarak çıktısı bir

metin dosyasına yazılır ve kaydedilir. Arduino, servo motorları kontroller kartı ile kullanarak robotik kolun istenen bölgeye hareketi için kullanılır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Robot Nedir ve Robot Çeşitleri

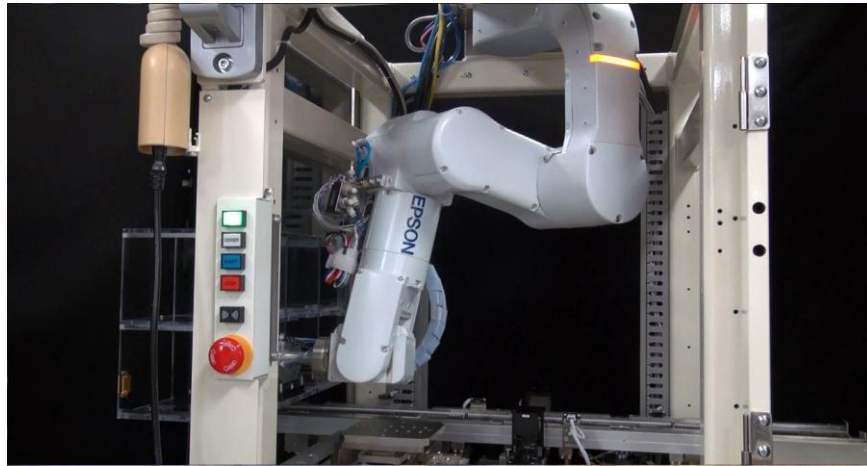
Robotlar genellikle insan suretinde ve metal türlerinden yapılan, programlanınca programın içeriğine göre belirli bir işi ya da işleri yapabilen, insan sağlığı için tehlikeli işlerde ya da insanların yapamayacağı zorlukta işleri insan yerine yapan, elektrikle çalışan otomatik aygıt olarak tanımlanabilir.

Akıllı robot çevresinden bilgi alabilen ve bu bilgiyi anlamlı bir amaç için kullanabilen makinelerdir. Bir robot fiziksel olarak mevcuttur. Programlama kısmı sanal olmasına rağmen robotlara programdan farklı olarak elimizle dokunabiliriz. O çevresini sürekli algılar ve çevresine tepkide bulunur.

Robotlar pek çok farklı kriterlere göre sınıflandırılabilirler olsa da temel olarak hareket mekanizması robot türlerinde ana belirleyici olmaktadır.

3.1.1. Sabit İstasyon Robotlar

Robot Kollar – Eklemlili Robotlar: Eklemlili robotlar, eklemlilerden dönebilen robotlardır. Eklemlili robotlarda eklem sayıları arttıkça hareket alan ve kapasiteleri de artar ve hesaplamalar daha karmaşık hale gelir. Eklemliler temel olarak elektrik motorları ile hareket ettirilebilirler (Wikipedia, 2016 10 Eylül).



Şekil 0.1. Epson N serisi 6-Eksenli robot (Epson, 2016)

Kartezyen ve Kızak Robotlar (lineer robot):Kartezyen robotlar 3 eksenleri lineer olarak kontrol edilen ve birbirlerine dik açılarla yerleştirilmiş endüstriyel robotlardır. Kayan üç eklemleri, dirseği yukarı-aşağı, içeri-dışarı ve ileri-geri götürmek amacıyla çalışırlar. Diğer avantajları yanında bu mekanik düzenleme robot kol kontrolünü oldukça basitleştirir (Robotpark, 2017).



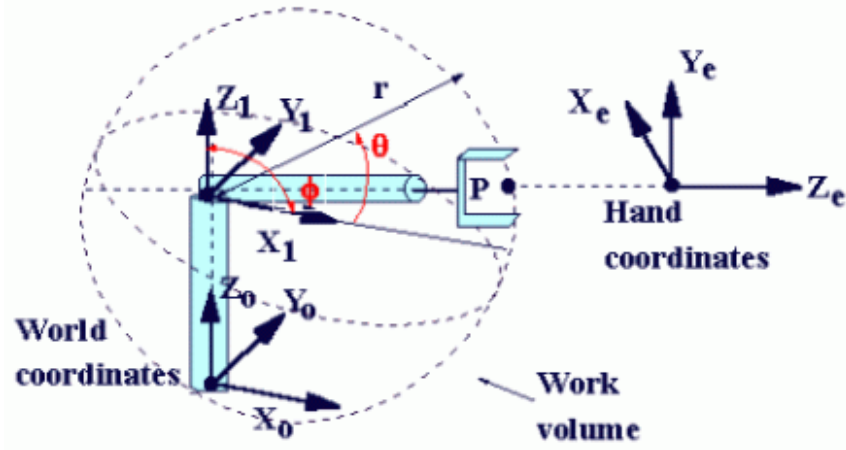
Şekil 0.2. Epson Lineer robot kolu (Epson, 2016)

Silindirik Robotlar: Eksenleri silindirik bir koordinat sistemi oluşturan robotlardır. Genellikle kullanıldığı uygulamalar montaj operasyonları, makine araçlarını kontrol etme, nokta kaynaklama ve kalıplama makineleridir. Temel kolun hareketi yukarı ve aşağı yöndedir. Robot bu hareketini kola yerleştirilmiş bir silindiri uzatarak yapabilir. Dönme genellikle motor ve dişliler sayesinde olur (Robotpark, 2017).



Şekil 0.3. Scara 4 eksenli silindirik robot (Epson,2016)

Küre Robotlar: Bu tür robotlar iki dönel ve bir prizmatik eklemleri olan robotlardır. Yani iki adet dönel bir lineer eksenleri vardır. Küresel robotların küresel koordinat sistemini oluşturan bir kolları bulunur (Robotpark, 2017).



Şekil 0.4. Küre koordinatlı robot (Anonim, 2016a)

SCARA Robotlar: Robot, Yamanashi Üniversitesi'nden profesör Hiroshi Makino rehberliğinde tamamlanmıştır. Robot SCARA (**Selective Compliant Assembly Robot Arm**) olarak isimlendirilmiştir. Robotun kolu Z-ekseninde oldukça sert, X-Y eksenlerinde ise oldukça esnektir. Bu sayede X-Y eksenindeki deliklere adapte olabilir. SCARA'nın bir diğer önemli özelliği insan kollarına benzer iki eklemlilik kol yapısıdır. SCARA'lar genellikle diğer kartezyen robotlara göre daha hızlı ve daha temizdir (Robotpark, 2017).



Şekil 0.5. 3 Eksenli scara robot (Mitsubishi, 2016)

Paralel Robotlar: Paralel manipölator tek bir platformu ya da son aleti desteklemek için bilgisayar kontrollü farklı seri zincirler kullanan bir mekanik sistemdir. En iyi bilinen paralel manipölator uçuş simölatorü gibi hareket edebilen bir temeli altı lineer eyleyici ile destekleyen sistemlerdir (Wikipedia, 2016).



Şekil 0.6. Adept Quattro™ s650H marka paralel robot (Adept, 2016)

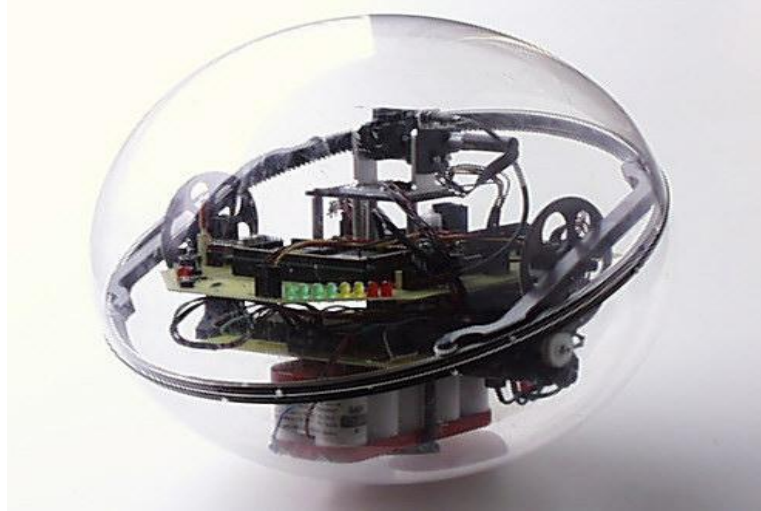
3.1.2. Tekerlekli Robotlar

Tek Tekerlekli Robotlar: Bu tür robotlar yere temas halinde sadece tek bir tekerlek üzerinde hareket ederler. Bu nedenle dengede kalmakta zorluk yaşarlar. En büyük avantajları her yöne direk hareket edebilirler (Robotpark, 2017).



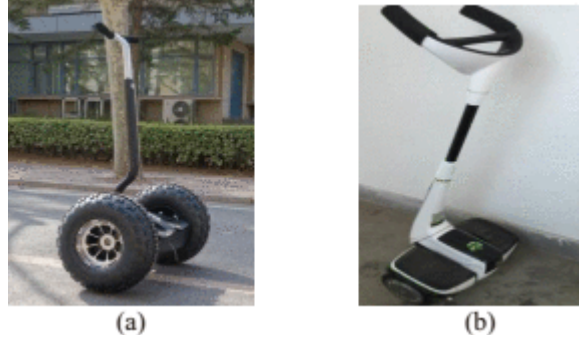
Şekil 0.7. Tek tekerlekli robot (Anonim, 2017a)

Mobil Top Robotlar: Küre şeklinde ayakları vardır ve bu tür robotlar yerde yuvarlanarak ilerlerler. Hareket sistemi diğer robottan farklı olarak kendine has bir sistemdir (Robotpark, 2017).



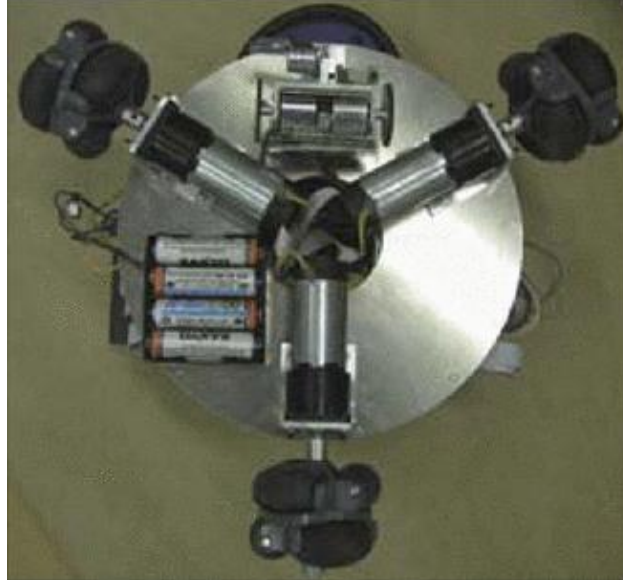
Şekil 0.8. Mobil top robot (Ylikorpi T.and Suomela J., 2007)

İki Tekerlekli Robotlar: Bir birine paralel iki adet tekerlekten oluşan robot türleridir. Hareket kabiliyetleri çok yüksek olmalarına rağmen bu tür robotlar da tek tekerlekli robotlar gibi denge problemi yaşarlar (Robotpark, 2017).



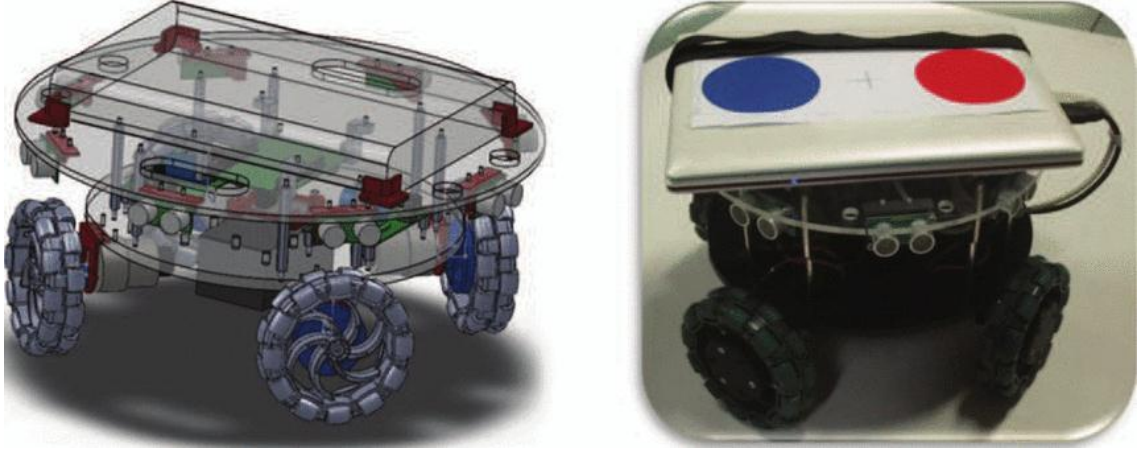
Şekil 0.9. İki tekerlekli robot (Zheng N. Ve ark, 2017)

Üç Tekerlekli Robotlar: Bu tip robotlar Fark ile Dönen (Differentially Steered) ve Dönüş Sistemli olmak üzere iki farklı yapıda olabilirler. Fark ile Dönen yapıdaki robotlarda önde farklı kaynaklardan beslenen iki tekerlek ve arkada serbest bir tekerlek bulunur. Öndeki iki tekerleklerin hız farkı ya da yön farkına göre hareket yönü tespit edilir. Dönüş sistemli robotlarda ise arkadaki iki tekerlek aynı kaynaktan beslenir ve öndeki tekerlek de istenilen yöne dönüş sağlamak için kullanılır (Robotpark, 2017).



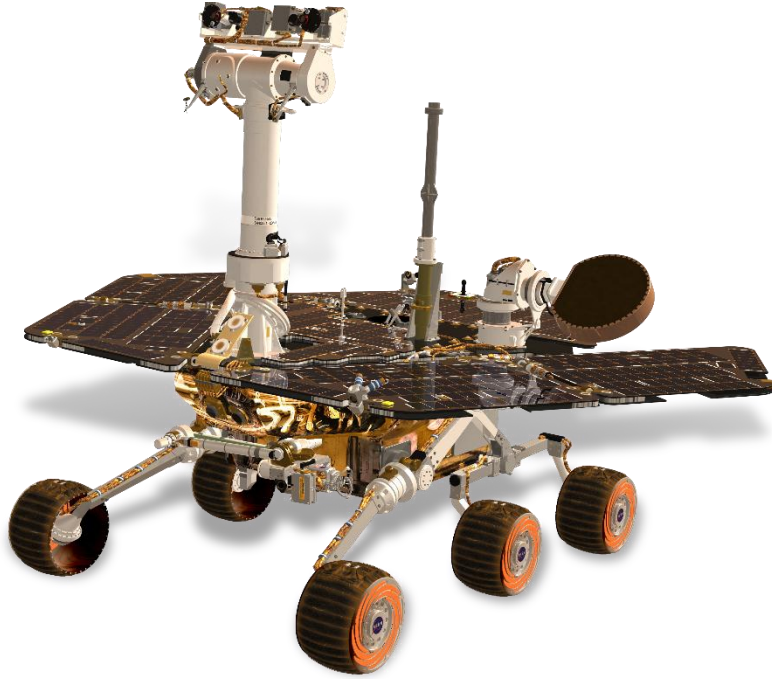
Şekil 0.10. Üç tekerlekli robotlar (Kim H., ve Kim B., 2008)

Dört Tekerlekli Robotlar: Bu tür robotlar arabalar gibi 4 tekerleği bulunan robotlardır. Farklı sürüş tiplerine sahiptir. Bunlar; iki beslenmiş iki serbest dönen tekerlekler, tank benzeri 2'ye 2 beslenmiş robotlar son olarak da araba benzeri olan robotlardır.



Şekil 0.11. 4 tekerlekli robotlar (Rotondo D. Ve ark, 2014)

Çok Tekerlekli Robotlar: Bu tip robotlar genelde uzay araştırmalarında kullanılan robotlardır. Tekerlek sayısı arttıkça robotun hem tasarımı hem de hareket kontrolü karmaşıklaşıyor (Robotpark, 2017).



Şekil 0.12. Çok tekerlekli robotlar (Anonim, 2017b)

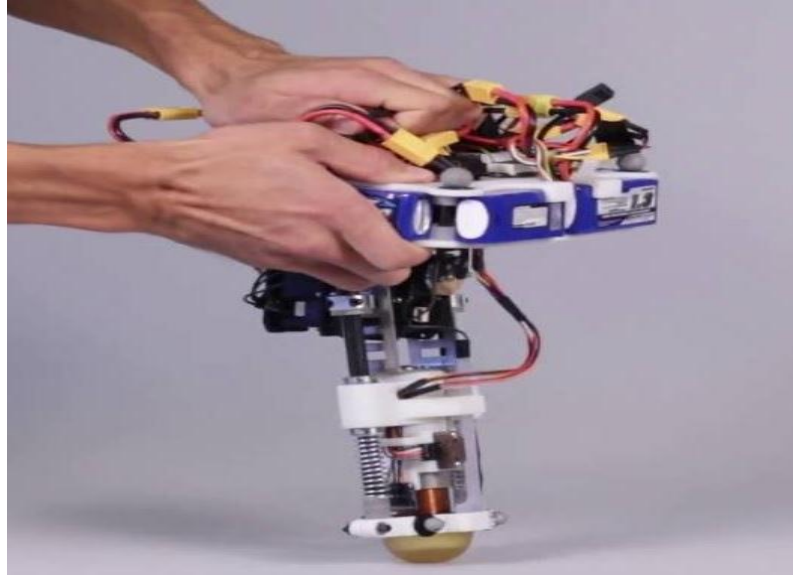
Paletli Robotlar: Bu tür robotlar tekerlek yerine paletler ile hareket eden robotlardır. Paletler sayesinde yer ile temas yüzeyleri artar. Özellikle iş ve askeri alanlarda kullanılan tiplerdir (Robotpark, 2017).



Şekil 0.13. Paletli robotlar (Anonim, 2016a)

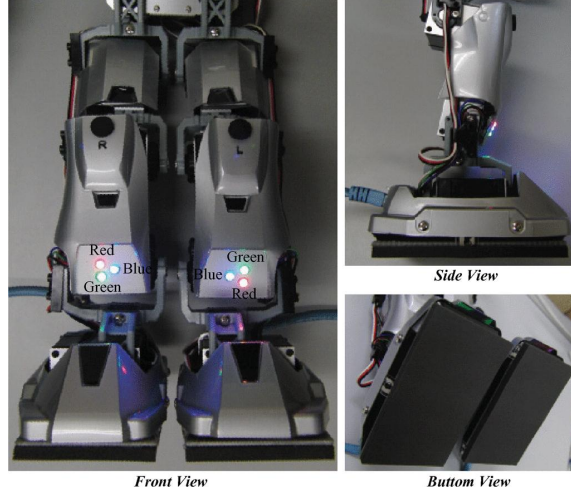
3.1.3. Ayaklı Robotlar

Tek Ayaklı Robotlar: Bu tip robotlar tek ayak üzerinde bulunur ve dengede kalabilmek için sürekli zıplamak zorunda olan robotlardır. Eklemli bir bacağı sahiptirler (Robotpark, 2017).



Şekil 0.14. Tek ayaklı robot(Anonim, 2017c)

İki Ayaklı Robotlar: İnsanlar gibi iki ayağa sahip olan robotlardır. İnsansı robotlara benzediği için üzerinde en çok araştırma yapılan robot türüdür (Robotpark, 2017).



Şekil 0.15. İki ayaklı robot (Suwanratchatamanee K. ve ark., 2011)

Üç Ayaklı Robotlar: Bu tip robotların biyolojik olarak bir karşılıkları olmadığı için üzerinde çok çalışma yapılmış bir robot değildir (Robotpark, 2017).

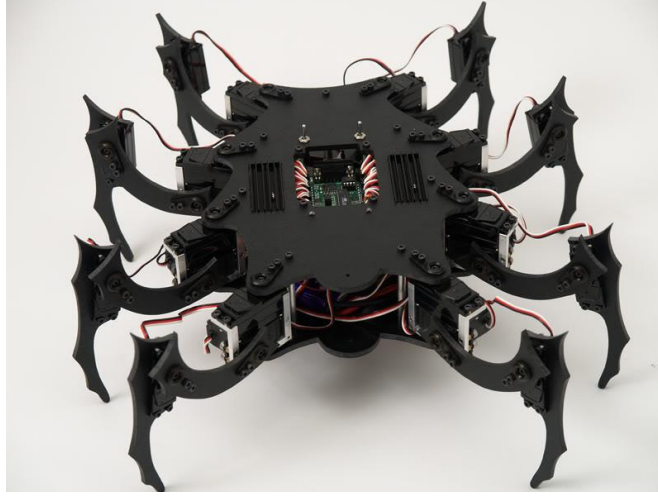
Dört Ayaklı Robotlar: Biyolojik olarak hayvanları örnek alan bir robot sistemidir. Yürümediklerinde dengede kalma problemleri yoktur. Bu tür robotların alternatifli çiftler ve ters çiftler gibi değişik yürüme metotları vardır (Robotpark, 2017).

Altı Ayaklı Robotlar: Bu tür robotlar altı ayak üzerinde dururlar ve en az 3 ayak yere bastığında denge problemleri olmadığından çok kararlı robotlardır. Robot ayaklarından bazıları çalışamaz hale gelse bile harekete devam edebilirler (Robotpark, 2017).



Şekil 0.16. Altı ayaklı robotlar (Anonim, 2017d)

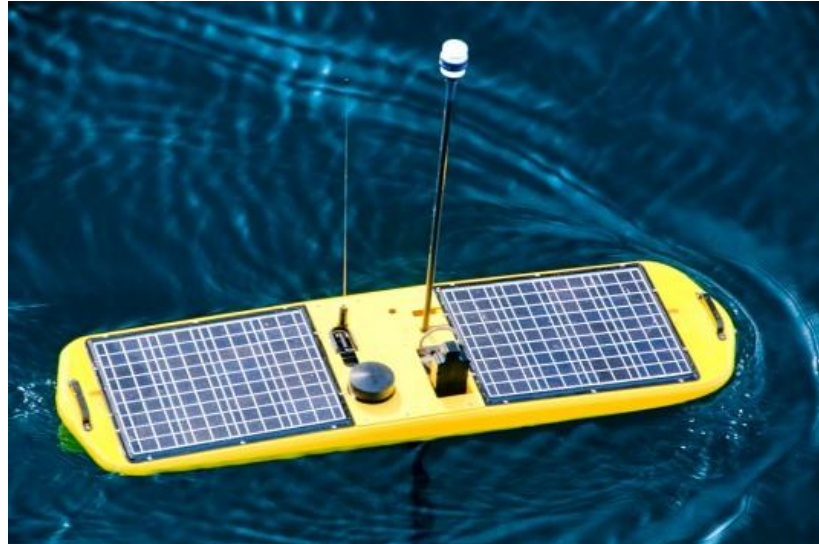
Çok Ayaklı Robotlar: İhtiyaç ve kullanım alanlarına göre 6'dan fazla ayakları bulunan robot türleridir. Biyolojik olarak doğada bulunan çok ayaklı canlıları taklit ederler (Robotpark, 2017).



Şekil 0.17. Çok ayaklı robotlar(Anonim, 2017e)

3.1.4. Yüzen Robotlar

Çok değişik yapıda bulunabilirler. Su altı canlılarından esinlenerek çok değişik yapıda tasarlanmışlardır.



Şekil 0.18. Yüzen robot (Anonim, 2017f)

3.1.5. Uçan Robotlar

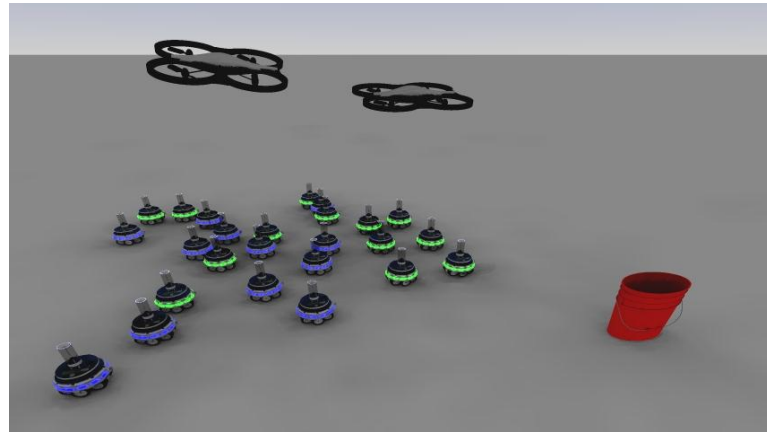
Uçan robotlar çok değişik teknolojik yapıda olduklarından sınıflandırmaları da çeşitli şekillerde olabilir. Hava balonlu, dönel kanatlı, kanat çırpmalı ve uçar robotlar olarak sınıflandırılabilirler. Bunların içinde en çok kullanılan dönel kanatlı robotlardır (Robotpark, 2017).



Şekil 0.19. Quadrocopter robotlar (Pfrunder A. ve ark., 2014)

3.1.6. Sürü Robotları

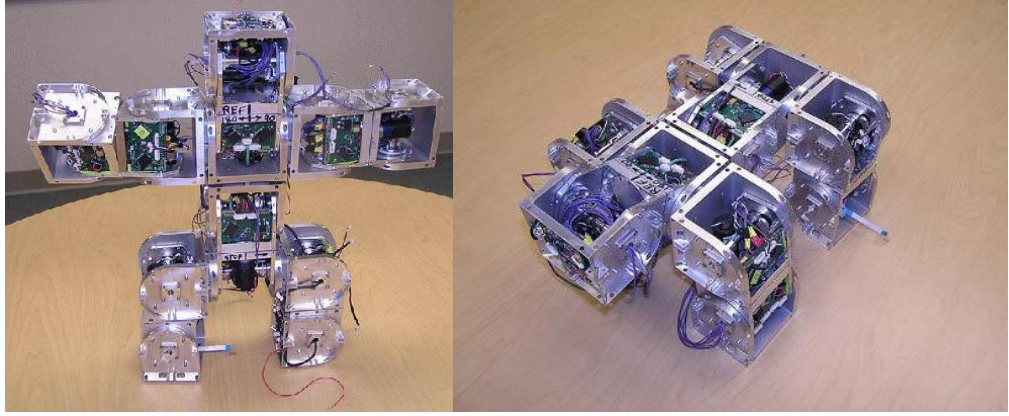
Bu sistem basit yapıdaki çok sayıda robotların kullanımını sistematik bir şekilde yapmaya dayanan bir bakış açısıdır. Bu sistemlerde istenen robot davranışları robotların birbirileri ile ve çevre ile olan etkileşimleri sonucunda oluşuyor (Robotpark, 2017).



Şekil 0.20. Sürü robotlar(Anonim, 2017g)

3.1.7. Modüler Robotlar

Bu tür robotlar yeniden yapılandırılma özelliklerine sahip olduğundan modüler robot ismini almışlardır. Yeni durumlara rahatlıkla adapte olabilir, yeni bir emri yerine getirebilir yapıda tasarlanırlar (Robotpark, 2017).



Şekil 0.21. Modüler robotlar(Anonim, 2017h)

3.1.8. Mikro Robotlar

Boyutları 1 mm altında olan robotlara mikro robotlar denir. Sağlık, afet, askeri ve istihbarat alanlarında çokça kullanılan robot türleridir. Küçük yapıda olduklarından kullanışlı, maliyeti azdır. En büyük dezavantajları ise hesap kabiliyetleri az ve güç sıkıntılarının oluşudur (Robotpark, 2017).



Şekil 0.22. Micro robotlar (Anonim, 2017i)

3.1.9. Nano Robotlar

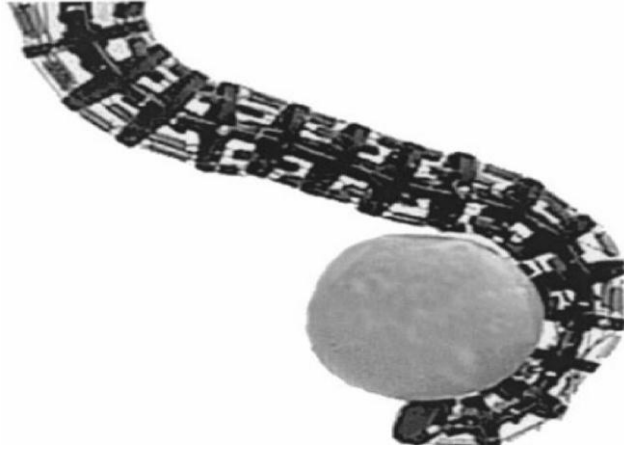
0,1 ve 10 mikrometre boyutlarındaki aletlerle üretilebilen çok küçük robotlardır. Örnek olarak bir madde içerisindeki molekülleri sayabilen bir robot bu sınıfa girer (Robotpark, 2017).



Şekil 0.23. Tıpta kullanılan bir Nano robot (Anonimj, 2017)

3.1.10. Yumuşak Elastik Robotlar

Kurt, yılan gibi omurgasız hayvanlardan esinlenerek tasarlanan robot türleridir. Genelde yapının içerisinde sert eklemler ve cisimler yoktur. Pnömatik sistemlerde olduğu gibi bir yapı ile hareket gerçekleştirilir. Hareketler genelde sürünme ve yürüme şeklindedir (Robotpark, 2017).



Şekil 0.24. Yumuşak-elastik robotlar (Faulkner J., Dirven S, 2017)

3.2. Motor Seçimi

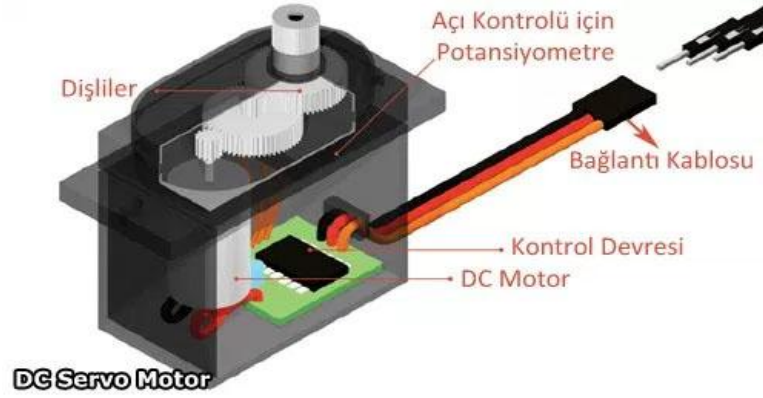
Çalışmamızda kullanılmak üzere robot kolunun hareketini sağlayacak olan motorlar araştırıldı. Çalışmamıza en uygun motor çeşitleri step motorlar ve servo motorlar olduğu kararlaştırıldı. Servo motorların aynı boyuttaki step motorlara göre hem daha ağır yükleri kaldırabilme hem de daha az akım çekme özelliklerine sahip oldukları tespit edildi. Bir diğer önemli özellik ise robot kollarının konumlandırma işlemleri sırasında hassasiyetin önemli rolü vardır. Step motorlar adım aralıkları en az 1.8 dereceye denk geldiğinden hassas konumlamalarda hedefi tutturamayabilir. Ayrıca servo motorları direk kullanabiliyorken step motorları kullanabilmek için ayrıca sürücü devresine ihtiyaç duyulmaktadır. Servo motorlar istenilen açıya az güçle hızlı bir şekilde yöneldiği için ve gerekli olan ağırlığı taşıyabildiği için bu çalışmamızda tercihimiz olmuştur.

3.2.1. Servo Motorlar ve Özellikleri

Servo motor, bir mekanizmada son kontrol elemanı olarak görev yapan motordur. Genellikle güç sağlayan motorlar belirli bir hızda dönmeye göre tasarlanırken servo motorlar çok geniş bir hız komutunu yerine getirecek şekilde tasarlanır.

Servo motorların kullanım alanı çok geniştir. Servo motorlar robotlar, radarlar, nümerik kontrollü makinelerde, otomatik kaynak makinelerinde, pres makinelerinde, paketleme makinelerinde, sargı yarı iletken üretim ünitelerinde, yüksek hızlı çip yerleştiricilerinde, tıbbi cihazlarda, anten sürücüleri vb. yerlerde kullanılır.

- Dinamik yük ve hız değişikliği
- Yüksek kararlılık
- Pozisyonlama
- Periyodik çalışma



Şekil 0.25. DC Servo Motor (Anonim, 2017k)

Kontrol devresi, potansiyometrenin direnç değerine göre servo motorun o an hangi açıda bulunduğunu tespit eder. Bu görevinin dışında servo motorun sinyal ucundan gelen bilgiye göre gitmesi gerektiği konumu belirler. Eğer servo mili sinyal ucundan gönderilen açıda ise motor çalışmaz. Çalışıyorsa da içerisindeki dc motorun çalışmasını durdurur. Fakat kontrol devresi motorun istenilen açıda olmadığını tespit ederse doğru açıyı yakalayana kadar motor hareket etmeye başlar (Anonim 2017).

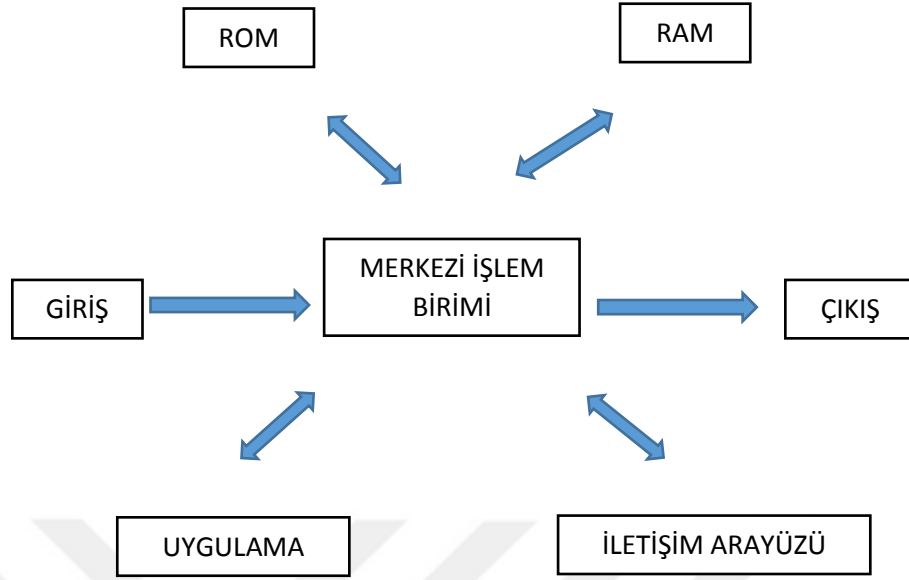
3.3. Gömülü Sistemler ve Raspberry Pi 2

3.3.1. Gömülü Sistemler nedir?

Sadece belirlenen bir amaç için üretilmiş elektronik sistemlere gömülü sistemler adı verilir. Bu elektronik sistemler dahilinde ana hatlarıyla, merkezi birim olarak işlemci ve çevresel iletişim protokollerini kullanan çevresel birimler bulunur. Aradaki iletişimleri ve donanımsal olarak tam fonksiyonel çalışmasını sağlayan yazılımsal kısmı da bulunur. Bu yazılımlar firmware olarak isimlendirilir. Gömülü sistemler uzun süreli kullanılacak şekilde sistem çökmelerine dayanıklı ve güncellemeye gerek duymayan yazılımları ile birlikte üretilir.

Bilgisayarlı görme algoritmaları bilgisayar uygulamalarında büyük işlem ve depolama kapasitelerine ihtiyaç duyar. Bilgisayar görme algoritmalarının gerçek zamanlı işlem ve depolama ihtiyaçları acil olarak iyileştirilmelidir (Aby P.K ve ark, 2011).

Bir gömülü sistemin diyagramı aşağıdaki gibidir.



Şekil 0.26. Gömülü sistem diyagramı

Güncel hayatta karşımıza çıkan gömülü sistem uygulamalarını dört başlık altında inceleyebiliriz (Dreamtech Software Team, 2002).

Bağımsız çalışan gömülü sistemler: Bu tür gömülü sistemler verileri dış ortamdaki başka sistemlere ihtiyaç duymadan kendi yazılımıyla işlerler. Çıkış verisini ise aynı şekilde bağımsız olarak kullanıcıların istediği çıktı birimlerinde gösterirler.

Üretim tesislerinde kullanılan sistemler ya da otomobiller üzerine yerleştirilmiş sistemler tek çalışan gömülü sistemlere örnek verilebilir (Dreamtech Software Team, 2002).

Gerçek zamanlı gömülü sistemler: Gerçek zamanlı sistemler dış ortamı kontrol eden, karşılık veren ve ekranlarda gösteren bilgisayar sistemleridir. Bu dış ortamlar sensörlerle, çalıştırıcı ya da diğer giriş çıkış ara yüzleri ile bilgisayar sistemine bağlanırlar. Bunlar herhangi bir form ya da yapıda biyolojik ya da fiziksel nesnelere oluşabilir.

Bilgisayar sistemleri çeşitli zamanlarda ve diğer kısıtlamalarla dış dünyanın gerçek zaman davranışlarını karşılaştırmalıdır. Bundan dolayı adı gerçek zamanlı sistemler olarak adlandırılır. Diğer bir adı da tepkisel sistem olarak adlandırılabilir, çünkü birinci amaç çevresel sinyallere karşı cevap vermek veya tepki göstermektir. Bir

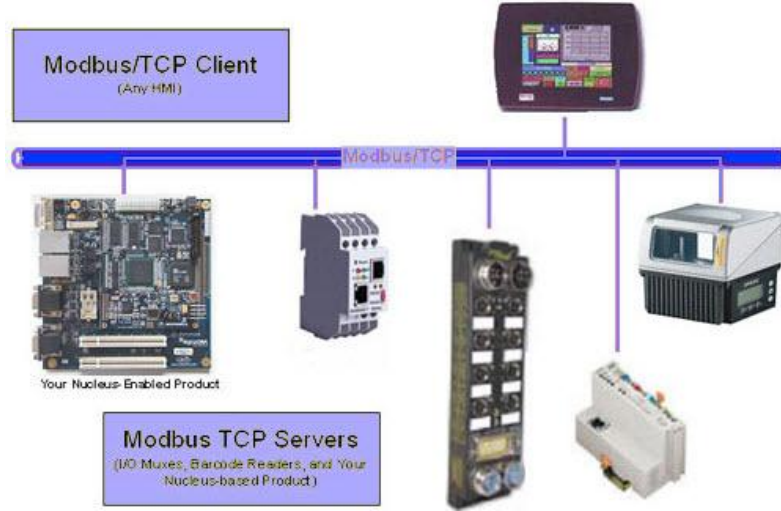
gerçek zamanlı bilgisayar sistemi gömülü olduğu daha büyük bir sistemin bir parçası olabilir, bu tür bilgisayar sistemleri gömülü sistem olarak adlandırılırlar.



Şekil 0.27. Gerçek zaman gömülü sistem uygulama örnekleri

Uygulamalar ve gerçek zamanlı sistemlerin örnekleri ticari, askeri, tıbbi, eğitim, devlet ve kültürel altyapıların tamamında görünür ve sürekli gelişir. Otomobil, metro, demiryolu, uçak, gemi ve tren sistemlerinde, trafik kontrol sistemlerinde, sağlık sistemlerinde, iletişim sistemlerinde, bilgisayar oyun vb. sistemlerde gerçek zamanlı gömülü sistemler kullanılır (Shaw ve ark., 2001).

Ağa bağlı gömülü sistemler: Günümüzde bir kaynağın birden fazla kullanıcı tarafından kullanılması kaçınılmazdır. Bundan dolayı yeni tasarlanan gömülü sistemler kullanıcılarla ya da birbirleri ile iletişim kurmak için bir ağ kullanmak zorundadırlar. Gömülü sistemler de ağ destekli ek donanımlarla üretilirler. Bu tür gömülü sistemler bir ağ protokolü kullanarak haberleşirler. Ayrıca ağa bağlı gömülü sistemler web aracılığı ile kontrol edilebilirler. İnternet üzerinden görüntü sunan bir web kamerası buna örnek gösterilebilir.



Şekil 0.28. Ağa bağlı gömülü sistemler

Harekete Duyarlı Gömülü Sistemler: Günlük hayatta kullandığımız kablosuz internet bağlantı hızının yüksek seviyelere çıkması ile taşınabilir cihazlar ses iletimine ek olarak yüksek oranlı veri ve görüntü iletim servisleri de çalıştırmaya başlamıştır. OpenCV, Java, Python gibi işlemci gücünü fazla yormayan script programlama dillerinin desteği ile hızlı internet bağlantısı kullanılarak gömülü sistemler üzerinde birçok uygulama yazılmıştır. Yazılan bu gömülü sistem uygulamaları ile kullanıcı verilerini yerel belleklerde depolayabilir, veriler üzerinde işlem yapabilir ve verilerini istenilen kaynağa kablosuz olarak iletebilir (Pura, A., Raghu, C.V., 2011; George, M., Kehtarnavaz N., Estevez, L., 2011; Poudel, P., Shirvaikar, M., 2010; Dahnoun, N., Brand, J., 2011).

3.3.2. Gömülü Sistemlerin Kullanım Alanları

Günlük yaşantımızda farkında olarak veya olmayarak gömülü sistemleri ve uygulamalarını kullanmaktayız. Hayatımızı kolaylaştıran gömülü sistemler temel olarak aşağıdaki ana başlıklarda toplanabilir.

- Cep telefonları
- Ağ araçları
- Ev ve ofis otomasyon sistemleri
- Askeri savunma sistemleri
- Tıp alanında kullanılan sistemler

- Ölçüm sistemleri vb.

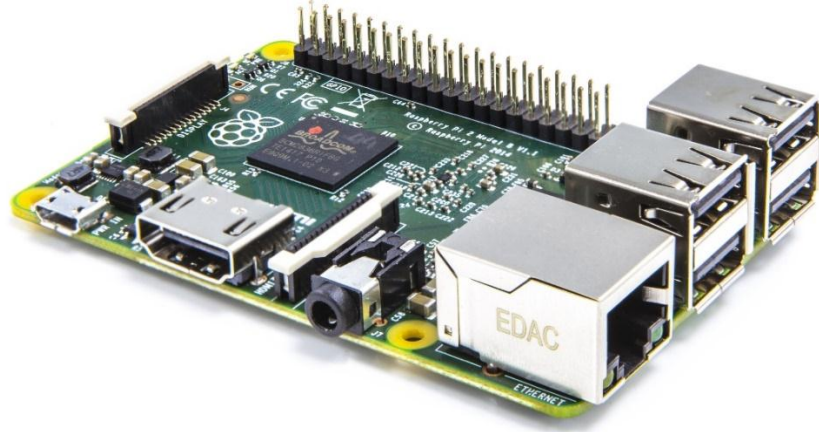


Şekil 0.29. Gömülü sistem uygulama örnekleri

3.3.3. Raspberyy Pi 2

Raspberyy Pi kredi kartı büyüklüğünde mini bir bilgisayardır. Raspberyy Pi, İngiltere’de bulunan Raspberyy Pi Vakfı tarafından desteklenen; öğrenci, amatör ve hobicilerin kullanımına sunulan kredi kartı büyüklüğünde, tek bir board'dan oluşan mini bilgisayardır. Raspberyy Pi'nin A ve B olmak üzere iki modeli piyasaya sürülmüştür. B modeli 2 Adet USB, bir adet Ethernet girişine sahipken, A modelinde sadece 1 adet USB girişi bulunmaktadır. USB girişleri sayesinde her iki model de, standart tak-çalıştır USB fare ve klavyeler ile sorunsuz çalışmaktadır.

Bir bilgisayar ile yapılabilecek birçok şeyi Raspberyy ile yapmak mümkündür. Televizyonunuza bağlayıp görüntü alabilirsiniz, klavye ve mouse bağlayabilirsiniz, üzerindeki USB portları ile kamera vb. donanımları bağlayabilirsiniz, internete bağlanabilir ya da Office dokümanlarını hazırlayıp düzenleyebilirsiniz.



Şekil 0.30. Raspberry Pi 2 (Anonim, 2016b)

Teknik Özellikleri: Boyut olarak çok küçük olması büyük avantaj sağlar buna karşın özellikleri normal bir masaüstü bilgisayara göre daha az gelişmiştir. Raspberry Pi 2'nin özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

- Broadcom BCM2836 ARMv7 Quad Core SOC (Dört Çekirdekli)
- 900 MHz İşlemci Hızı
- 1 GB RAM
- 10/100 Ethernet RJ45 jack
- 4 x USB2.0 port
- Video/Ses Çıkışı: HDMI ve 4-kutup 3.5mm konektör
- microSD kart yuvası
- 40 Pin GPIO
- 27 x GPIO
- UART
- I2C
- SPI - 2 CS ucu
- 3.3V
- 5V
- Ground
- Güç girişi: 5V 600mA mikro-usb adaptör ve GPIO üzerinden
- Windows 10, Raspian, Debian, Fedora, Arch, RISC OS ve daha birçok OS desteği

- Kart boyutları 8.6cm x 5.6cm x 2.0cm

3.4. Robot Kolu Kinematığı

Robot tasarımından sonra çözülmesi gereken ilk problem, eklemlerin açısal hareketi sonucu oluşan son noktanın konum ve yönelimini belirlemektir.

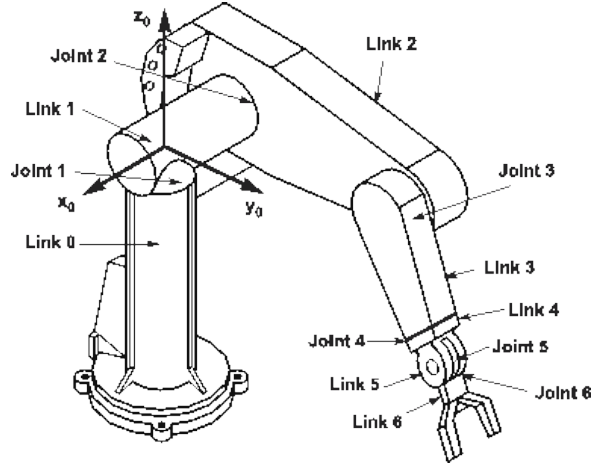
Robot kolu, dönel veya kayar eklemlerle birbirine bağlanmış “uzuv” adı verilen katı cisimlerden meydana gelen açık çevrimli bir zincirdir. Zincirin bir ucu bir desteğe bağlanmış, diğer ucu ise serbesttir. Eklemler birbirlerine bağlı uzuvların izafi hareketine izin vermektedir (Mühürücü A. ve Durmuş B., 2005). Robot kolu kinematığı; katı cisimlerin kinematik zinciri olarak kabul edilen bu yapının hareketlerinin incelenmesi ve ulaşılabilecek konumun analizi ile ilgili çalışmaları ve yöntemleri içerir.

Bu hareketlerin matematiksel modellenmesi ve çözümü ele alındığı zaman ilk gereksinim duyulan hususlardan biri, robot kolun kinematik modelinin oluşturulmasıdır. Bu kinematik hesabında ise ileri yön (düz) ve ters kinematik olmak üzere iki yol izlenmektedir

3.4.1. İleri Yön (Düz) Kinematığı

Robotikte düz kinematikler manipülatörün verilen eklem değişken değerleri için sonlandırıcının konumunu ve yönelimini bulmak olarak tanımlanabilir (Spong M. W. and Vidyasagar M. 1989). Bir robot ana çerçevesinden araç çerçevesine doğru birbirine prizmatik veya döner eklemlerle bağlanmış seri uzuvlardan oluşur. İki uzuv arasındaki ilişki bir homojen dönüşüm matrisiyle açıklanır. Eklem dönüşüm matrislerinin art arda çarpılmasıyla ana çerçeve ile araç çerçeve arasındaki ilişki tanımlanır. Bu ilişki manipülatörün araç çerçevesinin konumunu ve yönelimini ana çerçeveye göre belirtir. Kısaca ileri yön kinematığı eklem değişkenleri ile uç işlevcisinin konumu ve yönelimini ana çerçeveye göre hesaplar diyebiliriz. Her bir ekleme bir koordinat sistemi yerleştirilse komşu iki eklem arasındaki ilişki bir ${}^{i-1}_i T$ dönüşüm matrisiyle elde edilir.

Manipülatörlerin eklemlerle birleştirilmiş bir dizi uzuv olduğundan yola çıkarak Şekil 3.31’ de gösterildiği üzere n+1 uzva sahip bir manipülatörümüz olduğunu ve her bir uzva bir koordinat çerçevesi atandığını düşünelim.



Şekil 0.31. n+1 uzva sahip kinematik zincir oluşturan manipülör

İlk ekleme ait dönüşüm matrisi ilk eklem ile ana çerçeve arasındaki ilişkiyi tanımlarken, son ekleme ait dönüşüm matrisi uç işlevcisi ile son eklem arasındaki ilişkiyi ifade eder. Arka arkaya sıralanan bu eklem dönüşüm matrisleriyle ana çerçeve ile araç çerçevesi arasındaki ilişki tanımlanır. Bu ilişkiye de ileri kinematik denir. Ana çerçeve ile araç çerçevesi arasındaki ilişki denklem (3.1) deki gibi tanımlanır.

$${}^0_nT = {}^0_1T {}^1_2T \dots \dots \dots {}^{n-1}_nT \quad (3.1)$$

3.4.2. Ters Kinematik

Robotun uç kısmının (gripper) ana çerçeveye göre konumu ve yönelimi verildiğinde manipülörün bu konuma ve yönelime gelebilmesi için gerekli eklem değişkenlerinin bulunmasıdır. Başka bir deyişle de uç işlevcisinin konum ve yönelimini kartezyen koordinat sisteminden eklem koordinat sistemine dönüştürme işlemi olarak da tanımlayabiliriz. Ters kinematik çözümlerinde 2 farklı çözüm metodu vardır.

Sayısal (İteratif) Yaklaşım: Bu yaklaşım manipülörün diferansiyel kinematik eşitliklerinden ve eklem değişkenlerinin başlangıç değerlerinden yararlanarak eklem değişkenlerini zamana bağlı olmadan (non-real time) sayısal değerlerini bulur. Sayısal yaklaşım metodu zamana bağlı olmadığından dolayı endüstriyel robot uygulamalarında kullanılamaz (O'Malley, M.,2005).

Kapalı Form Yaklaşımı (Analitik Çözüm): Kapalı form yaklaşımı homojen dönüşüm matrisinden elde edilen eşitliklere bağlı olarak genel eklem değişkenleri çözümü elde etmeyi sağlar. Böylece çok hızlı hesaplamaların gerektiği gerçek zamanlı (real time) robot uygulamaları için pratik ve hızlı bir yaklaşım sağlar. Ayrıca çoklu (multiple) çözümlerin olduğu durumlarda bu çözümlerden sadece birini seçerek çözüm karmaşasını ortadan kaldırır. Kapalı form yaklaşım metotları gerçek zamanlı çalışabildiğinden dolayı endüstriyel robot uygulamalarında kullanılır (O'Malley, M.,2005).

3.5. Görüntünün Elde Edilmesi

Bilgisayar görme sistemi, elektronik bir kameradan alınan görüntüleri işler. Bu sistem, insanların görme sistemine dayanan beynin, göz tarafından türetilen görüntüleri işleme esasına benzemektedir (Nixon, M.S., Alberto S. A., 2002).

İnsan gözü görmeyi sağlayan ve bunları koruyan yapılardan oluşmuşlardır. Göz merceği, ışık almaçları ve sinirler görmeyi sağlarken kirpikler, gözyaşı bezleri, göz kapakları ve kaslar da koruyucu yapılardır.

Görme Nasıl Gerçekleşir?: İnsan gözüne gelen ışıklar saydam tabakada kırıldıktan sonra, göz bebeğinden geçer ve merceğe gelir. Mercekte ışıklar bir daha kırılarak retina üzerinde ters bir görüntü oluşturur. Retinaya gelen ışınlar, çubuk ve koni hücreleri şeklindeki almaçları uyararak görme sinirlerinden impulsları oluşturur. İmpulsler, beyindeki görme merkezlerine iletilir ve bu koni hücreleriyle gerçekleşir. Retina tabakasında 3 çeşit koni vardır. Bunlar mavi, yeşil ve kırmızı rengine duyarlıdırlar. Bu koni hücrelerinden bir ya da iki tanesinin genetik bozukluğunda renk körlüğü ortaya çıkar. Renk körlüğünün halkta yaygın olanı kırmızı ile yeşilin karıştırılmasıdır. Böyle kişilerin araba kullanması sakıncalıdır.

3.5.1. Kameralarda Görme Sistemi

Kamera, görüntüden yansıyan ışığı mercek ya da objektiften yararlanarak bir düzlemde toplayan, o düzleme konulan film veya ışığa duyarlı elektronik devre

elemanları sayesinde ışık enerjisini elektrik enerjisine çevirdikten sonra çıkış sinyali veren ve gerekirse bunu kaydeden bir sistemdir.

Yaklaşık yüzyıl önce icat edilen kameralar günümüzde birçok sistemin temel parçası olarak iş görüyor. Kullanılan alana göre çeşitleri mevcut. Mesela, TV yayıncılığı, kişisel kameralar, binalarda güvenliği sağlamak için güvenlik kameraları, su altı kameraları, termal kameralar, tıbbi gözlem kameraları gibi birçok çeşidi bulunuyor.

Kameranın Temel Parçaları: Kameralar üç bölümden oluşur diyebiliriz. Bunlar; objektifler, gövde ve bakaçlardır.

Objektifler: Objektiflerin yaptığı iş tam olarak, dış dünyadaki görüntüleri toplayıp kameranın gövdesine ulaştırmaktır. Kamera gövdesine gelen bu görüntüler CCD'ler sayesinde elektronik sinyallere çevrilir. Objektiflerde birden fazla mercek bulunur. Bu merceklerin bir tarafı küresel bir tarafı düzdür. Camdan yapılmıştır ve bir ışık demetini kırarak bir noktaya düşürüp görüntünün oluşmasına yardımcı olur.

Gövde: Kamera gövdesi görüntünün işlendiği ve kaydedildiği bölümdür. CCD üzerine düşen görüntü elektronik sinyallerine dönüştükten sonra gövdede işlenmeye başlanır. Bu işlem gövde içerisinde bulunan elektronik devrelerle gerçekleşir ve makinenin dışında bulunan bir düğmeyle tetiklenir.

Bakaç (Vizör): Kişinin, objektifin çektiği görüntüyü görmesini sağlayan küçük ekrana denir. Konum olarak genelde objektifin biraz üstünde bulunur. Renkli veya siyah beyaz olanları vardır. Ekranda görüntünün altında üstünde çeşitli komutlar vardır. Kullanıcı, amacı doğrultusunda komutlardan yararlanır.

Lensler: Lenslerin temel görevi CCD' nin önünde küçük bir görüntü üretmektir. Video kameralar genellikle değişebilir odak uzaklıklı lenslere sahiptir. Burada odak uzaklığı derken anlatmak istediğim, üretilen görüntünün ne kadar dar veya geniş bir alanı kapsayacağını belirlemektir. Lensler; geniş açılı, dar açılı, normal ve değişebilir odak uzaklıklı olarak farklılık gösterir.

3.5.2. Kamera Nasıl çalışır?

Tüm kameraların çalışma prensipleri aynıdır. Gelen görüntü, elektronik sinyale dönüşür, daha sonra bu sinyal tekrar görülebilir hale gelir. Objeden yansıyan ışık demeti lens tarafından toplanıp görüntü aygıtına (CCD) odaklar. CCD toplanan ışığı video

sinyaline dönüştürür. Bu sinyal tekrar işlenir ve ekran görüntüsü oluşturulur. O zaman şunu bilmemiz gerekir, görüntü aygıtında işler nasıl yürüyor (Herbert Z., 2011) ?

Görüntü aygıtında ışığa duyarlı gözler bulunur. Burada ışık enerjisi elektrik akımına dönüştürülür. Görüntünün çerçevesi buraya düşer. Dikey kaydırma bölümünde, ışığa bağlı olarak biriken sinyal çıkışa gönderilir. Yatay kaydırıcılar ise, dikey kaydırıcılardan gelen yatay sinyali çıkışa gönderen bölümdür. Bütün bu sinyaller voltaj kazancı ile video çıkışını oluşturur.

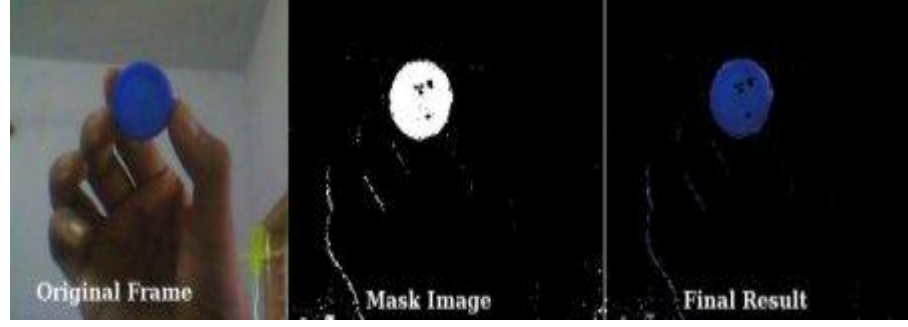
Bilgisayar görme konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bunların başında ürün tanıma sistemleri, yüz tanıma sistemleri, nesnenin rengini belirleme sistemleri, nesnenin boyut ve hacmini belirleme sistemleri, robot kolları için nesnenin yerini ve koordinatlarını belirleyen sistemler, askeri amaçlar için hedef belirleme ve tanıma sistemleri vs. gelmektedir.

3.6. Görüntü İşleme Teknikleri

Kamera verisinin işlenmesi, hedefin tespit edilmesi, koordinatlarının belirlenmesi ve robot kolunun belirtilen koordinata hareket etmesi konusunda birçok araştırmacının ortaya koyduğu çalışmalar vardır. Kameradan alınan görüntüde bulunan hedefin tespit edilmesi için birçok görüntü işleme tekniği kullanılabilir. Bunlardan bazıları şu şekildedir.

3.6.1. Renk Alanlarını Değiştirme

Görüntü işleme tekniklerinde 150'den fazla renk uzayı dönüştürme yöntemi vardır. Bunlardan en çok kullanılanı BGR ↔ Gri ve BGR ↔ HSV'dir. BGR ↔ Gri, BGR ↔ HSV vb. gibi bir renk uzayından diğerine görüntüleri dönüştürmek (Changing Colorspaces) için kullanılır. Buradaki temel amaç istenilen renkteki nesneyi belirlemek geri kalan görüntüyü yok etmektir.



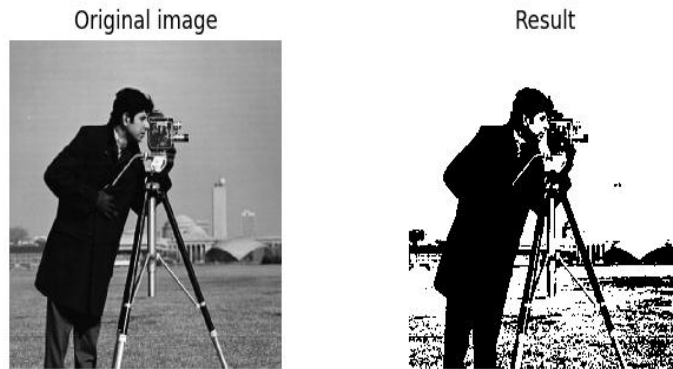
Şekil 0.32. Mavi renk alanını seçme (Anonim, 2017)

3.6.2. Resim Geometrik Dönüşümü

Çeviri, ölçekleme, döndürme, afin dönüşümü vb. gibi farklı geometrik dönüşüm teknikleri vardır. Buradaki temel amaç resmin açısını, yönünü ve konumunu ayarlamaktır (Szeliski R., 2010).

3.6.3. Siyah Beyaz Resim

Gri tonlamalı resme uygulanan bir yöntemdir. Bir eşik değeri seçilir eşik değerin üzerindeki gri ton beyaza, eşik değerin altındaki ton ise siyah renge boyanır. Böylece siyah ve beyazdan oluşmuş bir resim elde edilir. Basit eşik değeri, uyarlamalı eşik değeri ve otsu eşik değeri olmak üzere farklı eşik değeri yöntemleri de mevcuttur (Gonzalez R. C., Woods E.R., 2017).



Şekil 0.33. Görüntü Eşik Değeri (McAndrew,2004)

3.6.4. Görüntü Yumuşatma

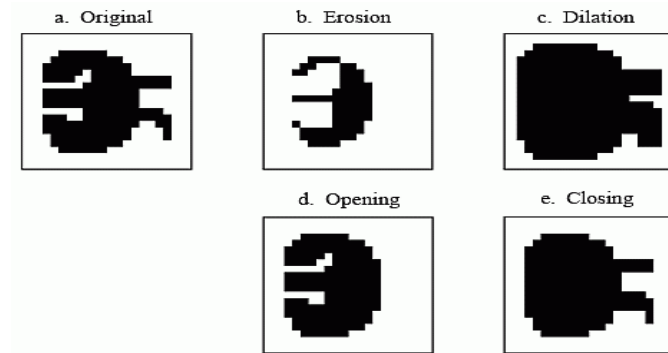
Görüntünün bir filtreden geçirilmesi işlemidir. Görüntü bulanıklığı, görüntünün düşük geçiren bir filtre çekirdeğiyle konvolasyonuyla sağlanır. Gürültüleri çıkarmak için kullanışlıdır. Yüksek frekansları kaldırdığı için bu işlemden sonra kenarlar bulanıklaşır. Ortalama, Guassian bulanıklığı, Medyan bulanıklaştırma, Bileteral filtreleme gibi görüntü yumuşatma teknikleri vardır.



Şekil 0.34. Görüntü Yumuşatma (Mathworks, 2017)

3.6.5. Morfolojik Dönüşümler

Morfolojik dönüşümler, ikili görüntülerde gerçekleştirilen, görüntü şekline dayanan bazı basit işlemlerdir. İki girdiye ihtiyaç duyulur; biri bizim orijinal imajımız, ikinci de yapılandırma unsurudur. İki temel morfolojik operatör Erozyon ve Dilatasyon'dur. Daha sonra Opening, Closing, Gradyan vb. gibi değişken biçimleri de devreye girer.



Şekil 0.35. Morfolojik Dönüşümler (Anonim, 2016c)

3.6.6. Canny Kenar Belirleme

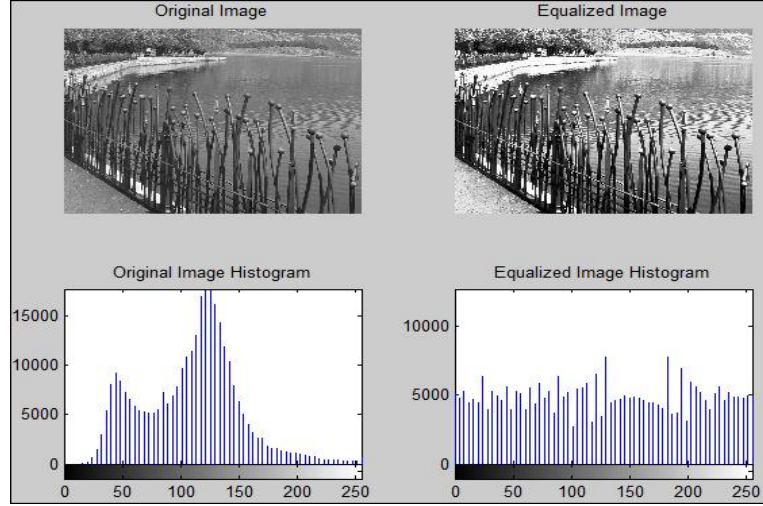
John F. Canny tarafından geliştirilen popüler bir kenar belirleme algoritmasıdır. Çok aşamalı bir algoritmadır. Bu aşamalar gürültü azaltma, görüntünün yoğunluk derecesini bulma, maximum bastırma ve histeresis eşiklemesidir.



Şekil 0.36. Canny Kenar Belirleme (Mathworks, 2017)

3.6.7. Histogram Eşitleme

Histogram bir resimdeki renk değerlerinin sayılarını gösteren grafiktir. Histogram eşitleme de bir resimdeki renk değerlerinin belli bir yerde kümelenmiş olmasından kaynaklanan renk dağılımı bozukluğunu gidermek için kullanılan bir yöntemdir.



Şekil 0.37. Histogram Eşitleme(Anonim, 2017m)

3.7. Makine Öğrenme Yöntemleri

Makine öğrenmesi, büyük miktardaki veri kümelerini kullanarak matematik ve istatistik gibi bilimlerin yardımıyla yorum çıkararak bilinmeyen bir değişkeni tahmin etme şeklinde tanımlanabilir. Büyük miktarda verinin el ile işlenmesi ve bu verilerin analizinin yapılması mümkün değildir. Örneğin resim dosyalarından elde edilen sayısal veriler günlük hayatta hiçbir şey ifade etmez. Bu tür problemleri çözmek için birçok makine öğrenme yöntemleri geliştirilmiştir. Yöntemlerin çeşitli olmasının temel sebebi veriler üzerinde herhangi bir yöntemin mükemmel sonuç üretmemesidir. Makine öğrenme yöntemleri farklı veri türlerinin işlenmesi sonucunda farklı başarımlar göstermektedir.

Makine öğrenmesinin farklı uygulama alanları vardır. Bunların başlıcaları bilgisayarlı görme, makine algılaması, doğal dil işleme, arama motorları, tıbbi tanı, beyin makine arayüzleri, biyoinformatik, ses ve el yazısı tanıma, nesne tanıma, oyun oynama, uyarlamalı web siteleri vs. olarak sıralanabilir.

Litaratürde en çok yapay sinir ağları, en yakın komşu algoritması, BayesNet, Destek vektör makineleri, Naive Bayes, Karar Ağaçları, Doğrusal Regresyon gibi makine öğrenme yöntemleri kullanılmaktadır.

Eğitim yöntemlerine göre makine öğrenme algoritmaları çeşitli sınıflara ayrılabilir (Stuart Russel, Peter Norvig 2003). Bunlar;

Gözetimli öğrenme: Girdileri ve girdilerden çıkan sonuçları algoritmaya vererek bu değerlere göre algoritmanın bir fonksiyon üretmesidir. Fonksiyonun, girdi (x) ve çıktısı (Y) önceden bellidir. Amaç, mevcut girdiler kullanılarak çıktının nasıl oluştuğunun bulunmasıdır. (Alpaydın (2010,s.9), gözetimli öğrenmeyi aşağıdaki gibi tanımlamıştır;

$$Y = g(x|\theta) \quad (3.2)$$

Yukarıdaki formülde, $g(\dots)$ oluşturulan modeli, Θ parametreleri, y ise sonucu ifade etmektedir.

Gözetimsiz öğrenme: Bu öğrenme türünde veriler herhangi bir şekilde etiketlenmemiştir. Ham verilerin arasındaki bağlantıları ortaya çıkaran bir öğrenme türüdür. Veriler algoritma tarafından birbirine benzer özelliklere göre gruplanmaktadır.

Pekiştirmeli Öğrenme: Davranışçılık kuramından esinlenerek oluşturulan bir öğrenme yöntemidir. Her eylem ortamda bir etki oluşturur ve öğrenme algoritmasına yön göstererek ödülleri şeklinde dönütler oluşturur.

Yarı gözetimli öğrenme: Etiketli ve etiketsiz verileri kullanarak uygun sınıflandırıcılar oluşturmak için kullanılan bir öğrenme çeşididir.

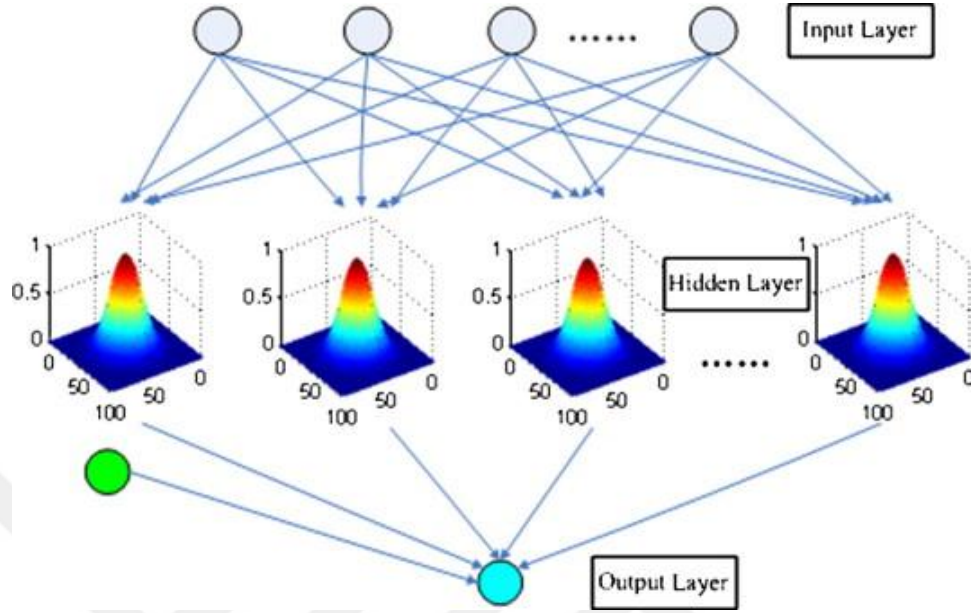
Öğrenmeyi Öğrenme: Önceki öğrenmeleri kullanarak verileri işleyen bir öğrenme yöntemidir.

Bu çalışmada Radyal tabanlı fonksiyon ağları, En yakın komşu sınıflandırma algoritması ve Naive Bayes sınıflandırma algoritması kullanılarak performansları incelenmiştir.

3.7.1. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları

Radyal Tabanlı Fonksiyon ağları (Radial Basis Function-RBF) çok boyutlu uzayda eğri uydurma ve lineer olmayan problemleri sınıflandırmadaki başarısından dolayı popülerliği artmıştır. RBF ağları birbiridinden farklı 3 katmandan oluşmaktadır. İlk katman olan giriş katmanı kaynak düğümlerinden oluşmaktadır. İkinci katman gizli katmanı olarak adlandırılır. Gauss Fonksiyon Bu ağlardan en çok kullanılan radyal tabanlı fonksiyondur. Üçüncü katman ise çıkış katmanıdır. Bu katman giriş katmanına verilen kaynak verilerinin sonucunu verir. Giriş uzayından saklı katman uzayına

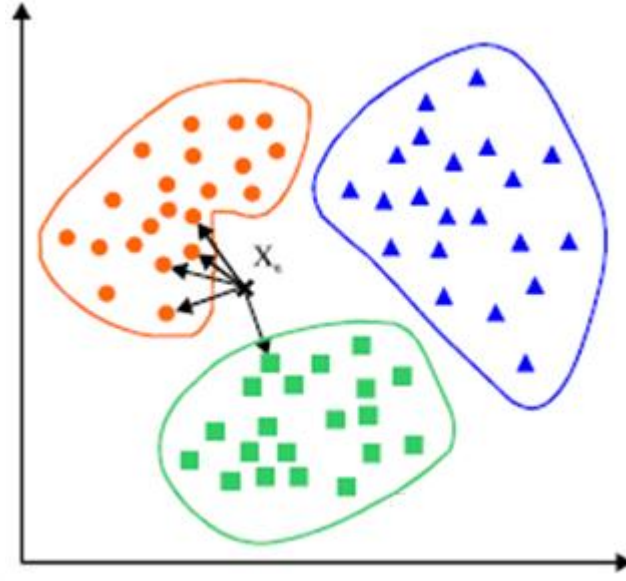
transformasyon lineer olmayan geçiş vardır, saklı katman uzayından çıkış uzayına geçiş ise lineerdir (S.Haykin,1994.).



Şekil 0.38. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağının Temel Mimarisi (Özçalık ve Ark., 2013)

3.7.2. En Yakın Komşu Sınıflandırması Algoritması

En Yakın Komşu algoritması, T. M. Cover ve P. E. Hart tarafından önerilen, örnek veri noktasının bulunduğu sınıfın ve en yakın komşunun, k değerine göre belirlendiği bir sınıflandırma yöntemidir (Cover T.M., Hart P.E.,1967). Gözetimli öğrenme metotlarından olan algoritmada bütün veriler örüntü uzayında tutulur. Bilinmeyen bir veri olduğunda örüntü uzayına bakılarak bu verinin en yakın olduğu k örnekleri bulunur. K-NN algoritmasında, eğitim setinde yer alan örnekler n boyutlu sayısal nitelikler ile belirtilir. Her örnek n boyutlu uzayda bir noktayı temsil edecek biçimde tüm eğitim örnekleri n boyutlu bir örnek uzayında tutulur. Bilinmeyen bir örnek ile karşılaşıldığında, eğitim setinden ilgili örneğe en yakın k tane örnek belirlenerek yeni örneğin sınıf etiketi, k en yakın komşusunun sınıf etiketlerinin çoğunluk oylamasına göre atanır (Han J.ve Kamber, M., 2006). Şekil 3.40 da X verisinin hangi grupta yer alacağını En Yakın Komşu algoritması yardımıyla tespiti gösterilmiştir.



Şekil 0.39. KNN algoritması görüntüsü

En Yakın Komşu algoritmasında performansı etkileyen önemli parametreler kullanılan uzaklık ölçütü, komşu(k) sayısı ve ağırlıklandırma yöntemidir. Uzaklık ölçütleri olarak, Minkowski, Öklid, Manhattan, Chebyshev ve Dilca uzaklığı kullanılmaktadır. Bu uzaklık ölçütlerinden en çok kullanılan Öklid uzaklık ölçütüdür. Öklid uzaklığı, iki nokta arasındaki doğrusal uzaklık olup herhangi iki nokta, P ve Q arasındaki Öklid uzaklığı $P=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ve $Q=(y_1, y_2, \dots, y_n)$ olmak üzere, aşağıdaki denkleme göre hesaplanır (Kresse, W. ve Danko, D.M.,2012).

$$(\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}) \quad (3.4)$$

Öklid uzaklığı, K-Means kümeleme algoritması, temel KNN algoritması gibi sınıflandırma ve kümeleme algoritmalarında yakınlığın ölçülmesi için kullanılan temel uzaklık ölçütüdür.

3.7.3. Naive Bayes Sınıflandırıcı

Naive Bayes Sınıflandırıcı adını İngiliz matematikçi Thomas Bayes'ten alır. Naive Bayes sınıflandırmasında sisteme belirli bir oranda öğretilmiş veri sunulur. Öğretim için

sunulan verilerin mutlaka bir sınıfı bulunmalıdır. Öğretilmiş veriler üzerinde yapılan olasılık işlemleri ile sisteme sunulan yeni test verileri, daha önce elde edilmiş olasılık değerlerine göre işletilir ve verilen test verisinin hangi kategoride olduğu tespit edilmeye çalışılır (Usta R., 2017).

Naive Bayes, verinin öğrenilmesi esasına dayanmaktadır. Yani eğitimde kullanılan veriler, modelin öğrenilmesi için her çıktının kaç kere meydana geldiğini hesaplar. Bu değer öncelikli olasılık olarak adlandırılır. Hesaplamalar sırasında her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkenlere bölümünün kombinasyonu olayın meydana gelme sıklığını bulur. Bu da veri kümesinden yapılacak tahmin için kullanılır

Bu algoritma, koşullu olasılıklara dayanarak hedef sınıftaki belirli bir değer gerçeğleşmesi ihtimalini inceler ve buna dayalı olarak hedef sınıfın değerini tahmin eder. Bu hesaplama Bayes Formülü marifetiyle gerçekleştirilir.

$$P\left(\frac{c}{x}\right) = \frac{P\left(\frac{x}{c}\right)P(c)}{P(x)} \quad (3.5)$$

Formülde;

c: Tahmin edilmeye çalışılan sınıf

x: Tahmin eden sınıf

P(c/x): x olayı gerçeğleştiğinde c olayının gerçeğleşme olasılığı

P(x/c): c olayı gerçeğleştiğinde x olayının gerçeğleşme olasılığı

P(c): c olayının gerçeğleşme olasılığı

P(x): x olayının gerçeğleşme olasılığını ifade eder.

Çıkan sonuçlardan ise en büyük değere ait olan sınıf test verisinin ait olduğu sınıfı verir.

3.7.4. Performans Ölçüm Kriterleri

Sınıflandırma sistemlerinde performans ölçmek için karışıklık matrisi kullanılır. Karışıklık matrisi makine öğrenmesinde sınıflandırma konusunda bir algoritmanın performansını ölçmek için sınıflandırma sonuçlarının incelenmesini sağlayan bir tablo yapısıdır. Karışıklık matrisi eğitimli öğrenme kullanılan sınıflandırma modellerinde hata

matrisi, eğitimsiz öğrenme kullanılan sınıflandırma modellerinde ise eşleşme matrisi olarak da ifade edilmektedir (Stehman, 1997; Powers, 2011).

Tablodaki her satır veri örneklerinin gerçek sınıfını, her sütun ise veri örnekleri için sınıflandırıcı tarafından yapılan sınıf tahmini içermektedir (Şekil 3.40.). Bir sınıftaki toplam örnek sayısı, ilgili sınıfın satır toplamından bulunabilir. Bununla birlikte sınıflandırılacak gruplara ait örneklerin kaç tanesinin sınıflandırıcı tarafından doğru tahmin edildiği tablonun köşegeni boyunca her sınıfın satır ve sütun kesişiminden takip edilebilir. Bu tabloyu yorumlamak için Şekil 3.40.'e göre bir örnek verilecek olursa sınıflandırıcı sistem gerçekte Ş5 sınıfına ait olan toplam 14 örneğin 12 tanesini doğru olarak sınıflandırmıştır. Gerçekte Ş5 sınıfına ait olan 2 örnek için ise Ş4 sınıfına ait oldukları yönünde tahminde bulunmuştur. Diğer yandan bu sınıflandırıcı gerçekte Ş1 sınıfına ait olan 14 örneği de doğru sınıflandırmıştır.

Performans ölçüm kriterleri karışıklık matrisinden yola çıkarak hesaplanır. Karışıklık matrisinde, sınıflandırıcı tarafından yapılan tahminlerde ilgili örneğin bahse konu bir sınıfa gerçekte ait olup olmaması true (doğru) veya false (yanlış) şeklinde ifade edilir. İlgili örneğin bahse konu bir sınıfa ait olmasıyla ilgili sınıflandırıcı tarafından yapılan tahminler ise positive (pozitif) veya negative (negatif) şeklinde ifade edilir. Burdan yola çıkarak yapılan tahminler ile ilgili dört ifade terimi ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.41.). Gerçekte X sınıfına ait bir örnek için sınıflandırıcının da X sınıfına ait olduğunu belirlemesi True-Positive (TP) olarak ifade edilir. Gerçekte X sınıfına ait olmayan bir örnek için sınıflandırıcının da X sınıfı dışında bir tahmin yapması True-Negative (TN) olarak ifade edilir. Gerçekte X sınıfına ait bir örnek için sınıflandırıcının X sınıfı dışında başka bir sınıfa ait olduğuyla ilgili bir tahmin yapması False-Negative (FN) olarak ifade edilir. Gerçekte X sınıfına ait olmayan bir örnek için sınıflandırıcının X sınıfına ait olduğuna dair bir tahmin yapması False-Positive (FP) olarak ifade edilir. (İşçimen 2017) Bu terimlerin gerçek sınıflar ve sınıflandırıcı tahminlerinden oluşan bir karışıklık matrisi üzerinde nasıl yer aldığı Şekil 3.42.'da gösterilmiştir.

		Sınıflandırıcı Tahmini								
		Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Ş6	Ş7	Ş8	Ş9
Gerçek	Ş1	14	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ş2	0	13	0	0	0	0	0	0	1
	Ş3	0	0	14	0	0	0	0	0	0

	Ş4	0	0	0	12	0	0	2	0	0
	Ş5	0	0	0	2	12	0	0	0	0
	Ş6	4	0	0	0	0	10	0	0	0
	Ş7	0	0	0	0	0	0	14	0	0
	Ş8	0	0	0	0	0	0	0	14	0
	Ş9	0	0	0	0	0	0	0	0	14

Şekil 0.40. Karışıklık matrisinin yapısı

Performans ölçüm kriteri olarak duyarlılık, belirlilik, seçicilik ve genel başarımlar değerlendirilir. Duyarlılık, gerçekte X sınıfına ait örnekler içinden kaç tanesi için sınıflandırıcı tarafından da X sınıfına ait olduğuyla ilgili tahmin yapıldığını ifade eder. Seçicilik, sınıflandırıcının X sınıfına ait olduğuyla ilgili tahmin yaptığı örneklerden kaçının gerçekte X sınıfına ait olduğunu ifade eder. Belirlilik, gerçekte X sınıfına ait olmayan örneklerden kaçını için sınıflandırıcının X sınıfı dışında bir tahmin yaptığını ifade eder. Genel başarımlar, sınıflandırıcının bir sınıfa ait olma ya da olmama ile ilgili hakkında doğru tahmin yaptığı örneklerin sayısının var olan bütün örneklerin sayısına oranını ifade eder. (İşçimen 2017).

		Sınıflandırıcı Tahmini	
		Positive	Negative
Gerçek Sınıflar	True	True – Positive (TP)	True – Negative (TN)
	False	False – Positive (FP)	False – Negative (FN)

Şekil 0.41. Sınıflandırıcı tahminlerinin gerçekliğini ifade eden terimler

		Sınıflandırıcı Tahmini								
		Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Ş6	Ş7	Ş8	Ş9
Gerçek Şekiller	Ş1	TN	TN	TN	TN	FP	TN	TN	TN	TN
	Ş2	TN	TN	TN	TN	FP	TN	TN	TN	TN
	Ş3	TN	TN	TN	TN	FP	TN	TN	TN	TN
	Ş4	TN	TN	TN	TN	FP	TN	TN	TN	TN
	Ş5	FN	FN	FN	FN	TP	FN	FN	FN	FN

	Ş6	TN	TN	TN	TN	FP	TN	TN	TN	TN
	Ş7	TN	TN	TN	TN	FP	TN	TN	TN	TN
	Ş8	TN	TN	TN	TN	FP	TN	TN	TN	TN
	Ş9	TN	TN	TN	TN	FP	TN	TN	TN	TN

Şekil 0.42. Sınıflandırıcı tahminlerinin gerçekliğini ifade eden terimlerin karışıklık matrisi üzerindeki dağılımı

Duyarlılık, seçicilik, belirlilik ve genel başarımların değerleri karışıklık matrisi kullanılarak elde edilir ve şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$Duyarlılık = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (3.6)$$

$$Seçicilik = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (3.7)$$

$$Belirlilik = \frac{TP+TN}{TN+FP} \times 100\% \quad (3.8)$$

$$Genel Başarımlar = \frac{TP}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (3.9)$$

3.8. Akıllı Sistem Tasarımı

Bu tezde üstte bulunan bir kamera yardımı ile nesnelerin yerlerinin koordinatsal düzlemde tespit edilmesi ve robot manipülatörünün nesnenin bulunduğu konuma hareket edip nesneyi istenen bir yere taşıması konularında çalışılmıştır. Bununla bağlantılı olarak aşağıdaki resimde görüldüğü gibi deneysel bir düzenek kurulmuştur. Oluşturulan deneysel düzenek kamera sistemi, Raspberry Pi, güç kaynağı ve robot kolundan oluşmuştur.



Şekil 0.43. Sistemin genel yapısı

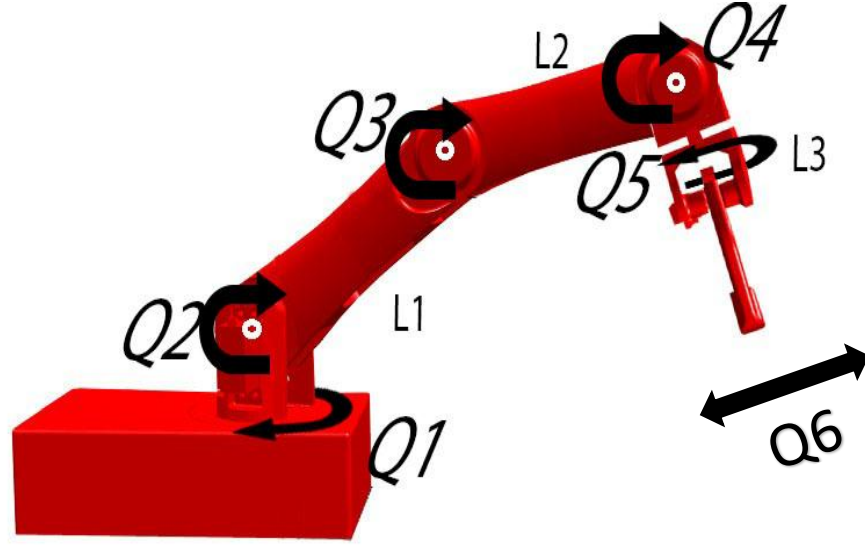
Deneysel düzenekteki çalışma; kamera sistemi yardımıyla görüntü Raspberry Pi'ye aktarılır. Raspberry Pi kameradan gelen görüntüyü alıp Python programlama dili aracılığı ile OpenCV görüntü işleme yöntemlerini kullanarak düzlemde bulunan nesnelerin koordinatlarını tespit eder. Koordinatları tespit edilen cismin bulunduğu konuma manipülatörün hareket etmesi için eklemlerde bulunan motorlara gerekli açılar verilerek nesnenin bulunduğu noktaya hareket sağlanır.

3.8.1. Sistemin Çalışma Yapısı

Bu tez çalışmasında kontrolünü yapacağım sistem 3 ana bölümden oluşmaktadır.

Bunlar;

- A) Kontrol denkleminin hesaplanması,
- B) Python'da yazılımının gerçekleştirilmesi,
- C) Simülasyon uygulamasıdır.
- D) Denklem hesabında giriş parametreleri;
- E) $L1$, $L2$, $L3$ robot kol boyları,
- F) Çıkış parametreleri;
- G) $Q1$ = Taban (Bel) Açısı
- H) $Q2$ = Omuz Açısı
- İ) $Q3$ = Dirsek Açısı
- J) $Q4$ = Bilek Açısı
- K) $Q5$ = El (Gripper) Açısı

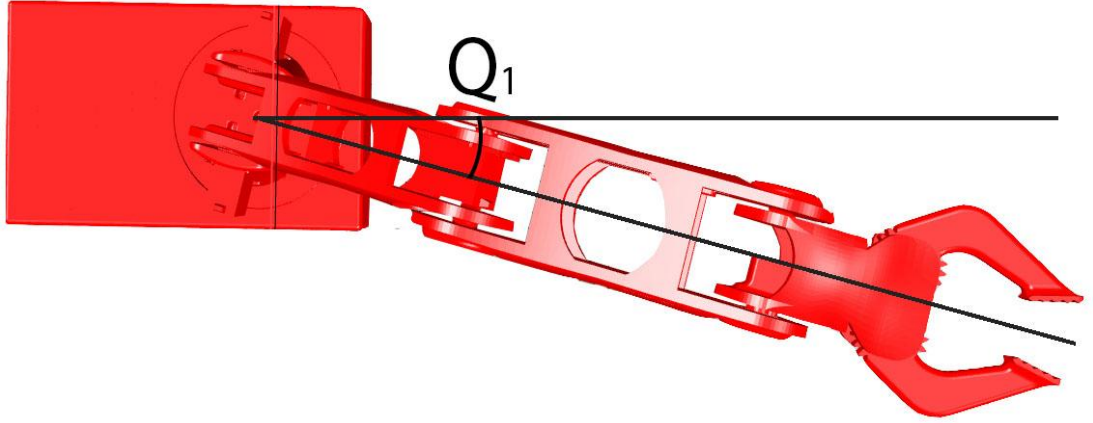


Şekil 0.44. Robot eksen tanımlamaları

3.8.2. Kontrol Denkleminin Hesaplanması

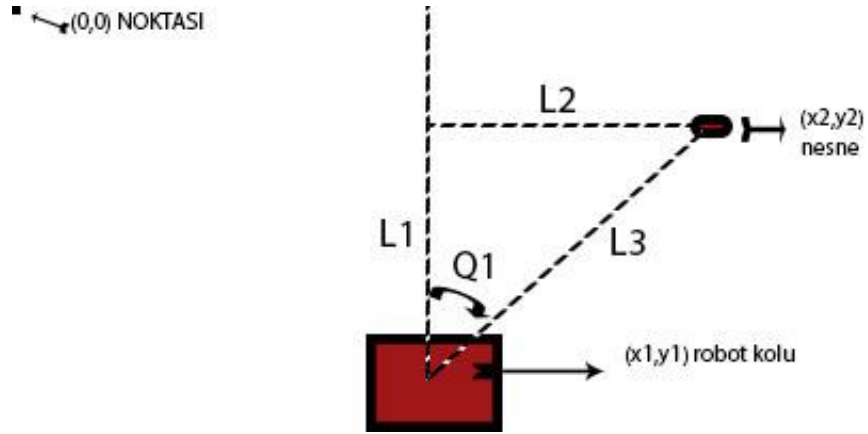
Kontrol denkleminin hesaplanmasında robotun gripperının ulaşması gereken son noktaya göre robotun diğer eksenlerinin alacağı pozisyonların açısız değeri hesaplanmıştır. Bunun için kontrol denkleminin hesaplanmasında ters kinematik yöntemlerinden kapalı form yaklaşım çözümleme çeşidi kullanılmıştır. Robot uygulamasında gripperın gitmesi gereken hedefe göre eklemlerin almaları gereken açısız değeri belirlenecektir. Tamda bu noktada kontrol tekniklerinden biri olan ters kinematik yöntemi çözüm için kullanılacaktır. Sistemimiz gerçek zamanlı (real time) çalıştığı için kapalı form yaklaşımlardan biri olan geometrik çözüm metodu ile gerçekleştirilir. Hesaplama gripper dahil 6 eksenli bir manipülatörün matematiksel hesaplaması olacaktır. Robotun 5 eksenli de döner eklemlerden 1 eksenli de gripperdan oluşmaktadır.

Çalışmamızda robotun tutması gereken nesne yatay düzlemde bulunduğundan öncelikle taban (bel- $Q1$) açısını bulmamız gerekmektedir. Kameramız tabanın tam ortasına denk geçecek şekilde yukarıdan 90 derecelik açıyla görüntü almaktadır. Bundan dolayı öncelikle manipülatörün ve nesnenin koordinatları bulunarak $Q1$ açısının hesaplanması sağlanır.



Şekil 0.45. Q1 açısının kuşbakışı görünümü

(Şekil 3.43)'de görüldüğü gibi Q1 açısının hesaplanması için Şekil 3.44'de görülen L1 ve L2'nin koordinatlar yardımı ile değerleri bulunmalıdır.



Şekil 0.46. Düzlemin kuşbakışı görünümü ve uzunluk tanımları

L1 ve L2'nin değerleri;

$$L1=(y1-y2) \text{ ve } L2=(x2-x1) \text{ şeklinde hesaplanır.} \quad (3.10)$$

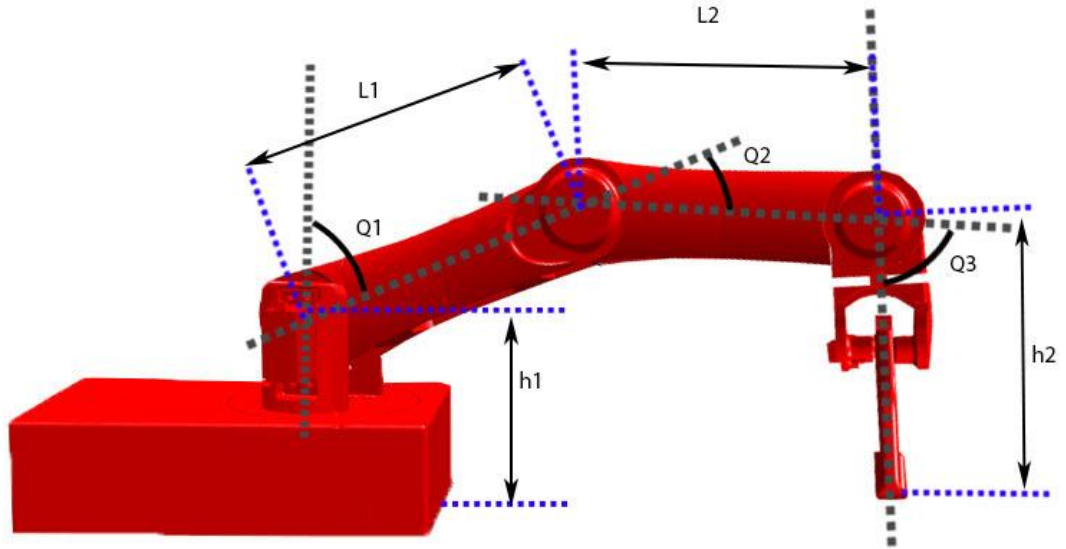
L3 değeri ise hipotenüs teoremi yardımıyla;

$$L3=\sqrt{L1^2 + L2^2} \text{ olarak bulunur.} \quad (3.11)$$

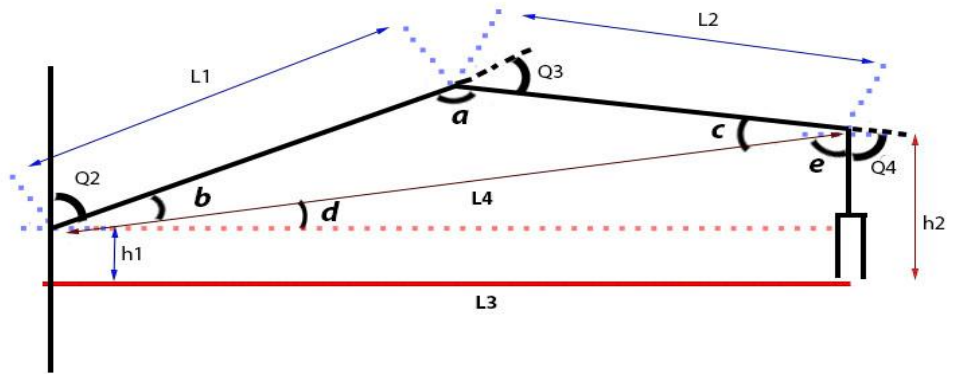
Kenar uzunlukları bilinen bir üçgende istediğimiz açıyı cos-1 yardımıyla aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$Q1 = \cos^{-1}((L1^2 + L3^2 - L2^2)/(2 * L1 * L3)) \quad (3.12)$$

Buradaki L3 uzunluğu bulmak için öncelikle kameradan alınan görüntü Python programlama dilinde OpenCv kütüphanesini kullanarak nesne ile robotun koordinatları bulunur, daha sonra bu koordinatlar arasındaki uzaklık hesaplanır.



Şekil 0.47. Robot Kolu Üzerinde Açılar ve Uzunlukların Gösterimi



Şekil 0.48. Robot Kolu Açılar ve Uzunlukları

Şekil 3.45'de görüldüğü gibi robot kol uzunlukları olan L1 ve L2 uzunlukları, robot tabanı ile nesne arasındaki uzaklık olan L3 uzunluğu, robot tabanının zeminden

yükseklği olan $h1$ ve robot bileğinin zeminden yüksekliğı olan $h2$ bilinmektedir. Burada $L4$ uzunluğı hipotenüs teoremi ile;

$$L4 = \sqrt{(h2 - h1)^2 + l3^2} \text{ şeklinde bulunur.} \quad (3.13)$$

(Şekil 3.46)'daki tüm uzunluklar bilindiğıne göre a, b, c, d, e açılarını bulabiliriz.

$$a = \cos^{-1}((l1^2 + l2^2 - l3^2)/(2 * l1 * l2)) \quad (3.14)$$

$$b = \cos^{-1}((l1^2 + l4^2 - l2^2)/(2 * l1 * l4)) \quad (3.15)$$

$$c = \cos^{-1}((l2^2 + l4^2 - l1^2)/(2 * l2 * l4)) \quad (3.16)$$

$$d = \cos^{-1}((l4^2 + l3^2 - (h2 - h1)^2)/(2 * l4 * l3)) \quad (3.17)$$

$$e = \cos^{-1}(((h2 - h1)^2 + l4^2 - l3^2)/(2 * (h2 - h1) * l4)) \text{ şeklinde bulunur.} \quad (3.18)$$

a, b, c, d, e açıları hesaplandıktan sonra kollarda bulunan motorların asıl dönmesi gereken açıları olan $Q2, Q3, Q4$ açıları;

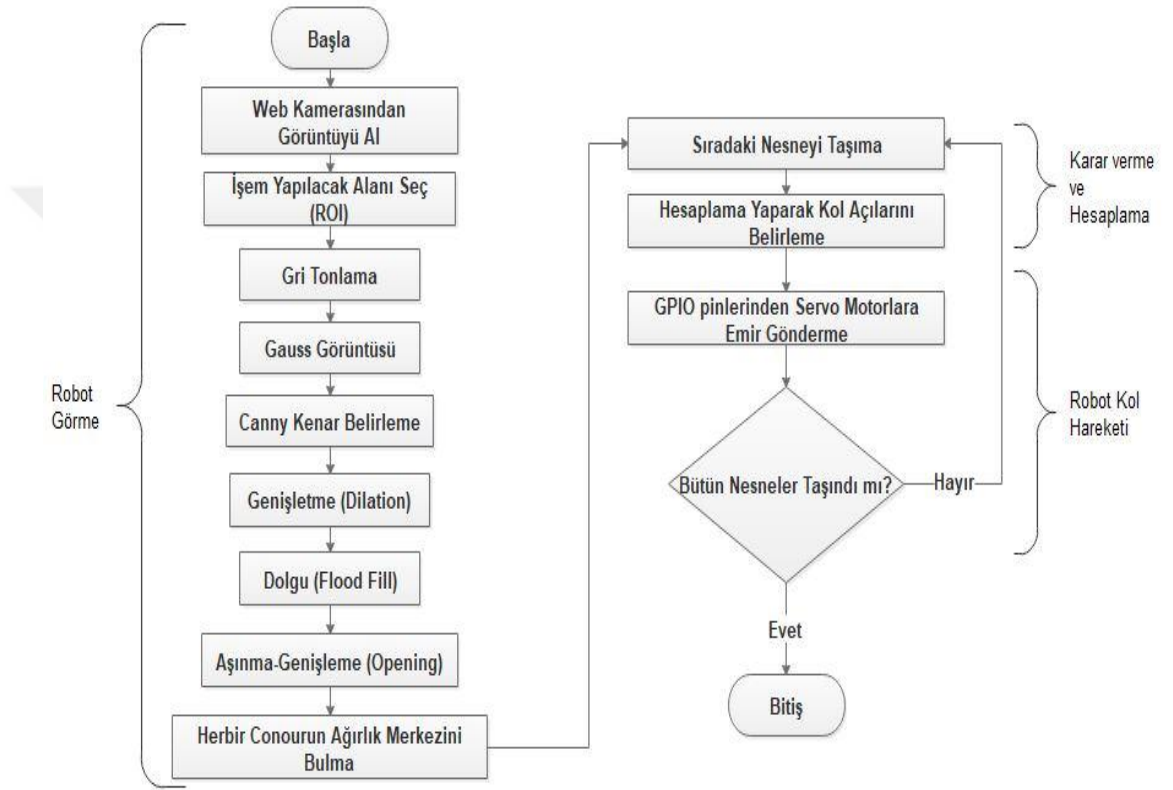
$$Q2 = 90 - (b + d), \quad (3.19)$$

$$Q3 = 90 - a, \quad (3.20)$$

$$Q4 = 180 - (c + e) \text{ olarak bulunur.} \quad (3.21)$$

3.8.3. Sistemin Genel Yapısı

Program robot kol hareketinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan koordinat bilgilerini tespit etmelidir. Program görüntü işleme ve robot kol hareketlerinin hesaplanması olmak üzere iki farklı fonksiyondan oluşmaktadır. İlk bölümde görüntünün alınması, görüntü işleme tekniklerinin kullanılması ve hedef koordinatlarının tespiti gerçekleştirilmektedir. İkinci bölümde ise bulunan hedeflerin robot kolu tarafından taşınması için gerekli olan hesaplamaların yapılması sağlanmıştır.



Şekil 0.49. Sistemin Genel Tapısı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

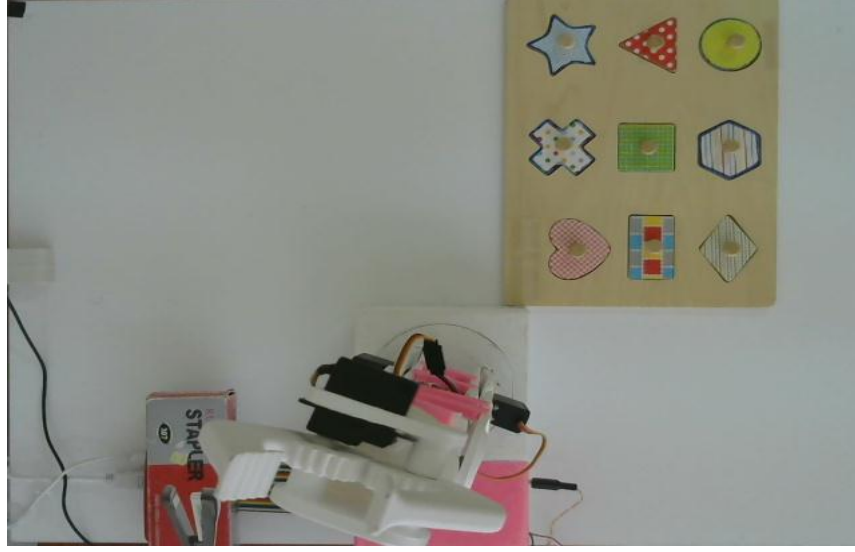
Tez çalışmasında tasarlanan akıllı robot kol için iki farklı görev belirlenmiştir. Bunlardan ilki düzgün halde bulunan yapboz nesnelerinin yerlerini kameradan alına görüntü ile otomatik belirleyip bunları dağıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Diğer görev ise dağınık halde bulunan yapboz nesnelerini otomatik tanıyarak uygun yerlerine yerleştirmesi işlemidir. Bu iki uygulama başlıklar halinde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

4.1. Düzenli Bul-Tak Nesnelerinin Bulunması ve Ağırlık Merkezlerinin Belirlenmesi

Çalışmada Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi deneysel düzenek hazırlanmıştır. Robot kolu, kontrol birim (Raspberry Pi) ve nesnelere yukarıdan görmek için bir adet sabit USB kamera mevcuttur. Nesnelerin yerini tespiti sırasında kamera görüntüsünün engellenmemesi için robot kolu dik pozisyona getirilmiştir.

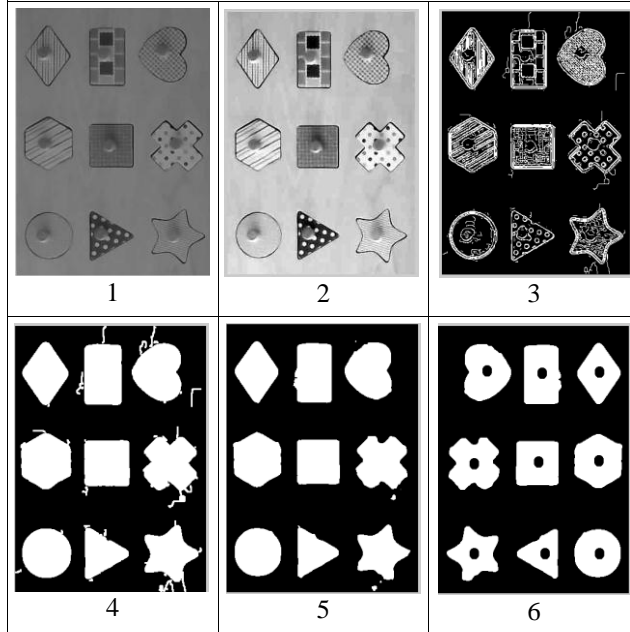


Şekil 0.1. Deneysel Düzenek



Şekil 0.2. Deneysel uygulamada kullanılacak bul-tak nesnelerinin hazır durumdaki kamera görüntüsü

Deneysel uygulamada kullanılacak bul-tak nesnelerinin hazır durumdaki kamera görüntüsü Şekil 4. 2.'deki gibidir. Kameradan ekran görüntüsü alındıktan sonra görüntü işleme başlatılarak, Şekil 4. 3.'de görüldüğü gibi sırasıyla; resimde görüntü işleme kullanılacak ilgi bölgesi (ROI) belirleme, gri resme dönüştürme, histogram eşitleme, kenar bulma ve filtreleme işlemleri yapılmıştır. Son oluşan resimdeki belirlenen objelerin her birinin ağılık merkezi bulunmuş ve daire içerisine alınarak işaretlenmiştir.



Şekil 0.3 . Görüntü işleme süreçleri ve sonuçları

Bu deneysel çalışmada kullanılan yapboz nesnelerini belirlenen ağırlık merkezlerinin koordinatları kullanılarak robot kol eklem açıları hesaplanmıştır. Robot kol, her bir bul-tak nesnesini alarak görev gereği diğer tarafa karışık halde yerleştirilmesi sağlanmıştır. Robot kol görevi sırasında elde edilen görüntüye de (Kutlu Y. ve ark. 2017) belirtilen adresten ulaşabilirsiniz.

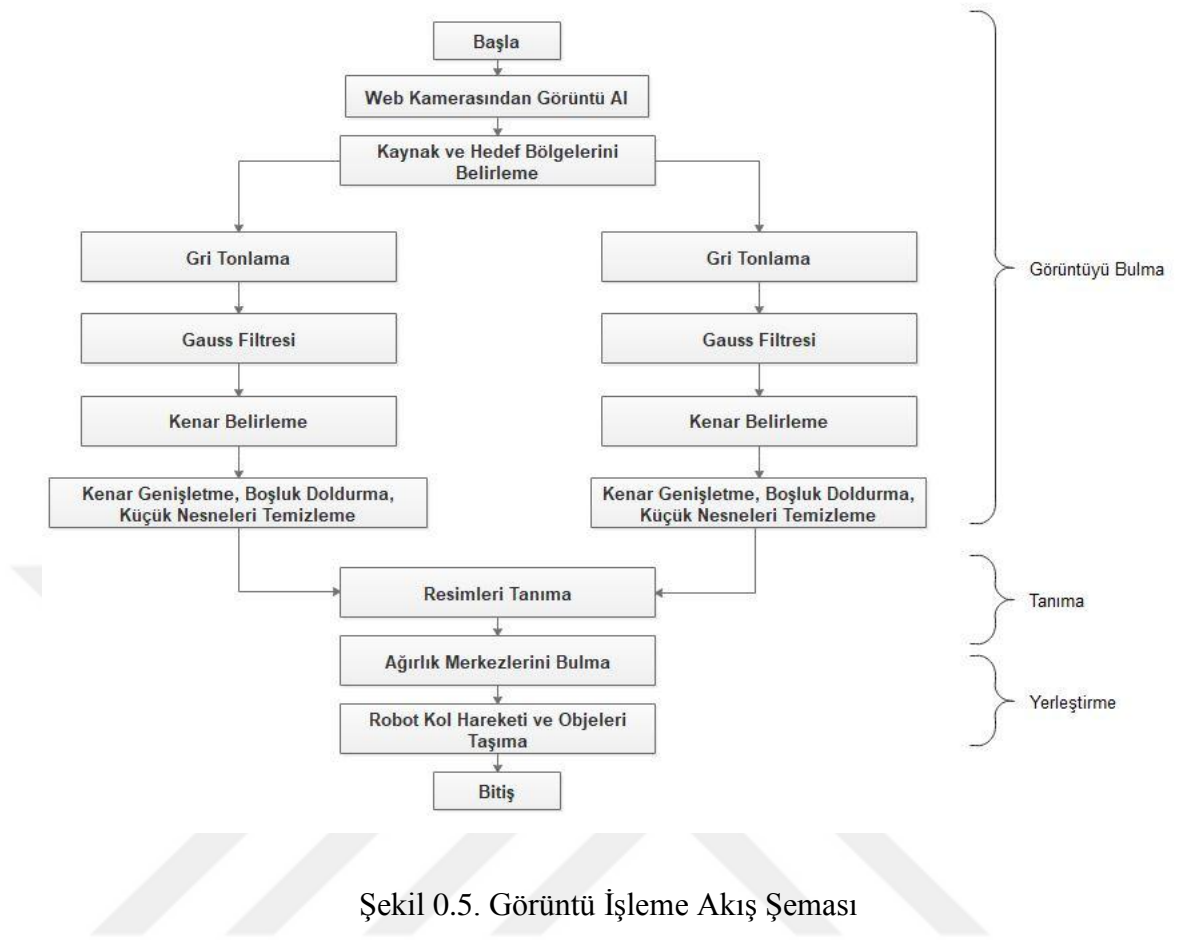
4.2. Dağınık Haldeki Bul-Tak Nesnelerinin Bulunması, Tanınması ve Yerleştirilmesi

Önerilen sistemin amacı öncelikle Şekil 4.4’de görüldüğü gibi web kamerasından alınan görüntüde dağınık halde bulunan bul-tak nesnelerinin ve yerleştirilmesi gereken hedef kısmının görüntüsünü kesip iki ayrı resim olarak elde etmek ve bunları Hu-Momentlerinin yöntemi ile eşleştirmektir. Bu işlemleri yapmak için web kamerasından alınan görüntü Raspberry Pi’ye aktarılmakta ve Python programlama dili ile birlikte OpenCV kütüphaneleri kullanılarak görüntü işleme gerçekleştirilmektedir. Nesnelerin taşınması işlemi Raspberry Pi’den alınan sinyallere göre 3B yazıcı ile oluşturulan 6 eksenli robot kolu kullanılarak gerçekleştirilmektedir.



Şekil 0.4. Uygulama Alanının Görüntüsü

Önerilen sistemde web kamerasından alınan görüntü Raspberry Pi’ye aktarılarak Şekil 4.5’deki akış şemasında belirtilen işlemler gerçekleştirilmiştir.



4.2.1. Bul-Tak Nesnelere Bulunması

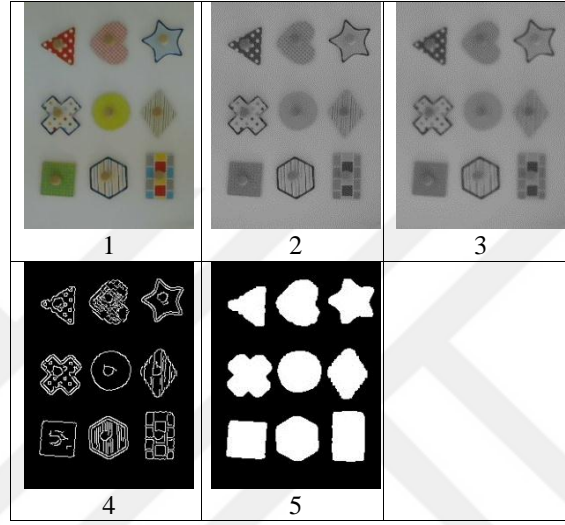
Şekil 4.4'deki resimde taşınması gereken objeler ile hedefte yerleştirilmesi gereken alanlar belirlenip kesilmiştir. Elde edilen resimler üzerinde görüntü işleme teknikleri kullanılarak işlemler yapılmıştır. Elde edilen kesit renkli yapıdadır. Renkli nesnelere birbirinden ayırt etmek gri resimlere göre hem zor hem de karmaşıktır. Bunun yanı sıra daha iyi sonuç vereceği garanti değildir. Basit işlemler için gri tonlama yeterli olduğundan resim üzerine gri tonlama uygulanmıştır.

Gauss gürültüsü, Gauss dağılımı olarak da bilinen normal dağılımına eşit olan istatistiksel gürültüdür (Barbu T.,2013; Truax B., 2012). Gauss gürültüsünü ortadan kaldırmak ve resmi yumuşatmak için görüntülere Gauss filtresi uygulanmıştır.

Sıradaki adım ise kenar belirleme işlemidir. Bir nesnenin tanınması için sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Prewitt (Prewitt, J.,1970), Sobel (Sobel, I.,1970), Canny (Canny, J.,1986), Marr ve Hildreth(Hildreth, E. C.,1985) algoritmaları temel kenar

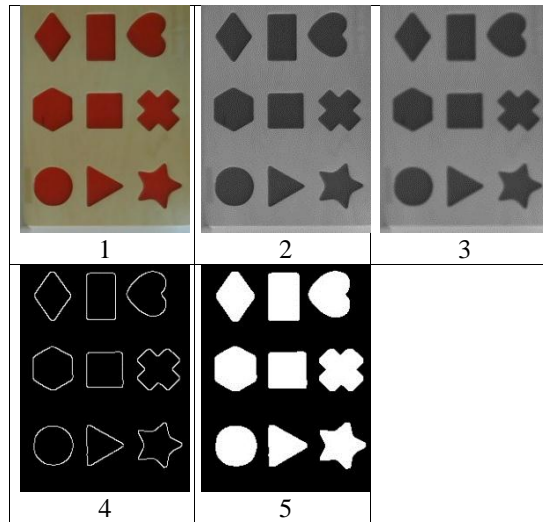
bulma algoritmalarıdır. Bu çalışmamızda en iyi sonucu verdiği için Canny kenar bulma algoritması kullanılmıştır.

Kenar belirleme işleminden sonra kenar çizgilerini kalınlaştırmak için genişletme (dilation), kenar çizgileri içerisindeki kapalı alanı doldurma (floodFill) işlemleri ve küçük nesnelere kaldırmak için aşınma ve genişleme sağlayan opening işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu işlemler Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 0.6. Kaynak Görüntü İşleme Adımları

Elde edilen hedef resmi üzerinde de Şekil 4.7'de görüldüğü gibi kaynak resmi üzerinde uygulanan teknikler uygulanmıştır.



Şekil 0.7. Hedef Görüntü İşleme Adımları

4.2.2. Bul-Tak Nesnelere Tanınması

Görüntü işleme, bilgisayar görme ve ilgili alanlarda görüntü ortalama yoğunluk aralıkları (moment), genellikle bazı cazip özelliklere veya yoruma sahip olmak için seçilmiş görüntü piksellerinin yoğunluğunun belirli bir ağırlıklı ortalama veya bu gibi ağırlıklı ortalamaların bir fonksiyonudur. Görüntü ortalama yoğunluk aralıkları, bölümlenmeden sonra nesnelere tanımlamak için kullanışlıdır. Görüntü ortalama yoğunluk aralıkları vasıtasıyla bulunan görüntünün, basit özellikleri, alanı (veya toplam yoğunluk), merkez ve yönelimi hakkında bilgilere ulaşılır (Wikipedia 2017 12 September).

Ortalama yoğunluk aralıkları kullanılarak her bir şeklin alanı ve ağırlık merkezinin koordinatları hesaplanmıştır. Alanlar filtrelenerek belirli bir boyuttan küçük şekiller silinmiştir. Daha sonra ağırlık merkezlerinin bulunduğu koordinatlara daire şeklinde şekiller çizilmiştir. Bu koordinatlar aynı zamanda nesnelere robot gripperi tarafından tutulması için tutaçların bulunduğu kısımdır.

Kaynak ve Hedef nesnelere bulunmasında Hu-Moment eşleştirme yöntemi, En Yakın Komşu Algoritması, Naive Bayes Algoritması ve Yapay Sinir Ağları kullanılmıştır.

Hu-Moment Yöntemiyle Nesnelere Eşleştirilmesi: Kaynak ve hedef kısımlarından elde edilen şekiller birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işlemi (Ming-Kuei H.,1962)'de belirtildiği gibi Hu-moment değişmezlerine dayanarak hesaplanmıştır. Bu değişmezler ilk olarak Hu tarafından tanıtılmıştır. Hu, pozisyon, büyüklük ve oryantasyondan bağımsız olmayan ve sadece paralel projeksiyondan bağımsız olan cebirsel türevlere dayalı olarak altı mutlak dik türevi ve bir eğimli dik sabiti elde etti. Bu veriler kullanılarak şekillerin karşılaştırılması üç ayrı metot ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışmamızda kullandığımız yöntemde A ve B iki resmimiz ve h_i^A, h_i^B sırası ile A ve B'nin Hu momentleri olmak üzere.

$$\begin{aligned} m_i^A &= \text{sign}(h_i^A) \cdot \log h_i^A \\ m_i^B &= \text{sign}(h_i^B) \cdot \log h_i^B \end{aligned} \quad (4.1)$$

Denklemleri elde edilir. Elde edilen bu değerler (4.2)'deki denkleme uygulanır.

$$I_1(A, B) = \sum_{i=1...7} \left| \frac{1}{m_i^A} - \frac{1}{m_i^B} \right| \quad (4.2)$$

Bu hesaplama benzerliği gösteren bir metriği döndürür. Sonuç ne kadar küçük olursa benzerlik o derece fazla olur.

Hedef (H) ve kaynak (K) resimlerimizdeki şekiller birbirleri ile karşılaştırıldığında aşağıdaki Çizelge 4.1. elde edilmiştir.

Çizelge 0.1. Şekillerin Hu-Momentlerinin Hesaplanması

	H0	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
K0	0.027818	0.002512	0.086422	0.036026	0.000582	0.04499	0.120607	0.025327	0.053844
K1	0.116425	0.108555	0.251207	0.080321	0.147398	0.237613	0.028024	0.275588	0.057223
K2	0.075827	0.067869	0.242691	0.039723	0.1068	0.197015	0.06472	0.127334	0.016537
K3	0.017328	0.029272	0.261386	0.018776	0.048302	0.164928	0.094232	0.068836	0.02206
K4	0.034793	0.0436	0.250196	0.021481	0.065767	0.155982	0.076767	0.086301	0.007732
K5	0.024656	0.000651	0.08326	0.032864	0.00258	0.041827	0.117445	0.022164	0.050681
K6	0.288543	0.100845	0.036553	0.30823	0.31204	0.133011	0.249025	0.242017	0.049513
K7	0.179037	0.051669	0.072953	0.198724	0.202535	0.023505	0.237871	0.132512	0.000338
K8	0.062529	0.025139	0.189796	0.098633	0.085692	0.093338	0.28387	0.017621	0.026193

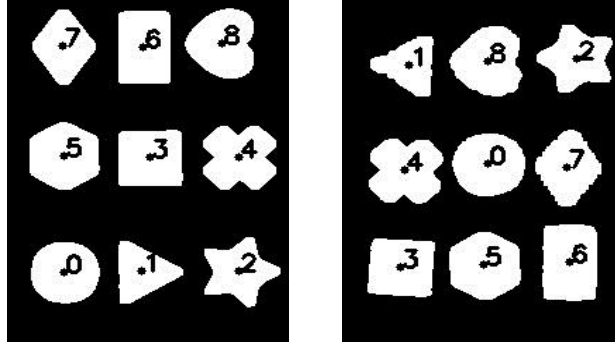
Eşleştirme sırasında ışık yön ve şiddeti sabit kalmak şartıyla %14,44 hatalı eşleştirme, %0,56 oranında nesne tespit edilememiş ve %85 oranında genel başarımla elde edilmiştir. İstatistikler Çizelge 4.2.'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 0.2. Hu- Moment Nesne Tanıma Başarım oranları

Şekil Kodu	Doğru Eşleşme	Hatalı Eşleşme	Obje Tespit Edememe
Ş1	82,50%	17,50%	0,00%
Ş2	75,00%	25,00%	0,00%
Ş3	97,50%	2,50%	0,00%
Ş4	97,50%	2,50%	0,00%
Ş5	90,00%	10,00%	0,00%
Ş6	77,50%	22,50%	0,00%
Ş7	57,50%	42,50%	0,00%
Ş8	90,00%	5,00%	5,00%
Ş9	97,50%	2,50%	0,00%
Ortalama	85,00%	14,44%	0,56%

Çizelge 4.1.'de her bir satırda kaynak resimler ile her bir sütundaki hedef şekillerin Hu-Moment değerleri listelenmiştir. Bu değerler baz alınıp Şekil 4.8'de

kaynak ve hedef şekillerinin karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 0.8. Kaynak ve Hedef Şekillerin Karşılaştırılması

En Yakın Komşu Algoritması, Naive Bayes Sınıflandırıcı ve Radyal Temelli Fonksiyon Ağları ile Nesnelerin tanınması: Bu kısımda her bir contourdan örnekler alınarak eğitim seti oluşturulmuştur. Çizelge de elde edilen şekiller ve sayıları detaylı gösterilmektedir.

Çizelge 0.3. Şekillerin Sayısı

Şekil Kodu	Şekil Adı	Şekil Sayısı
Ş1	Altıgen	14
Ş2	Artı	14
Ş3	Daire	14
Ş4	Deltoid	14
Ş5	Dikdörtgen	14
Ş6	Kalp	14
Ş7	Kare	14
Ş8	Üçgen	14
Ş9	Yıldız	14
	TOPLAM	126

Bu contourların her birinin alan, çevre, konveks sayısı, döndürülmüş dikdörtgenin eni, döndürülmüş dikdörtgenin boyu, merkezin boxPoint noktalarına uzaklığı, oryantasyon açısı, minimum çevreleyen daire alanı, minimum çevreleyen dairenin ağırlık merkezlerine olan uzaklığı ve tüm moments değerleri görüntü işleme teknikleri ile elde edilmiş ve bir veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan veri kümesi şeklin adı ile sınıflandırılmıştır.

Bu veri kümesi kullanılarak en yakın komşu algoritması ile sistem eğitilmiştir. Daha sonra k değeri 3 için ve k 5 için sisteme verilen yeni bir şeklin hangi sınıfta

olduğu başarı ile tespit edilmiştir. Aynı işlemler Bayes algoritması ve Yapay sinir ağları kullanılarak da test edilmiş sistemin başarılı bir şekilde eşleştirme yapıldığı görülmüştür.

En Yakın Komşu Algoritması

Bu algoritmada en yakın komşu sayısı olan k değeri 5 alındığında sonuç Çizelge 4.3. 'deki gibi olur. Çizelgede görüldüğü gibi 1 altıgen şekli yıldız olarak, 2 deltoid şekli kare olarak 2 dikdörtgen şekli deltoid olarak ve 4 kalp şekli altıgen olarak hatalı tanınmış toplamda 9 şekil hatalı diğer tüm şekiller doğru tanınmıştır.

Çizelge 0.4. K=5 için En Yakın Komşu Algoritması Karışıklık Matrisi

	Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Ş6	Ş7	Ş8	Ş9
Ş1	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Ş2	0	13	0	0	0	0	0	0	1
Ş3	0	0	14	0	0	0	0	0	0
Ş4	0	0	0	12	0	0	2	0	0
Ş5	0	0	0	2	12	0	0	0	0
Ş6	4	0	0	0	0	10	0	0	0
Ş7	0	0	0	0	0	0	14	0	0
Ş8	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Ş9	0	0	0	0	0	0	0	0	14

K değeri 5 alındığında karışıklık matrisinden elde edilen performans ölçüm değerleri Çizelge 4.4 de gösterilmiştir.

Çizelge 0.5. K=5 için En Yakın Komşu Algoritması Performans Ölçüm Değerleri

	Duyarlılık	Seçicilik	Belirlilik
Ş1	%100	%77,8	%96,4
Ş2	%92,9	%100	%100
Ş3	%100	%100	%100
Ş4	%85,7	%85,7	%98,2
Ş5	%85,7	%100	%100
Ş6	%71,4	%100	%100
Ş7	%100	%87,5	%98,2
Ş8	%100	%100	%100
Ş9	%100	%93,3	%99,1
Ağr. Ort.	%92,9	%93,8	%99,1

K değeri 3 alındığında sonuç Çizelge 4.5. 'deki gibi olur. Çizelgede görüldüğü gibi 6 şekil hatalı diğer tüm şekiller doğru eşleştirilmiştir.

Çizelge 0.6. K=3 için En Yakın Komşu Algoritması Karışıklık Matrisi

	Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Ş6	Ş7	Ş8	Ş9
Ş1	13	0	0	0	0	1	0	0	0
Ş2	0	13	0	0	0	0	0	0	1
Ş3	0	0	14	0	0	0	0	0	0
Ş4	0	0	0	13	0	0	1	0	0
Ş5	0	0	0	2	12	0	0	0	0
Ş6	1	0	0	0	0	13	0	0	0
Ş7	0	0	0	0	0	0	14	0	0
Ş8	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Ş9	0	0	0	0	0	0	0	0	14

K değeri 3 alındığında şekillerden elde ettiğimiz özneliklerin karışıklık matrisinden elde edilen performans ölçüm değerleri Çizelge 4.6 de gösterilmiştir.

Çizelge 0.7. K=3 için En Yakın Komşu Algoritması Performans Ölçüm Değerleri

	Duyarlılık	Seçicilik	Belirlilik
Ş1	%92,9	%92,9	%99,1
Ş2	%92,9	%100	%100
Ş3	%100	%100	%100
Ş4	%92,9	%86,7	%98,2
Ş5	%85,7	%100	%100
Ş6	%92,9	%92,9	%99,1
Ş7	%100	%93,3	%99,1
Ş8	%100	%100	%100
Ş9	%100	%93,3	%99,1
Ağr. Ort.	%95,2	%95,4	%99,4

En yakın komşu algoritmasında K değeri 1 alındığında sonuç Çizelge 4.7 deki gibi çıkmıştır. Toplamda 4 şekil hatalı diğer tüm şekiller başarı ile tanınmıştır.

Çizelge 0.8.K=1 için En Yakın Komşu Algoritması Karışıklık Matrisi

	Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Ş6	Ş7	Ş8	Ş9
Ş1	13	0	0	0	0	1	0	0	0
Ş2	0	14	0	0	0	0	0	0	0
Ş3	0	0	14	0	0	0	0	0	0
Ş4	0	0	0	13	0	1	0	0	0
Ş5	0	0	0	0	14	0	0	0	0
Ş6	2	0	0	0	0	12	0	0	0
Ş7	0	0	0	0	0	0	14	0	0
Ş8	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Ş9	0	0	0	0	0	0	0	0	14

K değeri 1 alındığında şekillerden elde ettiğimiz özniteliklerin karışıklık matrisinden elde edilen performans ölçüm değerleri Çizelge 4.8 de gösterilmiştir.

Çizelge 0.9. K=1 için En Yakın Komşu Algoritması Performans Ölçüm Değerleri

	Duyarlılık	Seçicilik	Belirlilik
Ş1	%92,9	%86,7	%98,2
Ş2	%100	%100	%100
Ş3	%100	%100	%100
Ş4	%92,9	%100	%100
Ş5	%100	%100	%100
Ş6	%85,7	%85,7	%98,2
Ş7	%100	%100	%100
Ş8	%100	%100	%100
Ş9	%100	%100	%100
Ağr. Ort.	%96,8	%96,9	99,6

Naive Bayes Sınıflandırıcı: Naive Bayes Sınıflandırıcı kullanıldığında sonuç Çizelge 4.9. 'deki gibi olduğu görülmüştür. 2 şeklin hatalı tanınmasına rağmen diğer tüm şekiller doğru tanınmıştır.

Çizelge 0.10. Naive Bayes Sınıflandırıcı Karışıklık Matrisi

	Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Ş6	Ş7	Ş8	Ş9
Ş1	13	0	0	0	0	1	0	0	0
Ş2	0	13	0	0	0	1	0	0	0
Ş3	0	0	14	0	0	0	0	0	0
Ş4	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Ş5	0	0	0	0	14	0	0	0	0
Ş6	2	0	0	0	0	14	0	0	0
Ş7	0	0	0	0	0	0	14	0	0
Ş8	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Ş9	0	0	0	0	0	0	0	0	14

Naive Bayes Sınıflandırıcıda şekillerden elde ettiğimiz özniteliklerin karışıklık matrisinden elde edilen performans ölçüm değerleri Çizelge 4.10 de gösterilmiştir.

Çizelge 0.11. Naive Bayes Sınıflandırıcı Algoritması Performans Ölçüm Değerleri

	Duyarlılık	Seçicilik	Belirlilik
Ş1	%92,9	%86,7	%98,2
Ş2	%92,9	%100	%100
Ş3	%100	%100	%100
Ş4	%100	%100	%100
Ş5	%100	%100	%100
Ş6	%87,5	%87,5	%98,2
Ş7	%100	%100	%100
Ş8	%100	%100	%100
Ş9	%100	%100	%100
Ağr. Ort.	%97	%97,1	%99,6

Radyal Temelli Fonksiyon Ağları: Radyal Temelli Fonksiyon(RTF) Ağlarında K-Means değeri 3 alındığında tanıma sonucunun Çizelge 4.5. 'deki gibi olduğu görülmüştür. RTF ağında toplamda sadece 2 hatalı diğer tüm tanımların doğru olarak gerçekleştirildiği görülmüştür.

Çizelge 0.12. Radyal Temelli Fonksiyon Ağları Karışıklık Matrisi

	Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Ş6	Ş7	Ş8	Ş9
Ş1	13	0	0	0	0	1	0	0	0
Ş2	0	13	0	0	0	1	0	0	0
Ş3	0	0	14	0	0	0	0	0	0
Ş4	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Ş5	0	0	0	0	14	0	0	0	0
Ş6	2	0	0	0	0	14	0	0	0
Ş7	0	0	0	0	0	0	14	0	0
Ş8	0	0	0	0	0	0	0	14	0
Ş9	0	0	0	0	0	0	0	0	14

Radyal temelli fonksiyon ağlarında şekillerden elde ettiğimiz özneliklerin karışıklık matrisinden elde edilen performans ölçüm değerleri Çizelge 4.12 de gösterilmiştir.

Kullanılan En yakın komşu algoritması, Naive Bayes sınıflandırıcı ve Radial Tabanlı Fonksiyon ağlarının başarımları oranları Çizelge 4.10. da verilmiştir.

Çizelge 0.13. Radyal Temelli Fonksiyon Ağları Performans Ölçüm Değerleri

	Duyarlılık	Seçicilik	Belirlilik
Ş1	%92,9	%86,7	%98,2
Ş2	%92,9	%100	%100
Ş3	%100	%100	%100
Ş4	%100	%100	%100
Ş5	%100	%100	%100
Ş6	%87,5	%87,5	%98,2
Ş7	%100	%100	%100
Ş8	%100	%100	%100
Ş9	%100	%100	%100
Ağr. Ort.	%97	%97,1	99,6

Çizelge 0.14. Nesne Tanıma Başarım Oranları

	En Yakın Komşu			Naive Bayes	Radial Tabanlı Fonksiyon
	K=1	K=3	K=5		
Genel Başarım %	96.8254	95.2381	92.8571	98.4127	98.4127

4.2.3. Nesnelerin Yerleştirilmesi

Kamera verisinin görüntü işleme teknikleri ile işlenmesi, hedefin tespit edilmesi, koordinatlarının belirlenmesi, ağırlık merkezlerinin bulunması ve robot kolunun belirtilen koordinata hareket etmesi için eklem açıların hesaplanması konusunda birçok araştırmacının ortaya koyduğu çalışmalar vardır (Iscimen B ve ark,2014; Iscimen B. Ve ark, 2015).

Robot kol parametrelerinin belirlenmesinde robotun gripperının ulaşması gereken son noktaya göre robotun diğer eksenlerinin alacağı pozisyonların açısal değeri hesaplanmıştır. Gripperın ulaşması gereken noktalar ise Şekil 4.8'de gösterilen şekillerin ağırlık merkezleridir.

Kenar uzunlukları bilinen bir üçgende istediğimiz açıyı arccosünüs teoremi (cos-1) yardımıyla oluşturulan denklemlerle bulunabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

3D yazıcı ile oluşturulan 6 eksenli robot kolu ve web kamerası kullanılarak görmeye dayalı robot kolu kontrol sistemi geliştirilmiştir. Raspberry Pi temelli sistemde, tüm işlemler gömülü sistem üzerindeki işletim sistemi ve geliştirilen yazılımlar ile yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan Debian tabanlı Rasbian işletim sisteminin de birçok avantajı mevcuttur. Açık kaynak olduğu için lisans gerektirmez ve geliştirilebilir bir sistemdir. Yazılım geliştirme tarafında Python dili kullanılması ve python scriptlerinin derlenmesine gerek duyulmadan çalıştırılabilmesi rahatlıkla başka sistemlerde kullanılabilir bir alt yapı oluşturmaktadır. Ayrıca OpenCV Kütüphanesi gömülü sisteme bütünleşmiş edilerek kabiliyeti artırılmıştır.

İşlenen görüntü sonucu tespit edilen nesnelerin taşınması için robot kolun eklem hareketlerinde kullanılan ters kinematik yöntemlerinden biri olan geometrik çözüm metodu sisteme başarı ile uygulandığı görülmüştür. Robot tutucuların, nesnelerin üzerindeki ağırlık merkezlerinde bulunan noktaları tutması ile taşıma gerçekleştirilir.

Çalışmada iki farklı görüntü işleme yöntemi seçilmiştir. İlk yöntemde Hu moment değişmezleri kullanılmıştır. Öncelikle dağınık halde bulunan bul-tak nesnelere ve hedef yerlerinin şekilleri tespit edilmiştir. Web kamerasından alınan 40 farklı resim üzerinde bulunan 720 objenin görüntü işleme teknikleri kullanılarak tespiti yapılmıştır. Objelere görüntü işleme teknikleri uygulandıktan sonra her bir şeklin ağırlık merkezleri bulunup işaretlenmiştir. Hu-moment değişmezleri kullanılarak hedef ve kaynaktaki şekiller eşleştirilmiştir. Eşleştirme sırasında ışık yön ve şiddeti sabit kalmak şartıyla %14,44 hatalı eşleştirme, %0,56 oranında nesne tespit edilememiş ve %85 oranında genel başarımlar elde edilmiştir. Diğer bir yöntemde ise her bir şekilden değişik yönlerde 14 farklı resim alınarak toplam 126 resim ile bir veri seti oluşturulmuştur. Bu resimleri tanımak için En Yakın Komşu Algoritması, Naive Bayes Sınıflandırıcı ve Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağı teknikleri kullanılmıştır. En yakın komşu algoritmasında k değeri arttıkça şekillerin tanınma yüzdeleri düşmüştür. En iyi sonuç Naive Bayes ve Radyal Tabanlı Fonksiyon ağları ile gerçekleştirilmiştir.

3 Boyutlu (3B) yazıcı ile oluşturulan 6 eksenli robot kolu kullanılarak kaynaktaki nesnelere hedeflerine taşınmıştır. Resimlerdeki şekillerin ağırlık merkezleri Raspberry Pi

tarafından işlenerek gerekli kol açıları Python programlama dili ile hesaplanmıştır. Kollardaki açı değerlerine göre Raspberry Pi üzerindeki GPIO pimleri ile servo motorlara açı değerlerine denk gelen sinyaller aktarılmış ve taşıma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Robot kolunun hedefi olarak kaynak ve hedef şekillerinin ağırlık merkezleri belirlenmiştir. Nesnelerin yerleştirilmesi sırasında yön verisi olmadığından dolayı tam uyum sağlanmamıştır. Robot eklemlerinde kullanılan servo motorların hassasiyetlerinin düşük olmasından ve gerilim farklarından dolayı hareket sırasında titreme meydana gelmektedir. Fakat nesneleri tutup tutmadığını algılayacak bir denetim mevcut olmadığından nesnelerin düşmesi söz konusu olmuştur. Bu sebepten dolayı tutucuların sensörler ile desteklenmesi gerektiği, yön tespiti ve tutaçların algılama probleminin düzeltilmesi gelecek çalışmalarda yapılması düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aby P.K, Jose A., Jose B., Dinu L.D, J. John, and Sabarinath G., 2011. Implementation and Optimization of Embedded Face Detection System. Proceedings, **International Conference on Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies**,2011.
- Adept, 2016. Adept Quattro™ s650H marka paralel robot <http://www.directindustry.com/>,Erişim Tarihi: 10.11.2016
- Alpaydm, E.(2010). Introduction to Machine Learning. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Anonim 2016a. Paletli Robotlar Resim(<http://www.robotpark.com.tr/Paletli-Robotlar>) , Erişim Tarihi:15,06,2017.
- Anonim 2016b. Raspberry Pi 2. Resim(<https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-2-model-b/>). Erişim Tarihi: 7.11.2016
- Anonim 2016c. Raspberry Pi 2. Resim(<http://hepeng.me/image-morphological-processing-tu-xiang-de-xing-tai-xue-chu-li/>). Erişim Tarihi: 10.11.2016
- Anonim, 2017a. Tek tekerlekli robot, Resim(<http://robotsquare.com>), Erişim Tarihi: 10.11.2016
- Anonim, 2017b. Çok tekerlekli robotlar, <https://mars.nasa.gov/gamee-rover/>, Erişim Tarihi: 11. 1.2017
- Anonim, 2017c. *Tek ayaklı robotlar*, Resim(<http://www.robotpark.com.tr/blog/tum-robot-tipleri/ayakli-robotlar/tek-ayakli-robotlar/>) 17.1.2017
- Anonim, 2017d. Altı ayaklı robotlar, Resim(<https://webasif.wordpress.com>), Erişim Tarihi: 17.1.2017
- Anonim, 2017e. Çok ayaklı robotlar, Resim(<http://www.robotpark.com.tr/blog/tum-robot-tipleri/ayakli-robotlar/cok-ayakli-robotlar/>), Erişim Tarihi: 11. 1.2017
- Anonim, 2017f. Yüzen robot, Resim(<http://inhabitat.com>), Erişim Tarihi: 15.1.2017
- Anonim 2017g. Sürü robotlar, Resim (<http://iridia.ulb.ac.be>), Erişim Tarihi: 14.3.2017
- Anonim 2017h. Modüler robotlar,Resim (<http://www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=953>), Erişim Tarihi: 14.3.2017
- Anonim 2017i. Micro robotlar <http://usella.blogspot.com.tr>, Erişim Tarihi:14.3.2017
- Anonim 2017j. Morfolojik Dönüşümler <http://www.dspguide.com/ch25/4.htm>, Erişim Tarihi:25.12.2017
- Anonim 2017k. DC Servo Motor, Resim (<http://1volt1amper.com>) (Erişim Tarihi:14.03.2017)
- Anonim 2017l. Mavi renk alanını seçme, Resim(<http://docs.opencv.org>), (Erişim Tarihi: 14.03.2017)
- Anonim 2017m. Histogram Eşitleme, Resim(<https://www.packtpub.com/mapt/>), Erişim Tarihi: 14.03.2017
- Barbu T., Variational Image Denoising Approach with Diffusion Porous Media Flow. **Abstract and Applied Analysis**. 2013: 8. doi:10.1155/2013/856876.
- Boyle M.,2001. The Effects of Capture Conditions on the CAMSHIFT Face Tracker. Technical Reports 2001-691-14, **Department of Computer Science**, University of Calgary, Alberta, Canada.
- Brunelli, R.,2009. Template Matching Techniques in Computer Vision: **Theory and Practice**. John Wiley and Sons.
- Canny, J., A Computational Approach to Edge Detection. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, **8**, 679-700, 1986.

- Chinnathurai B. M., Sivakumar R., Sadagopan S. and Conrad J.M.,2016. Design and Implementation of a Semi- AutonomousWaste Segregation Robot. **SoutheastCon, 2016 Norfolk, VA, USA**
- Cover, T.M. and Hart, P.E., “Nearest neighbor pattern classification”. **IEEE Transactions on Information Theory, IT13(1):21–27** (1967).
- Dahnoun, N., Brand, J., 2011. Defining a process for rapid processor selection and algorithm development. Systems, Signal Processing and their Applications (WOSSPA).**7th International Workshop on , vol., no., pp.259-262.**
- Dreamtech Software Team, 2002. Programming of Embedded Systems, **WileyPublishing, Inc.,** New York, ABD.
- Durrant-Whyte, H. and Bailey, T.,2006. Simultaneous localization and mapping: part i, **Robotics Automation Magazine, IEEE 13 (2) (2006) 99 –110. doi:10.1109/MRA.2006.1638022.**
- Epson, 2017. <http://global.epson.com/>, Erişim Tarihi:15,06,2017.
- Fanhua Y. and Hongwei Z.,2010. Video image Acquisition System based on embedded Linux. **International Conference on Digital Manufacturing & Automation.**
- Fernandes da Silva J. and Nogueira de Moura H., 2015. An Embedded System for Aerial Image Processing from Unmanned Aerial Vehicles. **Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering, 2015.**
- Faulkner J., Dirven S, 2017. A Generalised, Modular, Approach for the Forward Kinematics of Continuum Soft Robots with Sections of Constant Curvature, **24th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)**
- Gans N. R., Hutchinson S. A., (2007). Stable Visual Servoing Through Hybrid Switched-System Control. **IEEE Transactions on Robotics, vol. 23, no. 3, pp. 530-540.**
- George, M., Kehtarnavaz N., Estevez, L., 2011. Real-time implementation of logo detection on open source BeagleBoard. **Proc. SPIE 7871, 787107.**
- Han, J. and Kamber, M., “Data mining: concepts and techniques”, **Morgan Kaufmann Publishers, Burlington,** (2006).
- Harwood, D., Elgammal, A. and Davis, L.,2000. Non-parametric model for background subtraction. **In Proceedings of the European Conference on Computer Vision, pages 751-767.**
- Hassan M. S.,Khan A. F., Khan M. W., Uzair M. and Khurshid K.,2016. A Computationally Low Cost Vision Based Tracking Aigorithm for Human Following Robot. 2016 **The 2nd International Conference on Control, Automation and Robotics**
- Herbert Z., 2011. **Television Production Handbook,** Belmont California.
- Hildreth, E. C., Edge Detection. A. I. Memo No. 858, Artificial Intelligence Laboratory, **Massachusetts Institute of Tecnology, September, 1985.**
- Huang G.S., Lin H. and Chen P.,2011. Robotic Arm Grasping and Placing Using Edge, Proceedings of 2011 8th Asian Control Conference (ASCC) TuB1.3 Kaohsiung, Taiwan, May 15-18, 2011
- Huimin W. and Xiaoshi Z., 2009. Improved and efficient object tracking algorithm based on Camshift. **Journal of Computer Engineering and Applications,** vol. 45, no. 27, pp. 178-180.

- Iqbal J., Islam R. and Khan H.,2012. Modeling and Analysis of a 6 DOF Robotic Arm, **Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering** Vol. 3, No. 6, July 2012.
- Iscimen B., Atasoy H., Kutlu Y., Yildirim S., Yildirim E. Smart robot arm motion using computer vision, **Elektronika ir Elektrotechnika** 21.6 (2015): 3-7,2015
- Iscimen B., Atasoy H., Kutlu Y., Yildirim S., Yildirim E. Bilgisayar Görmesi ve Gradyan İniş Algoritması Kullanılarak Robot Kol Uygulaması, **Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu (ASYU 2014)** (Yayın No:1558815,2014)
- Iscimen B.,2016. Balık Türlerinin Sınıflandırılmasında Görüntü İşleme Ve Öznitelik Çıkarma Yöntemleri. **Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi**
- Khelbude P. ve Shelke S., 2016. Real Time Iris Controlled Robot. 2016 Online **International Conference on Green Engineering and Technologies (IC-GET)**.
- Kim H., ve Kim B., 2008. Minimum-Energy Translational Trajectory Planning for Battery-Powered Three-Wheeled Omni-Directional Mobile Robots, 2008 **10th Intl. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision** Hanoi, Vietnam, 17–20 December 2008.
- Kresse, W. and Danko, D.M., “Springer Handbook of Geographic **Information**”, **Springer-Verlag**, Berlin, (2012).
- Kutlu Y.,Alanoglu Z.,Gökçen A., Yeniad M., Raspberry Pi Kullanarak Robot Kol ile Bilgisayar Görme Uygulaması, **Akıllı Sistemlerde Yenilikler Ve Uygulamaları Konferansı (ASYU 2017)**, Alanya/Türkiye, 2017 (https://www.youtube.com/edit?o=U&video_id=aQjmIv-_xo4)
- Li Y., Ding H., Zhang S. and Wang Y., 2013. The Research and Implementation of Camshift Algorithm Based on Automatically Target Extraction. **Journal of Convergence Information Technology(JCIT)** Volume8, Number6,pp.111.
- Lippiello V., Siciliano B., Villani L. , (2007). Position-Based Visual Servoing in Industrial Multirobot Cells Using A Hybrid Camera Configuration. **IEEE Transactions on Robotics**, vol. 23, no. 1, pp 73-86.
- Lyu C., Liu Y., Zhou W., Peng J., Yang S., Zhang H. and Yang L.,2016. High-speed target tracking base on FPGA. Proceedings of The 2016 **IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics** June 6-9, 2016, Angkor Wat, Cambodia
- Malis, E., Chaumette, F. and Boudet, S.,1999. 2-1/2-D Visual Servoing. **IEEE Trans, on Robotics and Automation**, Vol.15, no. 5, pp. 238-250.
- Mathworks 2017. <https://www.mathworks.com/help/images/apply-gaussian-smoothing-filters-to-images.html?requestedDomain=true>, Erişim Tarihi:25 Aralık 2017.
- McAndrew A. 2004. An Introduction to Digital Image Processing with Matlab. **Semester 1, School of Computer Science and Mathematics** Victoria University of Technology, 31 p, Victoria.
- Ming-Kuei H., Visual pattern recognition by moment invariants. **Information Theory, IRE Transactions**, vol. 8, pp. 179-187, 1962.
- Mitsubishi 2016. <http://linux.softpedia.com/get/Science/SCARA-robot-100789.shtml> Erişim Tarihi: 25 Mart 2016
- Munna M. S., Tarafder B. K., Robbani M.G and Mallick T. C.,2017. Design and Implementation of a Drawbot Using Matlab and Ardiuno Mega. **International**

- Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)**, February 16-18, 2017, Cox's Bazar, Bangladesh
- Mühürücü A. ve Durmuş B., 2005. Beş eklemlili bir robot koluna ait ileri kinematik hesaplama yönteminin YSA ile çözümü. **III.Otomasyon Sempozyumu ve Sergisi**, Denizli, 11-12 Kasım 2005
- Nixon, M.S., Alberto S. A., 2002. **Feature extraction and image processing**, Elsevier ,405s
- O'Malley, M.,2005. MECH 498: **Introduction to Robotics, Inverse Manipulator Kinematics.**
- Özçalık H. R., Doğmuş O., Yılmaz Ş.,Gani A., 2013. Fotovoltaik Paneller için Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları Kullanan Etkin Bir Modelleme Yöntemi Önerisi, **Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2013**, 26-28 Eylül 2013, Malatya
- Pereira V., Fernandes V. A. and Sequeira J., 2014. Low Cost Object Sorting Robotic Arm using Raspberry Pi. 2014 **IEEE Global Humanitarian Technology Conference - South Asia Satellite (GHTC-SAS)** | September 26-27, 2014 | Trivandrum
- Petti, S. and Fraichard, T.,2005. Safe motion planning in dynamic environments, in: Intelligent Robots and Systems, (IROS 2005). 2005 **IEEE/RSJ International Conference on, 2005**, pp. 2210 – 2215. doi:10.1109/IROS.2005.1545549.
- Pfrunder A. ve ark., 2014. A Proof-Of-Concept Demonstration of Visual Teach and Repeat on a Quadrocopter Using an Altitude Sensor and a Monocular Camera, **2014 Canadian Conference on Computer and Robot Vision**
- Pornpanomchai C., Hansompob N., Asomnu B. and Sukvanachaikul P. 2015. Children-Toy Robot Automatically Detect and Move to a Targeted Colored Object. **Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)**, 2015 International. Chiang Mai, Thailand
- Poudel, P., Shirvaikar, M., 2010. Optimization of computer vision algorithms for real time platforms. **System Theory (SSST), 2010 42nd Southeastern Symposium on** , vol., no., pp.51-55.
- Prewitt, J., Object Enhancemet and Extraction. Picture Processing and Psychopictorics (**B. Lipkin ve A. Rosenfeld, editör**), NY, Academic Pres, 1970.
- Pura, A., Raghu, C.V., 2011. Design of a wireless adapter for multimedia projectors. Wireless Communication, Vehicular Technology, **Information Theory and Aerospace & Electronic Systems Technology (Wireless VITAE)**, 2011 2nd International Conference on, vol., no., pp.1-4.
- Rafael C. Gonzalez , Richard E. Woods.2017 **Digital Image Processing**, 255s
- Richard Szeliski 2010. Computer Vision: **Algorithms and Applications**, September 3, 2010
- Rotondo D. Ve ark, 2014. Identification and Switching Quasi-LPV Control of a Four Wheeled Omnidirectional Robot, 22nd Mediterranean **Conference on Control and Automation (MED) University of Palermo**. June 16-19, 2014. Palermo, Italy.
- Sahu U.,Upadhyay S., Singh N. and Patil P.,2016. LIBO: The Grasping Robot Using Object Recognition. International **Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) – 2016**
- S. Haykin, “Neural Networks: A Comprehensive Foundation”, **Macmillan College Publishing Company**, 1994.

- Satake, S., Kanda, T., Glas, D., Imai, M., Ishiguro, H. and Hagita, N.,2009. How to approach humans?-strategies for social robots to initiate interaction, in: Human-Robot Interaction (HRI), **4th ACM/IEEE International Conference on, 2009**, pp. 109 –116.
- Shaw A. C., Wiley J. and Sons, 2001. **Real-Time Systems and Software**. ISBN: 0-471-35490-2, 215 pages, Soft cover
- Sobel, I., Camera Models and Perception. **Ph.D. thesis, Stanford University, CA, 1970.**
- Song Y., Wang Y., Wang J., Li Z., Li G. and Yu F.,2015. An Intelligent Visual Line Tracking System Via Quadrotor Platform. **28th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)**
- Spong M. W. and Vidyasagar M. 1989. Robot Dynamics and Control , **John Wiley & Sons Inc.** 336.
- Stauffer C. and Grimson W. E. L.,1999. Adaptive background mixture models for real-time tracking, z , **Computer Vision and Pattern Recognition, 1999. IEEE Computer Society Conference on.**
- Liu ve ark., Effects of fish oil on lymphocyte proliferation, cytokine production and intracellular signalling in weanling pigs, **Archives of Animal Nutrition, 57:3, 151-165.**
- Stehman, S.V., 1997. Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. **Remote Sensing of Environment**, 62 (1): 77-89.
- Stuart Russel; Peter Norvig (2003) [1995]. Artificial Intelligence: A Modern Approach (2. bas.). **Prentice Hall**. ISBN ISBN 978-0137903955..
- Sukop M.,Hajduk M. and Vagas M., 2014. Transferring image processing algorithms on application with multi arm robot and mobile phone. **International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region** September 3-5, 2014, Smolenice Castle, Slovakia.
- Suwanratchatamane K. ve Ark., 2011. Haptic Sensing Foot System for Humanoid Robot and Ground Recognition With One-Leg Balance, **IEEE Transactions On Industrial Electronics**, Vol. 58, No. 8, August 2011.
- Szabo R. and Gontean A.,2016. Lynxmotion AL5 Type Robotic Arm Control with Color Detection on FPGA Running Linux OS. **Elecommunications Forum (TELFOR)**, 2016 24th Belgrade, Serbia.
- Truax B., Handbook for Acoustic Ecology. **Cambridge Street Publishing. Retrieved 2012-08-05.**
- Usta R. “Naive Bayes Sınıflandırma Algoritması”. <http://kodcu.com/2014/05/naive-bayes-siniflandirmaalgoritmasi>, Erişim Tarihi: 04.12.2015.
- Visual Detection System. Proceedings of 2011 **8th Asian Control Conference (ASCC)** Kaohsiung, Taiwan.
- Wei Z. and Cai L., 2010. Design for Motion Detection System Based on Embedded Linux. **International Conference on Multimedia Technology**, Ningbo, China.
- Wikipedia 2017. https://en.wikipedia.org/wiki/Image_moment, Erişim Tarihi: 12 Eylül 2017.
- Wikipedia 2016. http://en.wikipedia.org/wiki/Articulated_robot, Erişim Tarihi:10 Eylül 2016.

- Xingzhi, L. and Bhandarkar, S. M.,2005. Multiple object tracking using elastic matching, Proceedings of the **IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance**, pages 123-128.
- Yang H., Wang Y. and Gao L., 2016. A General Line Tracking Algorithm Based on Computer Vision,**28th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)**,2016
- Ylikorpi T., Suomela J., 2007. Ball-Shaped Robots, Climbing and Walking Robots: towards **New Applications**, **Houxiang Zhang (Ed.)**, ISBN: 978-3-902613-16-5,
- Yun D. andXiao-hui C.,2012. Research and Design of Intelligent Video Surveillance System. **IJACT: International Journal of Advancements in Computing Technology**, Vol. 4, No. 11, pp. 378-388.
- Zeb, J., Qaiser, N., Iqbal, N. and Ahmed, N.,2005. Kinematics Modeling of the Arm of a Radiation Protection Assistant Robot. **9th International Multitopic Conference, IEEE INMIC 2005**
- Zhang J., Zhang F. and Ito M., 2009. Image processing based remote control with robot arm simulator. **ICROS-SICE International Joint Conference 2009, Fukuoka International Congress Center**, Japan, August 18-21, 2009.
- Zheng N. Ve ark, 2017. Hierarchical Fast Terminal Sliding Mode Control for a Self-Balancing Two-Wheeled Robot on Uneven Terrains. Proceedings of the **36th Chinese Control Conference** July 26-28, 2017, Dalian, China.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1983 yılında Elazığ'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 2002 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Bölümü Bilgisayar Öğretmenliğini kazandı. Üniversiteden 2006 yılında mezun oldu. 2006-2013 yılları arasında Milli Eğitim Bakanlığına bağlı okullarda öğretmen olarak çalıştı. 2013 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Antakya Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı ve halen bu görevine devam etmektedir. 2014 yılında Mustafa Kemal Üniversitesinin Enformatik Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı.

