

**ELMA VE KIVI ÇEŞİTLERİNİN
HASADA YÖNELİK ÖZELLİKLERİNİN
SAPTANMASI VE ROBOTLA HASAT
OLANAKLARI
Erhan KAHYA
Doktora Tezi
Tarım Makinaları Anabilim Dalı
Danışman: Prof.Dr.Selçuk ARIN**

2012

T.C.

NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

ELMA VE KİVİ ÇEŞİTLERİNİN HASADA YÖNELİK ÖZELLİKLERİNİN
SAPTANMASI VE ROBOTLA HASAT OLANAKLARI

Erhan KAHYA

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof.Dr.Selçuk ARIN

TEKİRDAĞ-2012

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Selçuk ARIN danışmanlığında, Erhan KAHYA tarafından hazırlanan “Elma ve Kivi Çeşitlerinin Hasada Yönelik Özelliklerinin Saptanması ve Robotla Hasat Olanakları” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makinaları Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof.Dr.Poyraz ÜLGER

İmza:

Üye : Prof.Dr.Selçuk ARIN(Danışman)

İmza:

Üye : Prof.Dr.Salih ÇELİK

İmza:

Üye : Prof.Dr.Ayşegül AKDOĞAN EKER

İmza:

Üye : Doç.Dr.Hüseyin İlker ÇELEN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof.Dr.Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

ELMA VE KİVİ ÇEŞİTLERİNİN HASADA YÖNELİK ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI VE ROBOTLA HASAT OLANAKLARI

Erhan KAHYA

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman : Prof.Dr.Selçuk ARIN

Bu araştırmada, meyve hasatında robotik sistemlerin kullanılması ve sistemin kurulması aşamasında ortaya çıkabilecek sorunların bulunması, çözüm yollarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Araştırma sonucunda robotik meyve hasadında meyvenin fizikomekanik özelliklerinin hasata etkilediği görülmüştür. Ağırlık, yükseklik, genişlik, kalınlık değerleri ve yüzey alanının robotik meyve hasadında en önemli girdi değerleri olduğu gözlenmiştir. Robotik meyve hasadında görüntü işleme tekniklerinin robotik sistemin çalışmasını etkilediği gözlenmiştir. Görüntü işleme tekniği kullanılarak yapılan denemelerde görüntü işleme sonuçlarının robotik hasada doğrudan etkisi olduğu anlaşılmıştır. Robotik hasadın doğru ve hızlı yapılması için görüntü işleme tekniklerinin doğru seçilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Robotik meyve hasadında kullanılan yazılımın sistem ve görüntü işleme ile paralel çalışmasının önemi ortaya çıkmıştır. Yazılım yapılırken robotik sistemin dönüşüm kinematik hesaplarının düzgün hesaplanması, parametrelerin ve sabit değerlerin sisteme tam uygun olarak verilmesi gerektiği gözlenmiştir. Prototip çalışması için hobi tipi robot parçalarının kullanımı kısa ve anlaşılır sonuçların elde edilmesi açısından yeterlidir. Ancak sistemin pratikte daha verimli ve sorunsuz çalışması için

sanayi tipi büyük robotların veya daha güçlü servo motorların kullanılmasının daha uygun olacağı görülmüştür. Meyvenin dal üzerinden kopartılması sırasında koparma işlemini yapacak gripper'ın tasarımının meyvenin fizikomekanik özelliklerine göre yapılması gerektiği görülmüştür. Sistemin çalışmasını sağlayan motorların kuvvetli, kesme işlemin yapacak sistemin uygun olması sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Robotik sistem, görüntü işleme, hasat, kivi,elma

2012 ,154 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINATION OF HARVESTING PROPERTIES OF APPLE AND KIWI TYPES AND ROBOTIC HARVESTING OPPORTUNITIES

Erhan KAHYA

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Machinery

Supervisor : Prof.Dr.Selçuk ARIN

In this study, it is aimed to find the possible problems and determine the solutions in the process of establishing the system and using the robotic systems an fruit harvest.

Here are the results of the study.

According to result of research, it's shown that at the robotic fruit harvest physicomechanical properties of the fruit have an effect on the harvest. Weight, height, width, thickness and surface area are observed as the most important input values at the robotic fruit harvest. It is observed that image processing techniques affect the operation of the robotic system at the harvest. It is understood that using image proceesing technique have a direct effect on the results of the robotic harvest. It is also understood that image processing techniques must be chosen correctly to make the robotic harvest in an accurate and quickly way. It is emerged that the software used in the harvest should be paralel with the system and image processing at the robotic fruit harvest. During the software, it is observed that the conversion of kinematic calculation, parametres and constant values must be put in properly. Using hobby-type parts of robot for the prototype study will be enough for results. However, to make the system work fuctionally, industrial robots and servo engines should be used. It is

also observed that when picking up the fruit from the branch, the gripper, which is used to pick the fruit up, must be made considering the physico-mechanical properties of the fruit. The engines that make the system work should be strong and the cutting system should also be appropriate.

Key words: Robotic systems, image processing, harvesting, kiwi, apple

2012 ,154 pages

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımın planlanması, yürütülmesi ve ortaya çıkarılmasında yardımlarını ve ilgilerini esirgemeyen başta danışman hocam Prof. Dr. Selçuk ARIN'a, Tarım makinaları Anabilim Dalı hocalarım Prof. Dr. Poyraz ÜLGER'e, Prof. Dr. Bülent EKER'e, Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR'e, Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU'na ve diğer Tarım Makinaları Öğretim Üyelerine, Prof. Dr. Salih ÇELİK'e, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu personeli mesai arkadaşlarım Yard. Doç. Dr. Atilla BABACAN'a, Öğr. Gör. Dr. Sinan CENGİZ'e, Öğr. Gör. Hakan MUTLU'ya, Teknisyen Füzuan BALCI'ya, Teknisyen Arslancan DEMİRKIRAN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında kullandığım sistemler için bana yardım eden ROBOMORE ve SICK firmaları çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamın bir bölümünü Namık Kemal Üniversitesi İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı BAP Koordinatörlüğü NKÜBAP.00.24.DR.10.05 nolu Proje kapsamında gerçekleştirmiş olmam dolayısıyla Namık Kemal Üniversitesi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Bana her zaman manevi destekleri ile güç veren eşime, kızıma ve oğullarıma şükranlarımı sunarım.

KISALTMALAR

Real Time Kinematic	RTK
Global Positioning System	GPS
Fiber-Optic Gyro	FGO
Gyroscope	GYRO
Türkiye İstatistik Kurumu	TÜİK
Frame per Second	FPS
Transmission Control Protocol / Internet Protocol	TCP/IP
User Datagram Protocol/ Internet Protocol	UDP/IP
Field Programmable Gate Array	FPGA
Field of View	FOV
Degrees of Freedom	DOF
Food and Agriculture Organization	FAO
Üretim Miktarı	ÜM
Puget Sound Data Systems	PSDs
Switch Mode Power Supply	SMPS

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
KISALTMALAR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL DİZİNİ.....	x
ÇİZELGE DİZİNİ.....	xiv
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Robotların genel yapısı.....	5
1.1.1.Robot kavramı.....	5
1.1.2.Robotlarla ilgili bazı kavramlar.....	8
1.2. Tarımsal uygulamalarda pnömatik kullanımı.....	20
1.3. Tarımsal uygulamalarda vakum kullanımı.....	24
1.4. Tarımsal uygulamalarda görüntü işleme.....	25
1.5.Kivi'nin Türkiye tarımındaki yeri.....	28
1.6. Elma'nın Türkiye tarımındaki yeri.....	30
1.7.Araştırmanın önemi ve amacı.....	30
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	32
2.1.Meyve hasadı üzerine yapılmış robotik çalışmalar.....	32
2.2.Tarımsal ürünlerin hasadı üzerine yapılmış robotik çalışmalar.....	46
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	64
3.1.Materyal.....	64
3.1.1. Vakum jenetörü.....	64
3.1.2. Paralel tutucu.....	65
3.1.3.Kontrol valfleri.....	66
3.1.4. 48 Led`li flaş ünitesi.....	66
3.1.5.2D kamera ve özellikleri.....	68
3.1.5.1. 2D kamera programı.....	72
3.1.5.2. 2D kamera programı araç çubukları için çözüm uygulamaları.....	73
3.1.5.3. 2D kameranın teknik özellikleri.....	75
3.1.6.Robotun yapısı.....	76
3.1.7. Servo motorlar ve özellikleri.....	77

3.1.8.Kullanılan güç kaynakları.....	78
3.1.9.Robotik sistem kontrol kartı.....	78
3.1.9.1.Robotik sistem kontrol kartı işlemcinin yapısı ve özellikleri.....	78
3.1.9.2.Robotik sistem kontrol kartı işlemcinin program yapısı.....	82
3.1.10. Sürmeli kumpas.....	85
3.1.11.Terazi.....	85
3.1.12. El dinometresi.....	85
3.2.Yöntem.....	86
3.2.1.Robot kolun hareket dinamiklerinin hesaplanması.....	87
3.2.1.1.Düz kinematikler.....	87
3.2.1.2.Ters kinematikler.....	88
3.2.1.3.Kullanılan robot kolun kinematik hesapları.....	90
3.2.2.Meyvenin yerinin tespiti yönetim.....	97
3.2.2.1.Görüntü işleme ve kameranın ayarlanması	99
3.2.2.2.Ultrasonic sensör.....	110
3.2.3. Robotik sistem kontrol kartı ile program yazımı yöntemi.....	110
3.2.4.Robotik sistemin çalışma algoritması.....	113
3.2.4.1.Robotik sistemin programı.....	114
3.2.5.Meyvenin fizikomekanik özelliklerinin belirlenmesi.....	123
3.2.5.1. Daldan kopma direncinin belirlenmesi.....	123
3.2.5.2. Meyve boyut ve ağırlıklarının belirlenmesi.....	124
4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	126
4.1.Meyvelerin fizikomekanik özelliklerinin belirlenmesi.....	126
4.2.Meyvelerin koordinatları, bulma ve kesme durumu.....	131
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	137
6.KAYNAKLAR.....	140
EKLER.....	146
Ek-1.....	147
Ek-2.....	148
Ek-3.....	149
Ek-4.....	150
Ek-5.....	151
Ek-6.....	152

Ek-7.....	153
ÖZGEÇMİŞ	154

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnsan kolu ile mafsallı robotun çalışma alanları arasındaki benzerlik.....	6
Şekil 1.2. Açık kinematik zincir	9
Şekil 1.3. Endüstriyel robotların ana parçaları: manipülatör, aktüatörler ve son etkici.	9
Şekil 1.4. Robot bileğinin serbestlik derecesinin gösterimi.....	10
Şekil 1.5. Yaw, pitch ve roll hareketlerinin altı eksenli bir robotta gösterimi.....	10
Şekil 1.6. Manipülatörün parçaları.....	11
Şekil 1.7. Bir robotun görme sisteminin blok diyagramı.....	14
Şekil 1.8. Robot bileğine monte edilen takım ve aparatlar	16
Şekil 1.9. Standard kavrayıcı ve parmakları	18
Şekil 1.10. Mekanik parmak tipi ve kavrayıcılar	19
Şekil 1.11. Universal kavrayıcılar.....	19
Şekil 1.12. İrtem firmasının üretmiş olduğu pnömatrik ekim makinası	22
Şekil 1.13. Pnömatrik budama makası.....	22
Şekil 1.14. Pnömatrik zeytin hasat makinası.....	23
Şekil 1.15. Sistem ucuna takılan aparatlar	23
Şekil 1.16. Pnömatrik pamuk hasat makinası prototipi	24
Şekil 1.17. Robotik kol iç yapısı.....	25
Şekil 1.18. Görüntünün sayısallaştırılması.....	27
Şekil 1.19. Fuji elması için hasat robotu.....	28
Şekil 2.1. Asmalarının torbalanması.....	33
Şekil 2.2. Üzüm hasadı.....	33
Şekil 2.3. Portakal hasat robotu.....	34
Şekil 2.4. Karpuz hasadında robot kullanımı.....	34
Şekil 2.5. Lazerle bulma yönteminin temel alındığı robotik meyve hasadı.....	35
Şekil 2.6. Elma hasadında robot uygulamasında elmaların yerlerinin görüntü işleme sistemi ile tahmin blok diyagramı.....	36
Şekil 2.7. Çilek hasadı için robotik uygulama.....	37
Şekil 2.8.a-b. Robotik ve Mekanik portakal hasadı.....	38
Şekil 2.9.a-b. Robotik çilek hasadı.....	39
Şekil 2.10. Çilek hasat robotu ve yüksek kanallarda çilek yetiştirilen seranın genel görünümü.....	40

Şekil 2.11. Deney görüntüleri.....	41
Şekil 2.12. End-effector'ün hareket yapısı.....	41
Şekil 2.13. Robotik çilek hasat makinası.....	42
Şekil 2.14. Ağır kütleyle sahip ürünlerin robotik hasadı.....	42
Şekil 2.15. Elma hasadında kullanılan görüntü işleme blok diyagramı.....	43
Şekil 2.16. Kivi hasat makinası prototipi.....	44
Şekil 2.17. Meyve algılamasında kullanmak için termal görüntü ve füzyon algılamasının yapılması.....	45
Şekil 2.18. Çilek hasat robotunun (a)genel görünüşü(b)ana yapının detaylı görünüşü	46
Şekil 2.19. Robotik salatalık hasadı.....	47
Şekil 2.20. Robotik domates hasadı.....	48
Şekil 2.21. Robotik lahana makinası.....	48
Şekil 2.22. Cherry cinsi domates için robotik hasat.....	49
Şekil 2.23. Küresel meyvelerin robotik hasadı.....	50
Şekil 2.24. Traktör üzerindeki uygulama.....	50
Şekil 2.25. Başın her iki ucundaki kamera yerleri.....	51
Şekil 2.26. Robotik patlıcan hasadı.....	51
Şekil 2.27. Serada kullanılan robotik salatalık hasat robotu.....	52
Şekil 2.28. Elmaların şeker içerikleri ve dayanıklılıklarının belirlenmesi amacıyla kullanılan sistemin şematik yapısı.....	53
Şekil 2.29. (a)(b) Gidiş ve izleme algoritmaları.....	53
Şekil 2.30. Pirinç ekim makinası.....	54
Şekil 2.31. Robotik salatalık hasadı.....	55
Şekil 2.32. Üç boyutlu algılama sistemi.....	55
Şekil 2.33. Hasat robotun yapısı.....	56
Şekil 2.34. İki küçük dizideki basit yol izlemesi.....	57
Şekil 2.35. Cropscount görüntüsü.....	57
Şekil 2.36. Patlıcan hasadında kullanılan robotun yapısı ve hasat şekli.....	58
Şekil 2.37. Manipülâtörün iç yapısı.....	59
Şekil 2.38. Robot hasat makinası yapısı.....	59
Şekil 2.39. Lazer ışınlarıyla sap kesme robotu.....	60
Şekil 2.40. Robotik salatalık hasat manipülâtörünün kolu ve çizgisel diyagramı.....	60
Şekil 2.41. Robot test istasyonu	61

Şekil 2.42.Deney sistemi.....	62
Şekil 2.43.Robotik salatalık hasat robotunun ürün seçme ve hareket simülasyonu..	62
Şekil 2.44. Otomatik ilaçlama robotu.....	63
Şekil 3.1. Vakum jeneratörü.....	64
Şekil 3.2. Paralel tutucu.....	65
Şekil 3.3. Paralel tutucunun genel yapısı.....	66
Şekil 3.4.Kontrol valfi.....	67
Şekil 3.5. 48 Led’li flaş ünitesi.....	68
Şekil 3.6. 2D kameranın adaptör plakasıyla beraber görüntüsü.....	69
Şekil 3.7. 2D kameranın konnektör bağlantı tipleri.....	69
Şekil 3.8.Monte edilmiş lens.....	71
Şekil 3.9. 2D kameranın programlama yapısı.....	72
Şekil 3.10. Tasarım hesabından sonra oluşturulan robot kol yapısı.....	76
Şekil 3.11. Kullanılan servo motorlar.....	77
Şekil 3.12. Güç kaynağı.....	78
Şekil 3.13. Robotik sistem kontrol kartı.....	80
Şekil 3.14.Robotik sistem kontrol kartı çalışma ekranı.....	82
Şekil 3.15.Arduino duemilanove or nano w/atmega328 ve USB seri port dönüştürücüsünün port4’e kurulması ekranı.....	83
Şekil 3.16.Robotik sistem kontrol kartı programının haberleşme portunun seçimi.	84
Şekil 3.17.Sürmeli kumpas.....	85
Şekil 3.18.Terazi.....	85
Şekil 3.19.El dinanometresi.....	86
Şekil 3.20. N+1 uzva sahip kinematik zincir oluşturan manipülatör.....	88
Şekil 3.21. Stanford arm manipülatör	88
Şekil 3.22. 2 DOF robot kol sistemi.....	90
Şekil 3.23. Yeni parametreler.....	92
Şekil 3.24. Yeni açı parametresi.....	93
Şekil 3.25. 3 DOF robot kol sistemi açı ve eksen yerleşimi.....	95
Şekil 3.26.Kameranın ayarlanma durum uzaklığı.....	98
Şekil 3.27. Robot kolun ilk hareket durumu.....	98
Şekil 3.28.Robot kolun maksimum hareket durumu.....	99
Şekil 3.29.TCP/IP yapılandırması.....	99

Şekil 3.30. 2D kameranın çalıştırılma adımları.....	100
Şekil 3.31. Kameradan alınan ilk görüntü.....	100
Şekil 3.32. Işık ayar sayfası.....	101
Şekil 3.33. Grab setup giriş ekranı.....	101
Şekil 3.34. Grab fonksiyonu ekranı.....	102
Şekil 3.35. If error goto fonksiyon ekranı.....	102
Şekil 3.36. ROI rectangle fonksiyonu.....	103
Şekil 3.37. Stretch gray fonksiyonu.....	103
Şekil 3.38. Stretch gray fonksiyonu alt ekranı.....	104
Şekil 3.39. Shape locator ekranı.....	104
Şekil 3.40. Shape locator alt penceresi.....	105
Şekil 3.41. Koordinat yazma ekranı.....	105
Şekil 3.42. Index'e atama add text ekranı.....	106
Şekil 3.43. Save data block to flash ekranı.....	106
Şekil 3.44. Setup RS485 ekranı.....	107
Şekil 3.45. Write RS485 string.....	107
Şekil 3.46. Display ekranı.....	107
Şekil 3.47. Index tablosu ekranı.....	108
Şekil 3.48. Devices ekranı.....	108
Şekil 3.49. Tanımlı cismin bulunma ekranı.....	109
Şekil 3.50. Robotik sistem kontrol kartından işlemciye giden görüntü ekranı	109
Şekil 3.51. Robotik sistemin çalışma algoritması.....	113
Şekil 3.52. El dinamometresi ile ölçüm yapılması.....	124
Şekil 3.53. Meyvelerin numara verilme şekli.....	124
Şekil 3.54. Ölçümlerin alınması.....	125

Çizelgeler dizini

Çizelge 1.1.Pnömatik sisteminin diğer sistemlerle karşılaştırılması.....	21
Çizelge 1.2. Kivi üretimi yapan ülkelerin miktarları.....	29
Çizelge 3.1. Paralel Tutucunun özellikleri.....	65
Çizelge 3.2. Solenoid valf genel özellikleri.....	67
Çizelge 3.3.Güç giriş konektörünün bağlantı noktaları.....	70
Çizelge 3.4. Ethernet konektörünün bağlantı noktaları.....	70
Çizelge 3.5. RS485 bağlantı + ikinci çıkış (female)bağlantı noktaları.....	71
Çizelge 3.6.2D kameranın teknik özellikleri.....	75
Çizelge 3.7. Servo1 ve Servo2 teknik özellikleri.....	78
Çizelge 3.8. Güç Kaynağı1 teknik özellikleri.....	78
Çizelge 3.9. Güç Kaynağı2 teknik özellikleri.....	78
Çizelge 3.10. Robotik sistem kontrol kartı teknik özellikleri.....	80
Çizelge 3.11. Robotik sistem kontrol kartı programı komutları.....	111
Çizelge 4.1.Kivi için ölçülen değerler.....	126
Çizelge 4.2.Elma için ölçülen değerler.....	126
Çizelge 4.3.Kivi için korelasyon değerleri.....	128
Çizelge 4.4.Elma için korelasyon değerleri.....	130
Çizelge 4.5.Kivi için robot kolun bulma oranı.....	132
Çizelge 4.6. Kivi için robot kolun bulma oranı(t.testi).....	132
Çizelge 4.7. Elma için robot kolun bulma oranı.....	133
Çizelge 4.8. Elma için robot kolun bulma oranı(t.testi).....	133
Çizelge 4.9.Kivi için kesme durumu.....	134
Çizelge 4.10.Elma için kesme durumu.....	134
Çizelge 4.11.Kivi için kesme t-testi.....	135
Çizelge 4.12.Elma için kesme t-testi.....	135

1.GİRİŞ

Tarımda mekanizasyon teknolojik alandaki gelişmeler, kaliteli ürün elde edilmesi, işgücünün azaltılması gibi nedenlerle ülkemizde ve dünyada büyük gelişme içerisinde. Geleneksel üretim tekniklerinin yerini tarımsal mekanizasyon uygulamalarına bırakmıştır. Dolayısıyla üretimin çeşitli aşamalarında ekim, ilaçlama, hasat gibi alanlarda mekanizasyon uygulamaları yaygınlaşmıştır. Teknolojinin ilerlemesi ve bilgisayar teknolojisinin devreye girmesi ile tarım sektöründe de bu tür bilgisayar destekli sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle biçerdöver sistemlerinde tüm işler otomatik olarak yapılmaktadır. Bu gibi sistemler bize robotik tarıma geçişi sağlamaktadır. Robotik tarım hidrolik ve pnömatik sistemler, bilgisayar kontrol sistemleri ve görüntü işleme teknolojilerini kapsayan tarımsal uygulama şeklidir.

Bu tür sistemler her ne kadar akıllı sistemlerde olsa da tüm kodlamaların insanlar tarafından yapılması gerekmektedir. Uygulanacak işleme göre sistem kontrol edici parametreler yardımıyla kodlanması gerekir. İşlerin tek yönlü karmaşıklığını anlayarak insanlar tarafından kodlandığı şekilde makinenin davranması beklenir. Bu davranış şekline robotik sistem davranışı denir.

Robotik sistem davranışı tümüyle insan faktörüne bağlıdır. Yapılacak işlere ait parametrelerin tanımlanmasındaki hassasiyet robotik sistem davranışını etkilemektedir. Verilecek parametre yapılacak işe uygun olmadığı takdirde sistemin çalışmasında gerçekleştirilmesi beklenen sonuç düzgün olmayacaktır. Çevresel etkiler, ürünün özelliği, tarlanın yapısı, hava koşulları değerleri robotik sistem davranışını belirleyen faktörlerdir.

Gerçekleştirilmesi beklenen eylem için tüm giriş ve çıkış sonuçları iyi değerlendirilmez. Gerekli kodlar ve istenen sonuçlar tam olarak kodlanmalıdır. Robotik tarım için kullanılacak diğer yardımcı donanım seçimi de doğru yapılmalıdır. Hangi sistemin gerekli olduğu, bu sistemi hangi kontrolör ile kontrol edileceği ve bunların seçimi sistemin etkin çalışmasını etkileyecek faktörlerdir. Bu tanımlamalar yetersiz ve eksik yapıldığı takdirde yanlış hasat yapılması, tohumun yanlış derinliğe ekilmesi, otomatik sulama sistemiye yanlış zamanlarda çalışması veya yanlış su miktarı bırakması gibi sorunlarla karşılaşılabilir.

Tarımsal uygulamalarda robotik sistemlerin kullanıldığı alanları şu şekilde sıralayabilir (Blackmore ve ark. 2010).

1.Tohum yatağı hazırlama: Çiftçilikte yetiştirme sürecini etkileyen en önemli faktör tohum yatağının hazırlanmasıdır. Tohumun su ve besin alması, köklerinin gelişmesi, sürgünlerin düzgün büyümesi için tohum yatağının en uygun şartlarda hazırlanması gerekir. Robotik sistemler ile tohum yatağı istenen derinlikte ve genişlikte aynı değer olacak şekilde hazırlanabilir.

2.Tohum haritalama: Toprağa ekilen tohumun basit bir kinematik modellemesiyle koordinatlarının hesaplanması sağlanabilir. Bu yöntemin kullanılmasının faydası ekim sırasında tohumların düzgün dağılımlarının kontrolü yapılması sağlanır.

Tohum haritalama üzerine yapılan araştırmalardan biri olan şekerpancarı ekimi sırasında ekim haritalamasının çıkartılması projesinin amacı, hassas bir ekme makinası ile tohumun pozisyonunu yüksek doğruluk ile değerlendirerek ekim haritasını çıkarmaktır. Ayrıca hassas tarım uygulaması ile tarımsal ürünlerin bakımının sağlanması amaçlanmıştır. Araştırmacılar şekerpancarının haritalanmasında Optik Bir Gerçek Zamanlı Kinematik Küresel Konumlandırma Sistemi (RTK GPS) kullanmışlardır. 16-43 mm. tohum haritalama gerçekleştirmişlerdir (Griepentrog ve ark. 2005).

3.Tohum Yerleştirme: Ekimi yapılacak tohumların , ekim sahası içinde aynı derinlikte ekilmesi robotik sistemler vasıtasıyla sağlanabilmektedir. Ekim sırasında tohumların belli yerlerde kümeleşmesi kontrol altına alınabilmektedir. Ayrıca bu tür sistemler ile özellikle fide ekimlerinde sıradüzenleri daha düzgün olması sağlanabilmektedir.

Tohum yerleştirme için yapılan araştırmada robotik ekim makinası düzeneği ile traktör üzerinde yerleştirilen Gerçek zamanlı Global Kinematik System (RTK-GPS) ile sistemin hareket etmesini sağlamıştır. Aynı düzenek üzerindeki ekim sistemi ile tohumların ekiminin yapılması sağlanabilmiştir (Christensen S. 2005).

4.Yeniden Tohumlama: Ekili alan içindeki ekim yapılmamış alanların yeniden ekimin yapılması robotik sistemler ile gerçekleştirilmektedir. Özellikle fide ekimlerinde kullanılmaktadır.

Bu alanda yapılan araştırmada RTK-GPS ve FOG yardımıyla otomatik pirinç fidesi ekim makinesi yapılmıştır. Bu makine ile küresel GPS sistemi ile pozisyon belirleyip, fiber optik gyro sensör yardımıyla ekimi uygulamışlardır. Ekim aralığını 10 cm. olarak ekimi gerçekteştirmişlerdir (Nagasaka ve ark. 2002a).

5.Robotik ayıklayıcılar: Yabani otların konumlarını bulmak için kullanılmaktadır. Ekim alanlarındaki ürünler içinde bulunan yabani otların populasyon dağılımlarının görüntü işleme teknolojisiyle bulunmasıdır. Bu sistemler ile yabani otların ekilen bitkilere zarar vermeden kırılması sağlanmaktadır.

Robotik ayıklayıcı üzerine yapılan araştırmada yılbaşı ağacı için otomatik zararlı bitki biçme makinası yapılmıştır. Bu çalışmada, ağaç pozisyonları ve tarla sınırları haritalanmış rota planı kullanılmışlardır. Rotanın yüksek doğruluk RTK-GPS ile kontrolü yapılmıştır. Belirlenen rota içindeki ağaçlara zarar vermeden tüm yabani otları kesmişlerdir (Blackmore ve ark. 2004).

6.Mikro püskürtme: Bu sistem ile yerleri belirlenmiş yabani otların ilaçlanması işlemi yapılmaktadır. Robotik sistem diğer ekili bitkilere ilaçlama yapmadan belirlenmiş alanların ilaçlanması sağlanmaktadır.

Mikro püskürtme üzerine yapılmış olan araştırma ile otomatik ilaçlama makinası prototipi gerçekteştirilmiştir. Sistemlerinde bitki tanıma , mikro dozajlama ve özerk robotik sistem birleştirilmiştir. Görme sistemi ile bitkinin tanınması , özerk robot sistemi ile hareket, mikro dozajlama sistemi tespit edilen nesnelerin ilaçlanması yapılmıştır (Lund ve ark. 2006).

7.Yabani ot haritalama: Görüntü işleme ile tarladaki ürünler arasında bulunan yabani otları ve zararlı bitkilerin haritalaması yapılabilir. Bu sistem ile yabani ot ve zararlı bitkiler için mücadele daha etkin bir şekilde yapılmaktadır.

Yabani ot haritalama üzerine yapılmış olan araştırma ilkbaharda arpa bitkisi ekim alanı içindeki yabani otların tahmini üzerinedir. Üç farklı arazide 12, 24 ve 36 cm. sıra aralığı uygulanmıştır. Üç farklı arsa her biri 45 parsel olacak şekilde ayrılmıştır. Her tarla yabani ot için referans sistemi oluşturmuştur. Referans olarak her arsa iki yarıdan oluşmuş, bitki olan ve olmayan şeklinde ayrılmıştır. Yabani ot için referans olarak yoğunluğu almıştır. Görüntü

işleme ile yabancı ot tanımlanmış, karşılaştırma için seçilen alan içindeki otlar el ile toplanıp görüntü işleme ile elde edilen sonucu karşılaştırmıştır (Pedersen 2001).

8.Robotik sulama: Bu tür sistemler ile ekim alanlarının sulanmasında tanımlanan alanların istenen oranda ve zamanda sulanması mümkün olmaktadır.

Robotik sulama üzerine yapılmış olan araştırmada sulama sistemlerinin kontrolü için sistem kurulmuştur. Oluşturulan bu sistem ile doğru zamanda doğru miktarda sulama yapmayı sağlamıştır. Bu çalışmada sulama sisteminin tüm kontrolü bilgisayar sistemi ile yapılmıştır. Toprak içindeki sensörler vasıtasıyla toprak içindeki su oranı ölçülmüş, alınan bu verilere göre sulama sistemi çalıştırılmıştır. Yapılan bu çalışma ile belirlenen alanların doğru zamanda ve uygun miktarda sulanması sağlanmıştır (Zazueta ve ark. 2008).

9.Seçici Hasat: Hasat sırasında belirtilen kriterlere göre hasat yapılmasına olanak veren sistemlerdir. Sebze ve meyve için boyut, şekil, renk gibi olgunluğu belirleyen kriterler baz alınarak yapılmaktadır. Temel yaklaşım görüntü işleme ve işlem sonuçlarının gerçek zamanlı olarak değerlendirilip hasadın yapılmasıdır.

Seçici hasat sistemleri üzerine yapılmış olan bir araştırmada gül hasadı için otomatik hasat makinası geliştirilmiştir. Sistemde gülün rengine göre seçim yaparak hasadı yapılmaktadır. Gerçek zamanlı görme sistemi ile çalışan makine rengi tanımlanan gül dal üzerinden kopartılarak hasadını sağlamaktadır. Sistem içinde iki adet CCD kamera kullanılmıştır. Kameralardan gelen görüntünün işlenmesiyle sistem kontrolü yapılmıştır (Kohan ve ark. 2011).

Yukarıda belirtilen sistemler için önemli olan nokta arazideki toprak ve bitki ile ilgili bilgilerin ve verilerin doğru toplanmasıdır. Çünkü toplanan veriler ve bilgilerin işlenmesi sonucunda robotik sistemlerin hareketi sağlanmaktadır. Veri toplamasında; konum belirleme sistemleri ile arazinin koordinatları bulunarak robot bu koordinat üzerinden hareket ettirilmektedir. Verim sensörleri ile ürün verim durum bilgileri alınmaktadır. Toprak sensörleri ile toprağın mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili bilgiler toplanmaktadır. Bitki sensörleri yardımıyla bitki sıcaklığı, bitki yüksekliği ölçümleri yapılmaktadır. Yabancı ot sensörleri ile tarladaki yabancı otların belirlenmesi sağlanmaktadır. Sayılan tüm sistemler ile robotik tarımda doğru verinin alınması ve işlenmesi yapılabilmektedir.

Robotik tarım sistemleri birçok teknolojiyi kullanmaktadır. Birçok teknolojik dalın gelişimiyle sıkı bir bağı olan ve özellikle çevreci bir yaklaşımdır. İlaç kullanımı, gübreleme, sulama ve hasat daha hassas yapılabilmektedir. Robotik tarım ile çevreye daha duyarlı bir tarım gelişmektedir. Tarımda en fazla gider enerji tüketimidir. Enerji tüketiminin daha az olması sağlanmaktadır. Uygulamalar yapılırken tüm ekili alanlara yapılmamakta sadece belirli alanlara uygulandığından dolayı daha az enerji tüketimi sağlanabilmektedir.

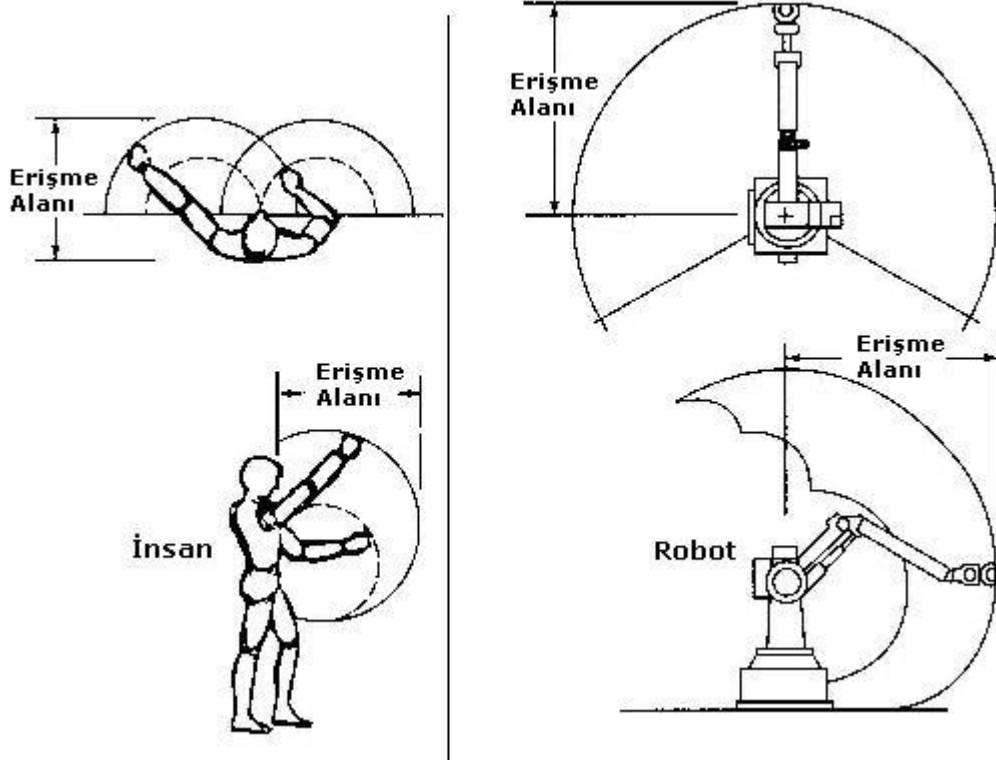
Tüm bu çalışmalar sonucunda tarımda daha etkin ve daha az güç ile daha fazla üretim yapılması sağlanabilmektedir. Çevreye duyarlı bir tarım dünyanın daha az kirlenmesine imkan sağlayabilmektedir. Güler ve ark.(2005) yılında belirttiği gibi tarımsal kalkınma “Doğru Uygulamaları, Doğru Zamanda, Doğru Yere Yapmakla” sağlanabilmektedir.

1.1.Robotların Genel Yapısı

1.1.1.Robot Kavramı

Robotlar, günümüz endüstrisi için çok öneme sahip elemanlardır. Endüstri içinde çok farklı görevler üstlenmişler ve yaptıkları işleri hassas bir şekilde yapmaktadırlar. Tanımlanan işleri ,insana ihtiyaç duymadan güvenilir ve hassas bir şekilde gerçekleştirmektedirler. Ancak işe uygun robot geliştirmek ve üretmek oldukça maliyetlidir. Bundan dolayı, robot gelişiminin başladığı 1980’li yılların ortasına kadar robot yapan firmaların çoğu varlıklarını sürdürememişlerdir. Diğer taraftan, endüstriyel robot yapan firmalar, bugün bile varlıklarının sürdürmektedirler. Endüstride binlerce robot olmasına karşın hala işçilerinin yerini tam olarak dolduramamıştır. İnsan faktörü, endüstride varlığını devam ettirmektedir.

Robot denildiği zaman akla ilk gelen insan gibi düşünen ,karar veren ,insan davranışlarını ve hareketlerini taklit eden makineler gelmektedir. Robotların gelişimi ve tasarlanması, canlıların yaşama uyum sağlamak için geliştirdikleri karakteristiklerden ilham alınarak yapılmaktadır. Buna verilecek en güzel örnek, robot kolun çalışma alanı ile insan kolunun çalışma alanları arasında benzerliktir. Şekil 1.1 ‘de insan kolu ile robot kolun çalışma alanları arasındaki benzerlik gösterilmiştir.



Şekil 1.1. İnsan kolu ile mafsallı robotun çalışma alanları arasındaki benzerlik (Anonim 2012a)

Robotun tanımını Robot Institute of America-RIA tarafından verilmiş olan şekliyle şöyle yapılabilir, “Robot , bir dizi verilen görev çerçevesinde çeşitli programlanmış hareketler ile materyalleri , parçaları , aletleri veya özel donanımları hareket ettirmek için tasarlanmış programlanabilir çok işlevli manipulatördür.”

Robotun bir başka tanımına göre “Robot, bir kaide üzerinde en az bir kol ve tutma organı bulunan, hareketlerini pnömomatik, hidrolik veya elektrik motorları ile yapan, elektrik sensörleri ve basınç algılayıcıları ile donatılmış programlanabilir bir manipulatördür” (Anonim 2012b).

Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırılması ISO 8373 standardında verilmiştir. Bu standartta göre robot; “Endüstriyel uygulamalar için kullanılan üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan otomatik kontrolü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit veya hareket edebilen birden fazla motorlu makine veya el aletine robot denir” şeklinde tanımlanmıştır.

Yukarıdaki tanımlara bakıldığında robotlar; yeniden programlanabilen, temel işleri yapabilen, kontrollü-mekanik aygıtlardır. Temel olarak bir robotun taşıması gereken özellikler şunlardır;

1. İşlem yapma kabiliyeti: Yapması beklenen işi, fiziksel veya sanal olarak yerine getirmelidir.
2. İşlemin sonucunu belirleme kabiliyeti: Yapması beklenen işi yaptıktan sonra sonucunu belirleyebilmelidir.
3. Karar verme kabiliyeti: Yapması beklenen işin sonucuna göre veya dış etmenlere göre bir hüküm verebilmelidir.

İşlem yapma, işlemin sonucunu belirleme, karar verme yetisi olan her sisteme robot diyebiliriz. Ama robotlar insanın yapabildiği tüm yetileri yapabilme kabiliyetleri olsa da bu kabiliyetleri taklit etmektedir. Robotlar nasıl programlanırsa veya hangi işe göre yetiler verilirse sadece bu işleri yerine getirirler.

Robot tasarımı yaparken robot için gerekli olan ana parçaları şu şekilde sıralanabilir:

1. Manipülatör: Bu yapı içinde hareket serbestliğini sağlayan bir kol, el becerisini sağlayan bir bilek ve tanımlanmış görevin tamamlanmasını sağlayan sonlandırıcıdan (end-effector) oluşmaktadır.
2. Hareketlendiriciler: Robotun eklem hareketini sağlayan motorlardan oluşmaktadır.
3. Algılayıcılar: Robotun çalışması sırasında dışarıdan gelen uyarıları kontrol eden sensörlerden oluşmuştur.
4. Kontrol sistemleri: Robotun tüm hareketlerini kontrol eden ve yöneten sistemdir.

Robotların sınıflandırılmasında ise değişik ülkelerde değişik sınıflandırmalar yapılmaktadır (Börklü 2007). Bunlar;

Japon Endüstriyel Robot Birliği (JIRA) 'ne göre sınıflandırma:

1. Sınıf 1: Tüm kontrolleri elle bir operatör yardımıyla yapılan robot sınıfıdır.
2. Sınıf 2: Tüm tanımları önceden yapılmış ve değişmeyen bir sıra ile işleri yapan robot sınıfıdır. Görevlerin değiştirilmesi zordur.

3. Sınıf 3: Tüm tanımları önceden yapılmış ve değişmeyen bir sıra ile işleri yapan robot sınıfıdır. Görevlerin değiştirilmesi kolaydır.
4. Sınıf 4: İnsan hareketlerini bir operatör yardımıyla taklit eden ve bunları hafızasına kaydeden robot sınıfıdır.
5. Sınıf 5: Oluşturulmuş bir program ile hareket eden robot sınıfıdır.
6. Sınıf 6: Çevresindeki değişiklikleri algılayabilen , yorumlayabilen ve hareketlerinin buna göre değiştirebilen robot sınıfıdır.

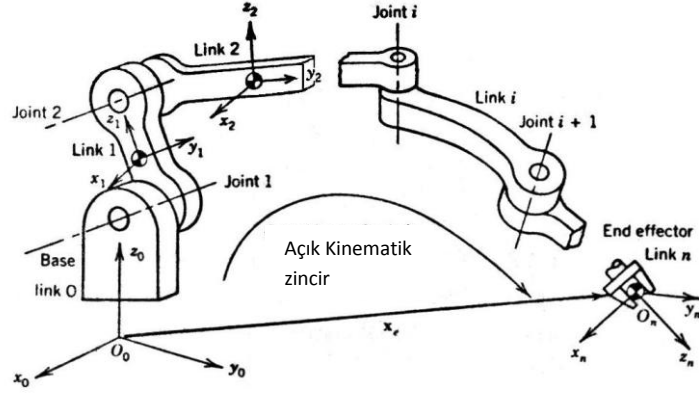
Amerikan Robot Enstitüsü (RIA)'ne göre bu sınıflandırma yukarıda sayılan robot sınıflarında sadece 3. ve 6. sınıfları robot olarak kabul etmektedir.

Fransız Robot Enstitüsü (AFR)'ne göre sınıflandırma:

1. A Türü: Hareketleri insanlarla kontrol edilen robot sınıfıdır.
2. B Türü: Hareketleri önceden belirlenmiş adımlara göre yapan robot sınıfıdır.
3. C Türü: Hareketleri bir program vasıtasıyla yapılan motor kontrollü noktadan noktaya hareket edebilen robot sınıfıdır.
4. D Türü: Özellikleri C sınıfı ile aynı olmasına karşın çevresinden bilgi derleme kabiliyetine sahip robot sınıfıdır.

1.1.2.Robotlarla İlgili Bazı Kavramlar

Robot kol uzuvların mafsallar yardımıyla birbirlerine seri olarak bağlanması ile oluşan açık kinematik zincir mekanizmasıdır. Robotu oluşturan parçalar, temelden başlayarak numaralandırılırlar. Bu sıralamada, başlangıç, temel sıfırıncı uzuv (kol) sayılmaktadır. Şekil 1.2. 'de her mafsallın birbirini takip eden iki uzuv arasında bağlantıyla sağlandığı gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere i nolu mafsalsal, $i-1$ ve i nolu uzuvları bağlamakta ve i nolu uzvun hareketini i nolu mafsalsal sağlamaktadır.



Şekil 1.2. Açık kinematik zincir (Gümüsel 2007).

Her uzvun dönme veya öteleme hareketleri, o uzvun mafsalındaki tahrik eden sürücü tarafından sağlanmaktadır. Mafsalların isimlendirilmesi, tahrik ettiği uzvun yaptığı hareket türüne göre verilmektedir. Örneğin doğrusal öteleme hareketi yapan mafsal prizmatik mafsal olarak tanımlanır ve P harfiyle temsil edilir. Mafsal değişkeni ise d ile temsil edilir (Gümüsel 2007).

Robot kollar birçok parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar insan kolunu taklit etmekte ve yapısal olarak benzemektedir. Robotların sınıflandırmalarına, kinematiğine girmeden önce bilinmesi gereken bazı kavramlar aşağıda verilmiştir. Bunlar;



Şekil 1.3. Endüstriyel robotların ana parçaları: manipülatör, aktüatörler ve son etkici (Börklü 2007).

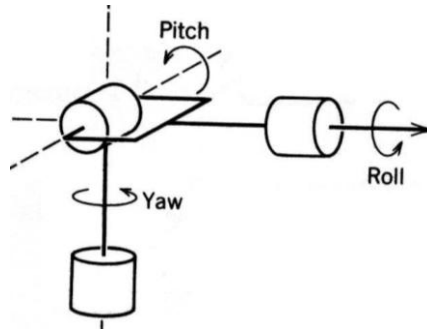
1.End Effector(Son Etkici)

Şekil 1.3’de gösterildiği gibi, end-effector bir manipülatörün son bağlantısına (eline) birleştirilen parçanın adıdır. Görevi nesnelere tutmaktır. Robot imalatçıları genelde end-

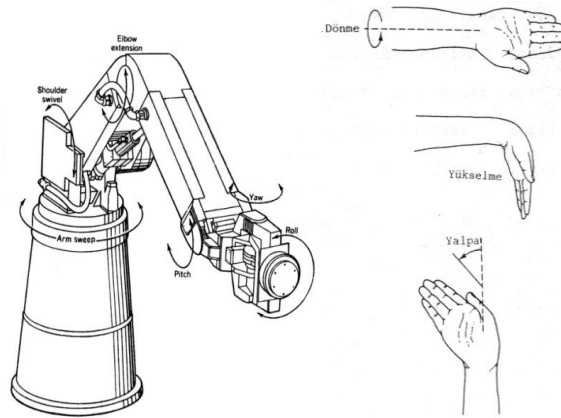
effector'ü tasarlama veya satma işini yapmazlar. Genelde bu tür firmalar, basit bir tutucu verirler. Sebebi end-effector özel olarak yapılacak işlere göre tasarlanmasındandır. Bir robota ait son etkili tasarlama ve kurma, bunun çalıştırılması yapılacak işe göre değiştiğinden, firma için özel tasarlanır. Bir kaynak ucu, bir boya fişkırtma tabancası, bir yapıştırıcı (zambk) yayma cihazı ve bir parça tutucu bu özel tasarımlara örnek olarak verilebilir. End-effector'ün hareketleri bir robot kontrolcüsü tarafından ya da kontrol edici uzaktan kumanda cihazı ile yapılır.

2.Bilek

End-effector bir bilek ile mafsalla kola bağlanır. Bileğin fonksiyonu end-effector ile çalışma alanı içerisindeki iş parçasını, aleti kavrayabilecek şekilde uygun yönlendirmeyi verebilmektir. Bileğin üç serbestlik derecesi vardır. Bunlar; Yaw (yalpa hareketi), pitch (yükselme hareketi) ve roll (dönme hareketi)'dir. Şekil 1.4 ve Şekil 1.5 'de bu hareketler temsili olarak gösterilmiştir.



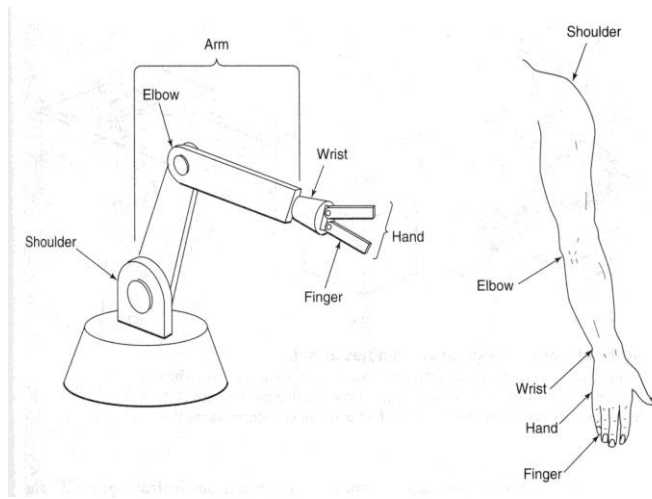
Şekil 1.4. Robot bileğinin serbestlik derecesinin gösterimi(Gümüşel 2007)



Şekil 1.5. Yaw, pitch ve roll hareketlerinin altı eksenli bir robotta gösterimi(Gümüşel 2007)

3.Kol

Kolun görevi, end-effector 'le bileğin çalışma alanı içerisinde iş parçasına ulaşmasını sağlamaktır. Robot içinde en az iki kol bulunur. Bu kollar mafsallarla birbirine bağlanır. Temel sıfırcı uzuv (kol) kabul edildiğinden, ilk kol omuz mafsalı ile temele bağlanır. Bağlanan kola 'Upper Arm' da denilmektedir. İkinci kol dirsek mafsalı yardımıyla birinci kola bağlanır. Lower arm veya forearm olarak da bilinen ikinci kola şekil 1.6' da gösterildiği gibi bilek mafsalı kullanılarak robot ele bağlanmıştır. Şekil 1.6'daki robot mafsallarda sadece dönme hareketi yapan revoluted (döner) robota örnektir. Şekilde gösterilen mafsallar, kayar mafsal da olabilmektedir (Gümüşel 2007).



Şekil 1.6. Manipülâtörün parçaları(Gümüşel 2007)

4.Temel

Robotun destek ünitesine verilen isimdir. Bir eksen etrafında dönerek, bir çalışma alanı içerisinde robotun kullanılmasını sağlar. Temel sabit olabileceği gibi hareketli robotların sabitlendiği araç (vehicle) vasıtasıyla çalışma hattında hareket yaparlar.

5.Güç kaynağı

Robotun her eklemi bir hareket elemanıdır. Kolu ve bileği hareket ettiren elemanlara ek olarak çeşitli kavrayıcılar için hareket elemanlarına ihtiyaç duyulur.

Robotun hareketi elektrikli, pnömatik veya hidrolik güç birimlerinden biri tarafından sağlanır. Elektrik güç birimleri pnömatik veya hidrolik güç birimleriyle beraber kullanılır.

Endüstriyel robotların yaklaşık % 30' unda pnömatik, % 20' sinde elektromekanik güç birimleri ve hareket elemanları kullanılmaktadır. Bu tür elemanlar genellikle küçük veya orta boy robotlarda kullanılır. Büyük robotlar için en uygun sistemler hidrolik sistemdir. Hidrolik silindir ve motorlar hassas bir denetimle yüksek kuvvet ve güçler uygulayabilmesinden dolayı büyük robotlarda kullanılır. Elektromekanik sistemlere servor motorlar, adımlı motorlar, doğrusal ve döner solenoidler örnek olarak sayılabilir. Pnömatik sistemler ucuz, az bakımlı fakat basit ve hafif işler için uygun olmasına karşın sistemin konum ve hız denetimi yapılması zordur.

6.Tekrarlanabilme

Bir robotun tekrarlanabilme özelliği, insanın yerine istihdam edilecek bir robotun belirli toleranslar dahilinde sürekli olarak aynı hassasiyet ve kalitede üretim yapması derecesine bağlıdır.

7.Elle Kontrol

Robotun yeni bir görev için eğitilmesi teaching pendant ile yapılır. Bu yöntem ile robotun eklem motorları elle tutulan bu kumanda aleti vasıtasıyla sürülerek yeni bir görev için yapacağı işlemler dizisinin belleğe aktarılmasını sağlar. Belleğe aktarılan bu hareket daha sonra robot tarafından otomatik olarak tekrarlanır.

8.Kontrol ünitesi

Kontrol ünitesi, insan vücudundaki beyinciğe eşdeğer bir çalışma yapısı gösterir. Kontrol ünitesinin çalışması, bilgisayardan verileri alınması ile başlar. Sonraki adım Aktuatör'ün hareketlerinin kontrol edilmesi ve bu hareketlerin sensörler yardımıyla geri besleme bilgisini koordine etmesidir. Daha karmaşık robotlarda, robotun uyguladığı hız ve kuvvetler kontrol ünitesi yardımıyla kontrol edilir.

9.Otomatik Kontrol

Robotun belleğine depolanan komutların, sırayla uygulanarak görevini dışarıdan hiçbir müdahale olmadan yapmasıdır. Otomatik Kontrol olmaksızın robot sadece uzaktan kumandalı bir cihaz olacaktır.

10.Sensörler

Sensörlerin görevi, robotun iç durumu hakkında bilgi vermek ve dış ortam ile iletişim kurmaktır. Robot kontrol üniteleri, robota ait her bağlantının nerede ve ne durumda olduğunu bilmek ister. Robotta yer alan sensörler yardımıyla her bağlantı veya uzuvdan kontrol ünitesine bilgi gönderir. Gönderilen bu sinyaller, robotun konfigürasyonunu ve durumu hakkında bilgi verir. Robotların görme sistemi, dokunma ve elle hissetme sistemleri sensörler yardımıyla yapılır. Bu şekilde robotlar, dış dünya ile iletişim kurmaları sağlanır.

11.Yakınlık Ölçen Sensörler

Yakında bulunan nesnelere algılanmasında kullanılan sensör çeşididir. Yakınlık sensörlerinin kullanılabilmesi için aşağıda verilen özelliklerden birinin yerine getirilmesi gerekmektedir.

- 1- Nesnenin doğası gereği sinyal göndermesi
- 2 - Nesneye bir verici yerleştirilmesi
- 3 - Nesneye bir sinyalin gönderilip nesneden yansıyan sinyalin alınması

Yakınlık ölçen sensörlerin iki çeşit algılama metodu vardır. Bunlar;

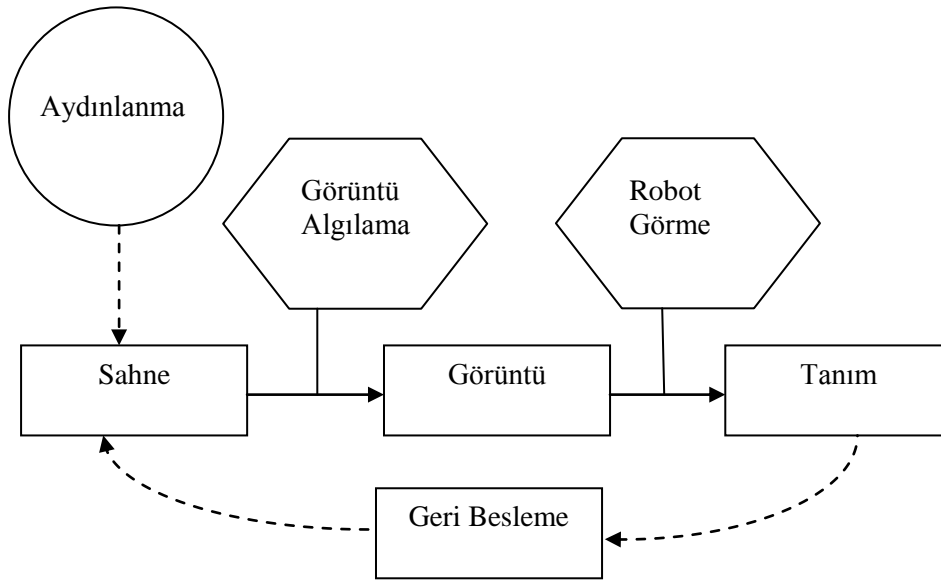
1.Ultrasonic Mesafe Algılama

Ultrasonic mesafe algılaması, ultrasonic seslerin mesafe algılama uçuş zamanı prensibine göre yapılmaktadır. Çalışma prensibi emitörün ürettiği ses sinyalinin havada ilerleyerek bir nesneye çarpması ve geri dönen sinyalin dedektör tarafından alınması şeklindedir. Zaman ölçümü emitörün sinyal üretmesiyle başlar; sinyalin dedektöre geri dönmesiyle biter. Aradaki zaman farkı ve sesin havadaki hızı, sinyalin çarptığı nesnenin sensöre uzaklığını verir.

Mesafe algılamadaki bu yöntemde en önemli nokta açıdır. Bunun sebebi sinyalin çarptığı yüzeye olan açısı yansıyan sinyalin dedektöre gidip gidemeyeceğinin belirlemesidir. Açının yüzeye sinyal arasında 90 derecelik bir açı yapması sonucun doğru çıkmasını sağlar. Eğer açının daha küçük olması durumu varsa, bu sorun, dedektörün çapının büyütülmesi ile çözülür.

2.Robot görmesi

Robot görmesinde kameralar sensörler gibi kullanılarak sağlanır. Kameralar insan gözünün biyolojisini temel alan bir kopyadır. Kameraların çalışma prensibi; objeden yansıyan ışığın lens tarafından toplanıp görüntü aygıtına (CCD veya pickup) toplanan ışığı odaklanmasıdır. Görüntü aygıtı, ışığı video sinyaline dönüştürür. Bu sinyal daha sonra tekrar işlenerek ekran görüntüsü oluşturulması şeklindedir. Yapılan bu işlemler sırasında görüntü işleme teknikleri kullanılır. Aşağıdaki şekil 1.7’de blok şemasında bir robotun görme işleminin yaparken kullandığı adımların blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 1.7. Bir robotun görme sisteminin blok diyagramı(Kaynak ve ark. 1993)

12.İşlemci

İşlemci, robotun merkezi işlem birimidir. Robot bağlantı hareketlerinin hesaplanması, istenen konum ve hızlara ulaşması için her bağlantının ne kadar hangi hızda hareket etmesi

gerektiğinin belirlenmesi ve kontrol ünitesi ile sensörlerin eş güdümlü hareketlerini önceden saptanması görevlerini yerine getirir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için bir işletim sistemine, programlar, monitör gibi bazı donanımlara gerek duyulur.

13.Yazılım

Robotlarda yazılımı üç grupta incenir. İlki; iletişim sistemi ve bilgisayarı çalıştıran yazılım. İkincisi dinamik denklemlere dayalı her robot bağlantısı için gerekli hesapları yapabilen yazılım. Hesaplamaları kontrol birimine gönderilir. Son grup, alt programlar ve uygulama programları toplamından oluşur. Görüntü alt programları veya özel görevleri icra gibi robot donanımlarını kullanmak için geliştirilmiş yazılımlardır (Börklü 1996).

14.Emniyet Kilidi

Robot kolun çalışma alanı içersinde ulaşmaması gereken noktalara istem dışı veya kazara ulaşmasına engelleyen sistemdir. Amacı, robotu kullanan operatörün zarar görmemesidir. Mekanik elin iş parçasına, tezgaha takılmaması veya tuttuğu parçaları aşırı zorlamaması için emniyet kilit tertibatı kullanılmalıdır.

15.Çalışma Hızı

Kol, bilek, gripper gibi parçalardan oluşan robotun çalışma hattında insan yerine kullanılacağı için bir insanın çalışma hızı kadar hızlı olmalıdır.

16.Bilgisayar İletişimi

Robotların kontrolünde bilgisayarlardan geniş ölçüde yararlanır. Çeşitli iş türlerine göre hazırlanmış özel programlar depo bilgisayarlar yardımıyla depo edilir. Robot yeni iş için eğitilerek tanımlanmış konum toleranslarında işi yapması sağlanır. Bunların gerçekleşmesi için konum bilgilerinin bilgisayara depo edilmesi gereklidir.

17.Güvenirlik

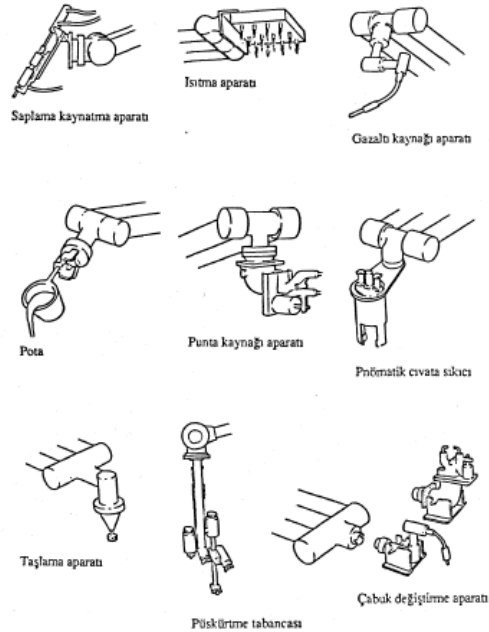
Güvenirlik, bir robotun hatasız parça üretme, iş yapma yeteneğini kapsar. Bazı kaynaklara göre güvenilirlik, aynı türden hatalı iki ürün arasında geçen çalışma süresinin 400 saat olması şeklinde tanımlanır (Gümüsel 2007).

18.Kolay Bakım

Robotun çalışma anında robotun parçalarında oluşacak kırılmalar kolay değiştirilmeli ve bakımı yapılacak aksama kolay ulaşılabilir. Bakım sırasında bakımı kolaylaştırmak için hata tespiti yapan programlar kullanılmalıdır.

19.Takım ve Aparatlar

Robotların takım ve aparat kullanabilmesini sağlamak için bu tür donanımların robotun bileğine monte edilmesi gerekmektedir. Bir işlem için kullanılacak birden fazla takım varsa bunların hızlı bir şekilde değiştirilebilir olması gereklidir. Robot gereken işleme göre seçimi kendisi yapmakta ve uygun takım veya aparatı bileğine bağlamaktadır. Şekil 1.8' de bu tür takım ve aperlara örnekler gösterilmiştir (Arıkan 1996).



Şekil 1.8. Robot bileğine monte edilen takım ve aparatlar(Arıkan 1996)

20.Kavrayıcılar

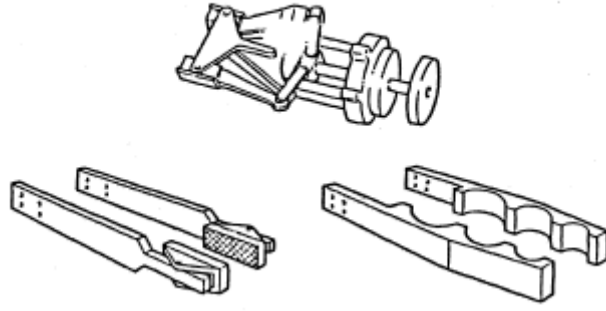
Kavrayıcıların robot bileğine bağlanmış görevi, robotun bir işlem yaparken kullanılacak parçayı yakalaması, tutması ve işlem bitiminde bunları bırakan parçalardır. Çalışması hidrolik, pnömatik veya bir motor tarafından verilen hareketi, kavrama hareketine çevirerek gerçekleşir. Kavranacak malzemenin özelliklerine göre değişen kavrama yöntemleri ve kavrayıcılar vardır. Bunlar;

1. Mekanik parmak tipi kavrayıcılar,
2. Kancalı kavrayıcılar,
3. Taşıma platformları,
4. Kepçe ve potalar,
5. Manyetik kavrayıcılar,
6. Vakumlu kavrayıcılar,
7. Yapışkan parmaklı kavrayıcılar,
8. Universal kavrayıcılar.

İmalatta kullanılan iki ya da üç parmaktan oluşan, ancak küd parmaklı yapıya sahip çeşitli parmak tipi kavrayıcılar vardır. Bunların hareketi için kol, dişli, kam mekanizması, vida veya makara-ip kullanılır.

Standard kavrayıcıların en önemli özellikleri ucuz ve çok amaçlı olmalarıdır. Bu kavrayıcılara, kavranacak iş parçasının şekline göre değişik parmaklar monte edilebilir. Kaldırma güçleri orta ağırlıktaki parçalar ile sınırlıdır. Mekanizma tasarımı parmaklar kapandığı zaman, iş parçasına en büyük kuvveti etki edecek şekildedir. Düz yüzeyli parçaların kavranmasında kendiliğinden hizalanan parmaklar yaygın olarak kullanılır. Parmak değiştirmeden, değişik ölçülerdeki iş parçalarını yakalamak için düzeneği olan mekanizmadır. Standard kavrayıcı ve parmakları Şekil 1.9 'da, mekanik parmak tipi kavrayıcılar için bazı örnekler Şekil 1.10 'da gösterilmiştir.

Kancalı kavrayıcıların çalışması, iş parçası üzerindeki uygun kısımlara kancanın takılmasıyla olmaktadır. Tozlar, küçük taneli malzemeler, sıvılar ve ergimiş metal taşımak için kepe ve potalar kullanım şekillerine örnektir (Arıkan 1996).

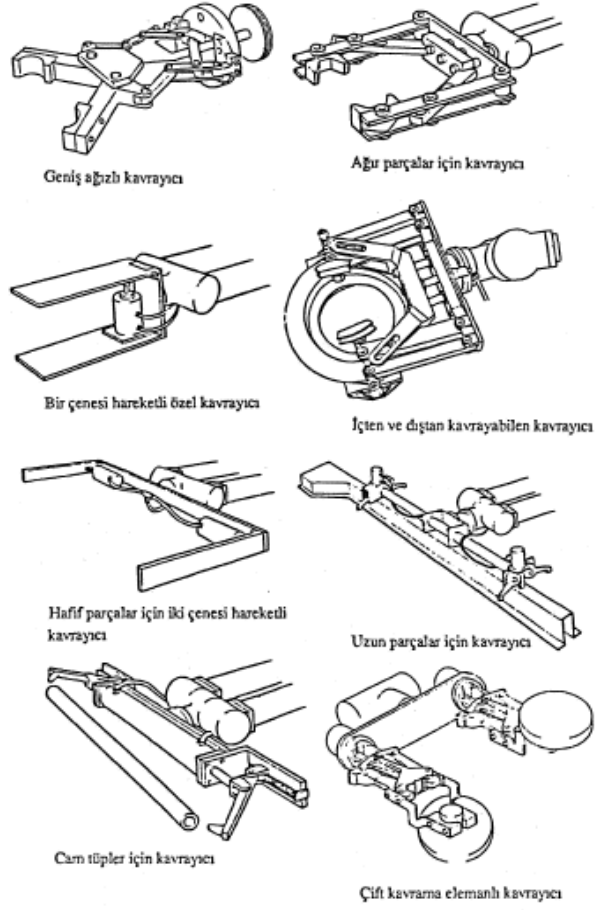


Şekil 1.9. Standard kavrayıcı ve parmakları (Arıkan 1996).

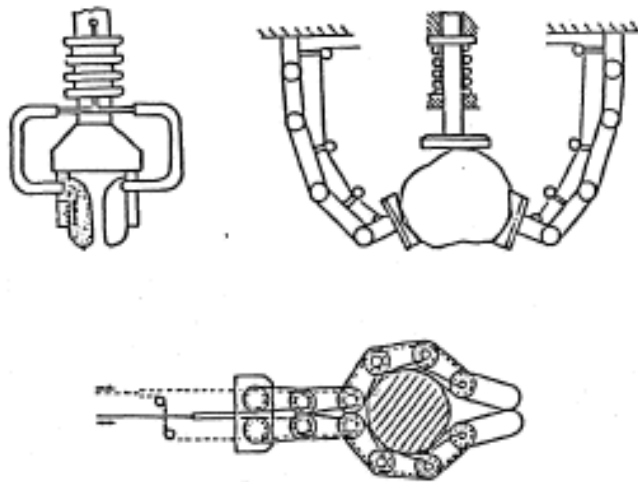
Demir malzemenin manipülasyonu için manyetik kavrayıcılar çok önemlidir. Bu iş için elektromıknatıslar veya sabit mıknatıslar kullanılır. Patlama tehlikesi olan işlerde ise sabit mıknatıslar kullanılmalıdır. Manyetik kavrayıcılar kullanıldığında, iş parçasının konumlandırılmasının hassas ayar yapılmasına gerek yoktur. Kavrama işlemi de bir anda olduğundan oldukça fazla zaman kazanılması sağlanır.

Düz yüzeyli ve manyetik kavrayıcılarla yakalanamayan parçalar, vakumlu kavrayıcılar tarafından yakalanabilir. Küçük ve hafif parçaların yakalanması için vakum pompasına gerek yoktur. Vakum elde edilmesi, küçük vakum pabuçlarının içinde havanın sıkıştırılıp, dıştan bırakılması ile yapılır. Büyük ve ağır parçanın kavranmasındaki yöntem vantuzların, borularla vakum pompasına bağlanması, pompa yardımıyla havanın emirerek vantuzun içinde gerekli vakumun oluşması şeklinde yapılır (Arıkan 1996).

Montajda kullanılan robotların, değişik şekillerdeki parçaları kavrayabilmeleri ve işlemleri yapabilmeleri oldukça güçtür. Bu güçlüğü ortadan kaldırmak için insan elini örnek alan kavrayıcılar geliştirilmiştir. Universal kavrayıcı adı verilen bu tip kavrayıcılara örnek Şekil 1.11 'de gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Mekanik parmak tipi ve kavrayıcılar (Arıkan 1996).



Şekil 1.11. Universal kavrayıcılar (Arıkan 1996).

1.2. Tarımsal Uygulamalarda Pnömatik Kullanımı

İlk pnömatik sistemler havanın basıncından yararlanılarak çalışan makine, araç ve gereçlerdi. Diğer akışkanlara göre dar ve kısa alanda daha hızlı, kolay elde edilen hava son zamanlarda durumu değiştirilerek kullanılmaya başlamıştır. Özellikle otomasyon ile üretimde durum değişikliğinden fazlaca yararlanılmaktadır. Hava atmosferde bol miktarda bulunmasından dolayı uygun yöntemler kullanılarak alınıp, depolanabilmekte ve en önemlisi basınç kazandırılabilinmektedir. Havanın atmosferde bol miktarda bulunması, elde edilmiş maliyetinin düşük olmasını sağlamaktadır. Havanın basınçlı, basınçsız kaplarda depolanması mümkündür. İstenildiği an kullanıma hazır ve kullanım hızı da çok yüksektir. Basınçlı havanın bir enerji olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Özellikle madencilik, otomobil ve demiryollarındaki havalı frenler uygulamalarında hava basınçlı sistemlerden yararlanmaktadırlar. Endüstriyel alanlardaki uygulamaların yaygınlaşması ise 1950 yıllarında başlamıştır. Endüstrinin hemen her alanında iş parçalarının sıkılması, gevşetilmesi, ilerletilmesi, doğrusal ve dairesel hareketlerin üretilmesi gibi çeşitli işlemler için pnömatik sistemlerden yararlanıldığında daha ekonomik ve hızlı çözümler üretilebilmektedir (MEGEP 2007).

Pnömatiğin uygulama alanlarını seçerken, pnömatik sistemlerin avantajları göz önünde bulundurulmalıdır. Hızlı fakat küçük kuvvetlerin uygulanması istenen yerlerde kullanılabilen pnömatik sistemler, temizlik ve emniyet istenen tasarımlarda da kullanılabilir. Pnömatik sistemler genel olarak aşağıdaki alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (MEGEP 2007). Bunlar; tarım ve hayvancılıkta , kimya ve ilaç sanayinde , otomasyon sistemlerinde , tekstil sanayinde , robot teknolojisinde , boya ve vernik işlemlerinde , elektronik sanayinde , nükleer santrallerin kontrolünde , madencilik sanayinde , taşımacılık işlemlerinde , ağaç işleri endüstrisinde ,otomatik dolum üniteleri.

Hidrolik sistemde kullanılan akışkan, çalışma elemanlarının aynı zamanda yağlanmasını sağlar. Pnömatikte ise ayrıca yağlama işlemi yapmak gerekir. Pnömatikte büyük kuvvetlerin elde edilmesi zor ve ekonomik değilken, hidrolikte büyük kuvvetler rahatlıkla elde edilir. Pnömatik elemanların çalışma hızları yüksektir. Hidrolikte ise çalışma hızları daha düşüktür. Çizelge 1.1’de pnömatik sisteminin diğer sistemlerle karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 1.1.Pnömatik sisteminin diğer sistemlerle karşılaştırılması(MEGEP 2007)

	PNÖMATİK	HİDROLİK	ELEKTRİK
Viskozite	Yok denecek kadar az	Yüksek	Yok
Akışkan Hızı (m/sn)	50–100	4–6	300.000
Silindir Hızı(m/sn)	1–2	0.2	-
Depo Edilebilirlik	Yüksek	Az	Az
Geri Dönüş	Var	Var	Yok
Enerji Taşıyıcı	Hava	Yağ	Elektron
İletilen Kuvvet	3000 Kg.dan Küçük	10.000 Kg.dan Büyük	1200 Kg.dan Büyük
Çalışma Koşulları	Temiz	Kirli	Temiz
Çalışma Basıncı (özel uygulamalar hariç)(Bar)	6~8	5~700	110V~380V
Enerji Taşıma Mesafesi (m)	1000	100	Sonsuz

Tarımsal uygulamalarda pnömatik daha çok ekim makinalarında kullanılmaktadır. Pnömatik Ekim Makinesi, sıraya ekilen tohumları hassas olarak tek tek ekebilen modern bir ekim makinesidir. Böylece kullanıcılara asgari tohum sarfı ve azami ürün verimi sağlar. Ayçiçeği, mısır, soya, yer fıstığı, karpuz, kavun, kabak, lifli alınmış pamuk tohumu, pancar tohumu, salatalık, rezene, domates, süpürge, sebze ve soğan tohumlarını en hassas şekilde ekebilmek mümkündür. Pnömatik Ekim Makinesi, traktöre üç nokta askı düzeniyle bağlanarak ekim yapabilen, hidrolik asılır tipte bir ekim makinesidir. Bu nedenle, ekim yapılacak tarlaya nakli çok rahat yapılabilen ve tarla sınır boylarına yanaşması daha rahat olduğu için tarla sınırında daha az arazinin boş kalması şeklinde bir avantaj sağlamaktadır. Şekil 1.12’de İrtem firmasının üretmiş olduğu Pnömatik Ekim makinası gösterilmiştir.



Şekil 1.12. İrtem firmasının üretmiş olduğu pnömatik ekim makinası (İrtem 2010).

Pnömatik sistemlerin bir diğer kullanım alanı olarak pnömatik budamana makasları gösterilebilir. Şekil 1.13’de pnömatik budama makası gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Pnömatik budama makası (Anonim 2011a).

Pnömatik sistemlerin tarımsal alanda kullanım alanlarından bir diğer hasat sistemleridir. Şekil 1.14’de Onco firmasının üretmiş olduğu pnömatik zeytin hasat makinası gösterilmiştir.



Şekil 1.14. Pnömatik zeytin hasat makinası (Anonin 2011b).

Şekil 1.14’de gösterilen sistemin ucuna Şekil 1.15’de gösterilmiş sistemlerden biri takılarak zeytin hasadı yapılmaktadır.



Şekil 1.15.Sistem ucuna takılan aparatlar (Anonim 2011c).

Pnömatik Pamuk Hasat Makinası Prototipi üzerine yapılan bir araştırmada, tarla denemeleri sırasında elde edilen bulgulara göre tasarlanan makinanın çeşitlere göre toplam hasat etkinliği, en düşük % 73,64 oranında Diamond çeşidinde ve en yüksek % 77,89 oranıyla Beyaz Altın çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Carmen çeşidinde ise makinanın toplam hasat etkinliği % 77.49 olduğu gözlenmiştir (Kılıçkan 2008). Şekil 1.16’da yapılan prototipin resmi verilmiştir.



Şekil 1.16. Pnömatik pamuk hasat makinası prototipi (Kılıçkan 2008).

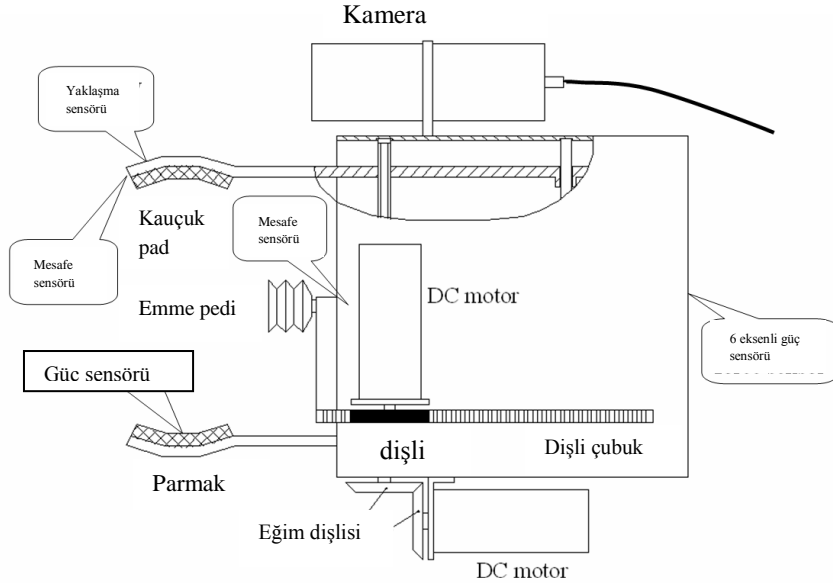
1.3. Tarımsal Uygulamalarda Vakum Kullanımı

Tarımsal uygulamalarda kullanılan vakum uygulamaları şunlardır;

1. Vakum Kurutma sistemleri,
2. Ürün sınıflandırma ve paketleme sistemleri,
3. Süt sağım sistemleri,
4. Hasat sistemlerinde.

Hasat sistemlerinde hasadı yapılacak ürünün tutulması işleminde kullanılmaktadır. Ürünlerin sabitlenip hareket etmesi önlenerek kesim veya koparma işleminin düzgün yapılması sağlanmaktadır.

Küresel meyvelerin hasadı için çok duyulu bir sonlandırıcı araştırmasında domates ,elma gibi küresel meyve sapları, iki parmaklı bir sistemdeki laser kesme cihazı ile kesilmiştir. Çok duyulu sistem içinde basınç sensörleri ile kuvveti, mesafe sensörleri ile yakınlığı bulunmuştur. Tasarlanan gripper içinde küresel meyvelerin sabitlenmesi için emme pedi kullanmıştır. Program olarak açık mimari kontrol sistemi IL+ DSP ‘yi adapte edilmiştir (Lui ve ark.2007). Şekil 1.17 ’de bu çalışma kullanılan Robotik kol içyapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.17. Robotik kol iç yapısı (Lui ve ark.2007)

1.4. Tarımsal Uygulamalarda Görüntü İşleme

Gerçek yaşamda, bir görüntü veya resim basit 2 değişkenin bir fonksiyonu olarak tanımlanır. $a(x,y)$ gibi bir fonksiyonla ifade edilen bir resimde a bir şiddet birimi (örneğin parlaklık) ve x ve y değişkenleri ise resmin gerçek koordinatlarıdır. Dijital görüntü ise sayısal değerlerden oluşur. 1 ve 0'lerden oluşan sayısal görüntü yapımız $a[m,n]$, 2 boyutlu dünyadan elde edilen $a(x,y)$ fonksiyonundan örnekleme tekniği kullanılarak oluşturulur (Yıldırım ve ark. 2003).

Resimlerin bilgisayar ortamında değerlendirilebilmeleri için veri formatlarının bilgisayar ortamına uygun hale getirilmeleri gerekmektedir. Bu dönüşüme sayısallaştırma (digitizing) adı verilir. Yapılan bu işlemde; görüntünün her bir piksel değeri bir sayı olarak hafızada depolanacak olan karelere bölünür. Her piksel noktasında görüntünün parlaklığını ve koyuluğunu temsil eden bir tamsayı bulunur. Bütün piksel değerleri için bu işlem gerçekleştirildiğinde, görüntü tamsayılardan oluşmuş bir matris şekline dönüşür. Resim bilgisi bu biçime getirildiği zaman, yazılım tarafından işlenmeye hazırdır. Bilgisayar görmesi bazı ölçütlere göre sağlanır. Fakat bu ölçütler nelere bağlıdır, nelerle sınırlıdır tam olarak açıklanamaz. Bu sınırları daha iyi inceleyebilmek için, araştırmacılar bilgisayar görmesini aşağıdaki bölümlere ayırmışlardır (Türkoğlu 2003, Bayram 2001).

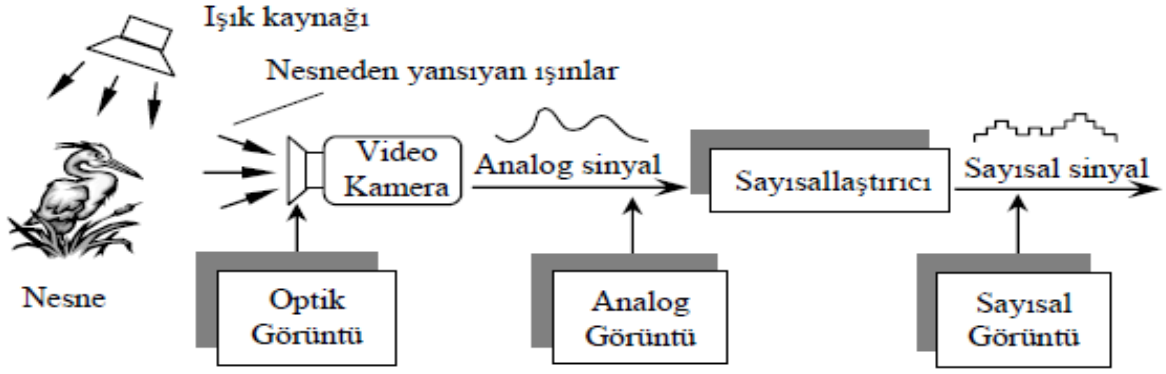
- Resim işleme
- Görüntü işleme

- Örüntü tanıma
- Durum analizi
- Optik işleme
- Video işleme
- Görüntü yorumlama

Bir resmin fotografik sunumunu daha doğrusu sayısal forma dönüştürülmesi çeşitli şekillerde olanaklıdır. Buna farklı teknikler kullanılarak resmin sayısallaştırıldığı tarayıcılar örnek olarak verilebilir. Ya da Analog/Sayısal dönüşümün kullanılarak resmin sayısal hale dönüştürüldüğü sistemler (Frame-Grapper), uzaktan algılamada uçak ya da uydulara yerleştirilen çok kanallı tarayıcılar yine örnek olarak verilebilir (Bayram 2001).

Görüntü sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra görüntüden istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gerektiği Yaman ve ark. 2001 yılında yaptıkları araştırmada belirtilmiştir. Görüntü işleme, genel terim olarak resimsel bilgilerin manipulasyonu ve analizi demektir . Bu analizde takip edilen bazı temel aşamalar şu şekilde özetlenebilir: Birinci aşama, görüntü edinme işlemidir. Şekil 1.18’de görüntü yakalama aşamaları kabaca şematize edilmiştir. Burada bir ışık kaynağı ile aydınlatılmış nesne mevcuttur. Nesneden yansıyan ışınlar optik formda kameraya aktarılır. Nesneyi tanımlayan bu ışınlar, kamerada elektrik sinyallerine dönüştürülür.

Böylece görüntü analog forma çevrilmiş olur. Analog sinyaller bir sayısal dönüştürücüde sayısal sinyallere dönüştürülür. Son aşamada sayısal forma dönüştürülen görüntü artık bilgisayar ortamına aktarılarak işlenecek hale getirilmiş olur. Bu işlem için görüntü sensörü ve bu sensörün üretmiş olduğu sinyalleri dijital forma dönüştürebilecek sistemlere ihtiyaç vardır. Sensörlerden elde edilmiş sinyaller hala analog formda ise analog-sayısal dönüştürücüler ile sayısal hale getirilebilir.



Şekil 1.18.Görüntünün sayısallaştırılması (Yaman ve ark. 2001).

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

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

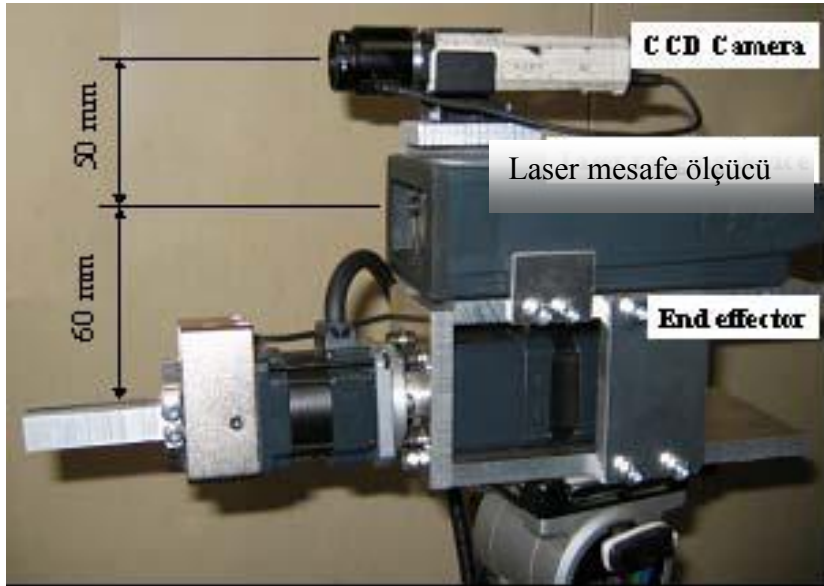
Sonraki işlem ise görüntüyü, kendisini meydana getiren alt görüntülere parçalama, ayırma işlemidir. Buna, görüntü ayırma işlemi ya da segmentasyon işlemi denir. Detaylı görüntü ayırma işlemleri, görüntü işlemede en zor işlemlerden sayılır. Bu nedenle genellikle küçük hatalarla birlikte kaba görüntü ayırma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

Tarımsal uygulamalara görüntü işleme tekniği aşağıdaki alanlarda kullanılmaktadır.

- Toprak inceleme
- Sulama Gereksinimi
- Yüzey Ölçme
- Üretim Yönetimi
- Seçici Uygulamalar
- Verim İzleme
- Sınıflama
- Ayıklama
- Robotik hasat sistemleri

Robotik hasat sisteminin en temel elemanı görüntü işlemedir. Görüntü işleme hasat sırasında hasadı yapılacak ürünün yerinin belirlenmesi, ürünün özelliklerinin görüntülenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır.

Otomatik meyve algılama ve end-effector ile Fuji elması için robotik hasat üzerine yapılan araştırmadaki çalışmada gerçek zamanlı arama ve insan hareketlerini simüle eden end-effector yardımıyla hasat yapmıştır. Lazer ışınları ile elmanın sal üzerindeki mesafesini , kamera yardımıyla görüntü işleme ile elmanın seçilmesini gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda %90'lık bir başarı oranı ve 7.1 saniyelik ortalama bir süre ile meyve hasadını yapmıştır Bulanon ve ark.(2010). Şekil 1.19'da yaptıkları robotik sistem gösterilmiştir.



Şekil 1.19. Fuji elması için hasat robotu (Bulanon ve ark. 2010)

1.5.Kivi'nin Türkiye Tarımındaki Yeri

Türkiye de kivi yetiştiriciliğine diğer Akdeniz ülkelerinden 15-20 yıl sonra başlanmıştır. Ülkemizde Kivi ile ilgili çalışmalar ilk olarak 1988 yılında Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü tarafınca başlatılmış olup, adaptasyon çalışmaları sonucunda Karadeniz, Marmara ve Ege sahil bölgelerinin kivi yetiştiriciliğine uygun olduğu saptanmıştır. Türkiye'de kivi üretimi daha çok yeni olup, üretime daha çok başarılı adaptasyon- demonstrasyon çalışmalarının olduğu yerlerde başlanılmıştır. Bu çerçevede ticari kivi bahçeleri daha çok Kuzey Marmara (Yalova, Bursa, Adapazarı, Çanakkale) Doğu

Karadeniz (Rize, Trabzon, Giresun, Ordu) ve Batı Karadeniz (Zonguldak) yörelerde yer almaktadır. Ayrıca Ege ve Akdeniz Bölgelerinde de az da olsa ticari bahçeler vardır.

Doğu Karadeniz bölgesinde toprak, iklim ve yer şekilleri bakımından belli ürünler yetişebilmektedir. Çay ve fındık üretimiyle geçimini sağlayan halk son yıllarda bu ürünlerden istediği geliri elde edememektedir. Bu nedenle üreticiyi farklı getiri sağlayıcı ürünlere yönelmiştir. Bölgenin yapısına uyumlu ve ekonomik getirisi bir hayli yüksek olan kivi, üreticiye daha cazip gelerek, çay ve fındık bahçelerinin bir kısmı kivi yetiştiriciliği alanında kullanılmaya başlanmıştır. Yörenin son yıllarda ikinci tarımsal ürünü haline gelmeye başlamıştır. Bu nedenle her yıl yöre ekonomisine katkısını artırarak sürdürmekte ve üreticiye ek gelir imkanı sağlamaktadır.

Dünya üzerinde birçok ülkede kivi üretimi yapılmaktadır. FAO ‘nun 2009 yılı verilerine göre dünyadaki kivi üretimi Çizelge 1.3’te verilmiştir.

Çizelge 1.3. Kivi üretimi yapan ülkelerin miktarları(FAO-2009)

Sıra	Bölge	Üretim (Int \$1000)	Üretim Miktarı(ton)
1	İtalya	355885	436300
2	Yeni Zelanda	318119	390000
3	Şili	185161	227000
4	Yunanistan	68518	84000
5	Fransa	61916	75907
6	Japonya	28549	35000
7	İran	24793	30396
8	Türkiye	19322	23689
9	Amerika Birleşik Devletleri	18869	23133
10	İspanya	15334	18800
11	Portekiz	10422	12777
12	Güney Kore	8240	10103
13	Avustralya	3652	4478
14	İsrail	3343	4099
15	İsviçre	447	548
16	Kırgızistan	326	400
17	Slovenya	205	252
18	Kıbrıs	130	160
19	Bulgaristan	86	106
20	Kanada	44	55

1.6. Elma'nın Türkiye Tarımındaki Yeri

Elma, gülgiller familyasının malus cinsinden olan ağaçlarının yenen meyvesi olarak bilinir. Elmanın anavatanı, Anadolu'yu da içine alan Güney Kafkas bölgesidir (Yıkar 2003). İnsanlık tarihinin ilk meyvesi sayılan elma, beslenme yönünden ve sağlık açısından çok yararlı bir meyvedir. Bileşimini % 85 su ve % 12 şekerdir. Ayrıca pektin, organik asitler, soda, fosfor, tanen, potasyum ile A,B1,B2,C,E vitaminlerini ihtiva etmektedir (Anonim 2002).

Ülkemizde elma yetiştiriciliği tüm illerde yapılmakla birlikte özellikle son yıllarda belirli yörelerde yoğunlaşmış durumdadır. Ticari amaçla elma üretiminin gerçekleştirildiği işletmeler yeni teknik ve teknolojileri uygulayarak birim alandan daha çok ürün almayı çalışmaktadırlar. 2010 verilerine göre Antalya, Isparta, Burdur illeri gurubu içinde elma üretiminde ilk sırada yer almakta ve Türkiye üretiminin %30'unu karşılanmaktadır.

1.7.Araştırmanın Önemi ve Amacı

Dünyada tarım gittikçe sanayileşmektedir. Artık daha büyük tarım alanları , daha verimli olarak işlenmekte, büyük şirketlerin elinde binlerce işçinin çalıştığı fabrikalara dönüşmektedir. Dönüşme sürecinde işçilik maliyetleri artmaktadır. Bu nedenle tüm sanayi kollarında olduğu gibi tarımda da robot kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. İşçilik maliyetlerinin azaltılması, verimin artırılması, hasadın kolaylaşması gibi hizmetlerde robot kullanımı artmıştır.

Robot kullanımının artmasına paralel olarak dünya üzerinde birçok araştırma çalışmaları yapılmaktadır. Robotik domates ,çilek hasat makinaları hasatta örnek verilebilir. Bu çalışmalar sadece hasat ile sınırlı değildir. Robotik sulama sistemleri, robotik haritalama sistemleri diğer uygulamalar için bir örnektir.

Ülkemizde robotik sistemler daha çok hassas tarım uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu uygulamalardaki temel amaç üretkenliği arttırmak için daha az tohum, gübre ve kimyasal ilaç tüketimi ile daha fazla ürün elde edilmesidir.

Son yıllarda ülkemizde üretimi gittikçe artan ve önemli bir ihracat potansiyeli olan kivi ve elma meyvesinin gerek üretim aşamasında, gerekse hasat aşamasında kalitesinin korunması son derece önemli bir konudur. Meyvenin bu özelliklerini koruyabilmek için

hassas tarım uygulamalarının yapılması gerekmektedir. Meyvenin kalitesi hasat sırasında uygulanan işlemlerden önemli şekilde etkilenmektedir.

Kivi ve elma meyvesi hasadı daha çok elle yapılmakta olup henüz mekanizasyon uygulamaları kivi ve elmada hasat işlemlerine aktarılamamıştır. Bu nedenle hasat sırasında önemli kalite kayıpları oluşmakta ve önemli bir iş gücüne ihtiyaç duyurmaktadır.

Bu konuda çalışmalar yürütülmekte olup, taranan literatürlerde robotik hasatla ilgili daha çok prototip çalışmalarına rastlanmıştır. Prototip çalışmalarından pratiğe aktarılan sistemler çok azdır.

Bu araştırma kivi ve elma meyvesinin hasat sırasında oluşabilecek zararların azaltılması, hasat süresinin kısaltılması amacıyla hasat için robot kolun geliştirilmesi amacıyla planlanmıştır. Görüntü işleme tekniği kullanılarak meyvenin yerinin tespiti, robot kol yardımıyla hasadın yapılması amaçlanmıştır. Bu sayede daha hızlı bir şekilde insan gücüne bağlı kalmadan hasadın gerçekleştirilmesi istenmiştir.

Yapılan araştırmanın amacı daha az sürede daha az zararla meyvenin hasadının yapılma tekniğinin geliştirilmesidir. Kivi ve elma meyvesinin robotik hasadında ortaya çıkacak sorunların belirlenmesi ve çözüm yollarının tespit edilmesi diğer bir amaçtır.

Çalışmada, kivi ve elma meyvesinin hasadında görüntü işleme tekniği ve robotik sistem üzerinde durulmuştur. Hasat sırasında robotik sistemin karşılaştığı sorunlar belirlenmiştir. Görüntü işleme ve robotik sistem ikilisinin kalibrasyonun önemi vurgulanmıştır. Ayrıca end-effector ün tasarımının yapılırken meyvenin saptan kopartılmasında uygulanacak kuvvetin önemi vurgulanmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1.Meyve Hasadı Üzerine Yapılmış Robotik Çalışmalar

Kondo (1988), robotik görme yönetimiyle meyvenin yerinin tespiti üzerine bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada robota görsel algılayıcıyı bağlaması için iki sistem olduğu eklenmiştir. İlk sistem görsel sensör eklenmiş manipülatör, ikinci sistem ise bağımsız yapı üzerinde manipülatördür. Stereo bir kamera yoluyla meyvenin üç boyutlu konumunun bulunması yapıya bağlanan görsel algılayıcısı yardımıyla tespit edilmiştir. Bu metodun domates gibi göreceli olarak alçak boydaki bitkilerde kullanılabileceği belirtilmiştir. Ekşi meyveler gibi uzun boylu ağaçların meyvelerini tanınması ve doğru olarak yerlerinin ölçülmesi işleminin yapılmasının güç olacağını tespit etmişlerdir. Bunun sebebini, algılayıcının meyvelerden daha uzak mesafede olması ve meyveyi tanınması için daha az resim göndermesi olduğunu belirtmişlerdir.

Edan ve ark.(1993), tarımsal bir robotun zeki kontrol sistemi için bir simülasyonu yapmışlardır. Kavun hasadı için bir robot biçerdöver kontrol mimarisi uygulanmıştır. Bir CAD iş istasyonu plan için kullanılmış, model taklit edilerek gerçek zamanlı animasyon kullanan robot ve kısa hareketi değerlendirilmiştir. Akıllı kontrol yapısı, kavun hasadında, dinamik veri akışını senaryolar yardımıyla simüle edilerek doğrulamıştır. Kontrol algoritmalarıyla ölçülen kavun yerlerinin doğru bir şekilde belirlendiği görülmüştür.

Monta ve ark.(1995), üzüm üretim sistemleri için tarımsal robot üzerine bir araştırma yapmışlardır. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2 ' de bu çalışma gösterilmiştir. Görsel bir algılayıcı ve robotik el vasıtasıyla yürüyen bir aksan üzerinden hasadı yapmışlardır. Salkımları kavrayan bir robotik el ile meyvelere hasar vermeden salkımları sürgünden kopartarak hasadı gerçekleştirmişlerdir.

Çalışmalarında 5 DOF kutupsal koordinat manipülatörü, görsel sensörler ve uç efektörleri kullanmışlardır. Görsel sensörler, renkli kamera ve kızılötesi ışınlar kullanılarak meyvenin yeri, mesafesini bulunmuştur. Sistemin kol uzunluğu 1.6 m. ve hareket derinliği 1 m. 'dir. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2' de bu çalışma gösterilmiştir.



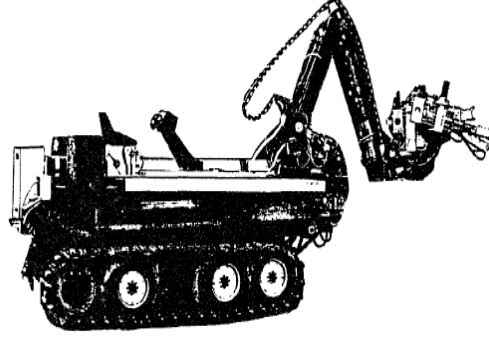
Şekil 2.1. Asmalarının torbalanması (Monta ve ark. 1995).



Şekil 2.2. Üzüm hasadı (Monta ve ark. 1995).

Recce ve ark. (1996), bir portakal hasat robotu için görüş ve sinirsel kontrol üzerine araştırma yapmışlardır. İmal edilmiş olan robot elektrik gücüyle çalışan iki bağımsız koldan oluşmaktadır. Kollarda kameralar bulunmaktadır. Bu kameralar sayesinde ağacın örtüsü içinde bulunan meyvenin konumu ve mesafe tespit edilebilmektedir. İşlemin gerçekleştirilmesinde kontrol yazılımı kullanmışlardır. Kontrol programı, sinirsel şebekeleri yerine getirmek için tasarlanmıştır. Yazılım ilk olarak şekli işleme tabi tutulmakta; koordineli dönüşüm ile sinirsel şebekelerin yerine getirmesini kolaylaştıran matris aritmetik operatörlerinin geniş bir sahasını kapsayarak veriyi transfer etmektedir. Unix iş istasyonu ile

gerçek zamanlı bir işletim sistemi olan OSS kullanılmıştır. Bu işletim sistemi robot donanımını kontrol etmektedir. Veri transferinin hepsini ve donanım kontrol çalışmalarını ortak bir arayüzü paylaşım programı yardımıyla gerçekleştirmişlerdir. Şekil 2.3' te portakal hasat robotu gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Portakal hasat robotu (Recce ve ark. 1996).

Umeda ve ark.(1999), karpuz hasadında robot kullanımı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yapılan robotun toplam kütlesi 300 kg'den daha az, çalışan boşluğu 2.8 m.ve kaldıran kapasitesi 150N'dir. Konumsal hata azami 60mm.'dir. Hava basıncı, 300kPa'da olduğunda 13 kg.'a kadar meyvenin vakum yardımıyla hasadı yapılmaktadır. Şekil 2.4' de karpuz hasadında robot kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Karpuz hasadında robot kullanımı (Umeda ve ark. 1999).

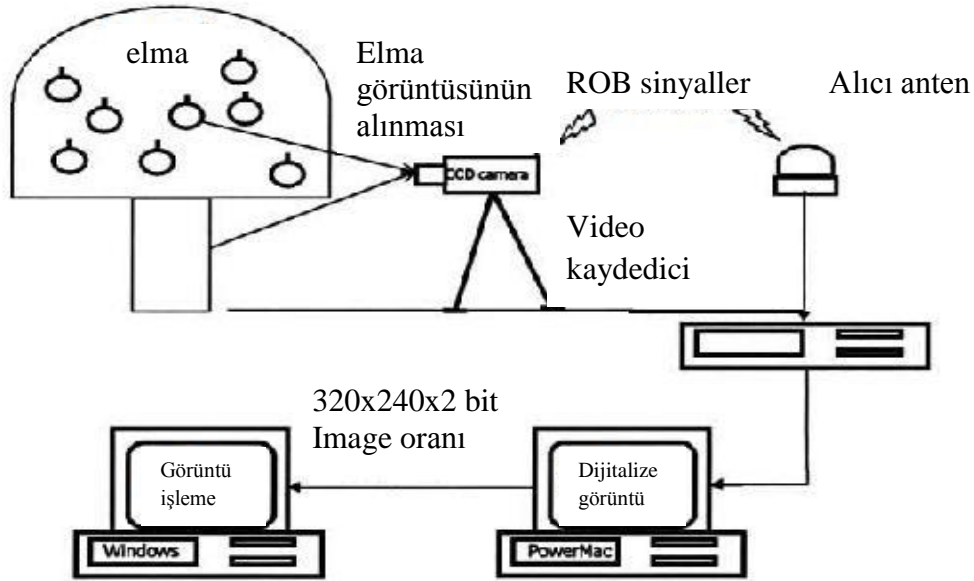
Jimenez ve ark.(2000), lazerle yer bulma yönteminin temel alan robotik meyve hasadı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada, lazer temelli bir bilgisayar görüş sistemiyle otomatik meyve tanımasını yapmışlardır. Küresel nesnelere kızılötesi bir lazer ile yerlerinin algılanması sağlanmıştır. Görüş çıktısı 3D konumunu kapsamaktadır. Şekil analiz algoritmalarını kullanarak meyvenin tanımlanmasını yapmışlardır. Bu uygulamayı Agribot cinsi portakal hasadında kullanmışlardır. Şekil 2.5’ de lazerle bulma yönteminin temel alındığı robotik meyve hasadı gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Lazerle bulma yönteminin temel alındığı robotik meyve hasadı (Jimenez ve ark. 2000).

Bulanon ve ark.(2001), elma hasadında robot uygulamasında elmaların yerlerinin görüntü işleme sistemi ile tahmini üzerine bir araştırma yapmışlardır. CCD kamera yardımıyla doğal ışık altında elmanın görüntülerini toplamışlardır. Fuji elmasını, renk modellemesi yardımıyla ağaç üzerinde yaprakların ve dalların yerlerini belirlemişlerdir. Bir LCD model yardımıyla (aydınlık ve renk farklılıkları(kırmızı)) ve HSI modeliyle (renk, koyuluk ve yoğunluk) analizleri yapılmıştır. Renk özellikleri, aydınlık, renk farklılıkları ve kromatiklik yaklaşımları ile belirlenmiştir. Bu yaklaşımla meyvenin, yaprakların, dalların sınıflandırılması

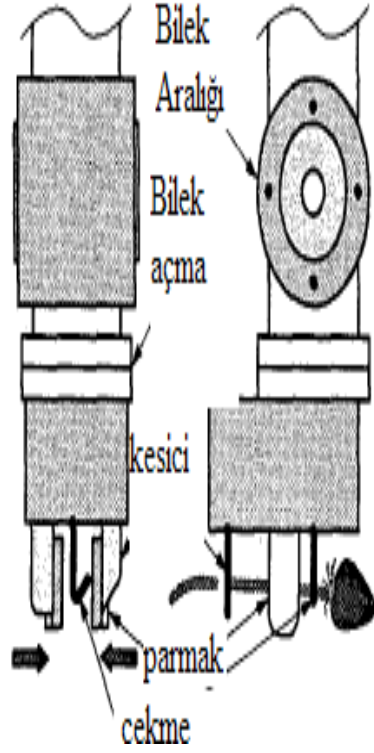
yapılmıştır. Şekil 2.6’da elma hasadında robot uygulamasında elmaların yerlerinin görüntü işleme sistemi ile tahmin blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Elma hasadında robot uygulamasında elmaların yerlerinin görüntü işleme sistemi ile tahmin blok diyagramı (Bulanon ve ark. 2001).

Kataoka ve ark.(2001), robotik elma hasadı için elmaların yerinin tespitinde, otomatik algılama sistemi için bir araştırma yapmışlardır. Çiftçiler hasat zamanının geldiğini elmanın rengine bakarak karar vermektedirler. Meyvenin renginin hasat zamanına karar vermek için en önemli kriter olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada hasat sezonundaki elma renkleri ve önceki elma renkleri Munsell renk sistemi temel alınarak, $L * a * b$ renk uzayı ve XYZ renk sistemine göre ayrılmıştır. Bu renk sistemine göre hasatın zamanı elma rengine göre bulunmuştur.

Arima ve ark.(2003), çilek hasadı için robotik uygulama yapmışlardır. Oluşturulan bu sistem çengel tip sonlandırıcı, bir görüş algılayıcısı ve hareketli bir platformdan oluşmaktadır. Renk algılayıcısı olarak bir CCD kamera kullanmışlardır. Şekil 2.7 'de Çilek hasadı için robotik uygulama gösterilmiştir.



Şekil 2.7.Çilek hasadı için robotik uygulama (Arima ve ark. 2003).

Hannan ve ark.(2004), otomatik portakal hasadında gelişmeler üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada robotik hasadın gelişiminde CCD kamera sistemlerinin, sensörlerin, görüntü işleme yöntemlerinin gelişmesinin ve robot kol teknolojisindeki yeniliklerin önemini vurgulamışlardır. Portakal hasadı için robotik ve mekanik hasat karşılaştırması yapmışlardır. Robotik hasat daha az emek için fazla üretkenlik kazancı, iş hacmi başına daha yüksek mal, hasat için kullanılan sistemin esnek olmasını vurgulamışlardır. Mekanik hasat için sistemin esnek olmaması, işlem hacmi olarak düşük üretim, yüksek emek karşısında az üretkenlik olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 2.8. a-b 'de Robotik ve Mekanik portakal hasadı gösterilmiştir.



a

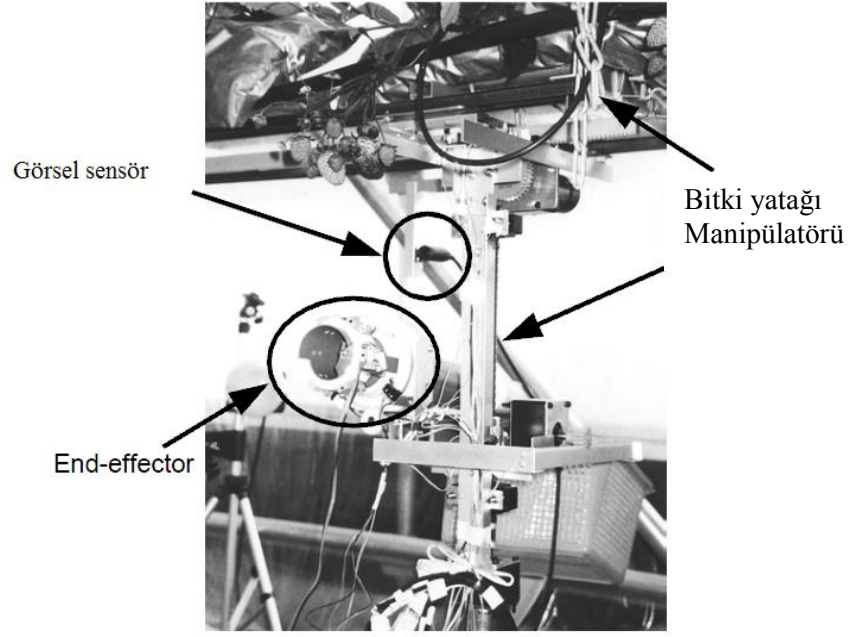


b

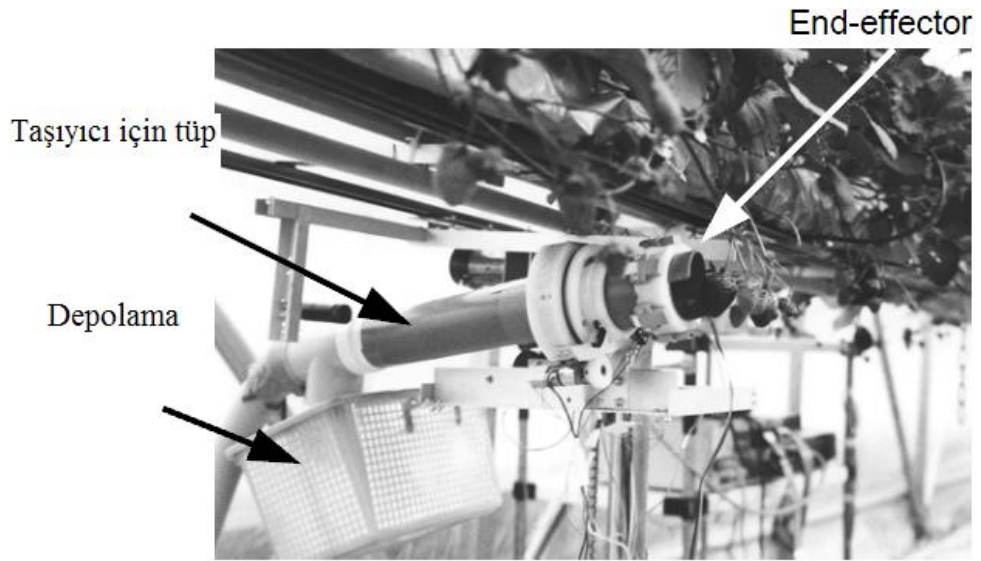
Şekil 2.8.a-b. Robotik ve Mekanik portakal hasadı (Hannan ve ark. 2004).

Bulanon ve ark. (2004), elma hasat robotu için gerçek zamanlı bir makine görme sisteminin geliştirilmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada kırmızı Fuji elması hasat robotu manipülatör rehberliği için gerçek zamanlı bir makine görme sistemi geliştirmişlerdir. CCD kamera yardımıyla elma bahçesinden görüntüler almışlardır. Elde edilen görüntüler PC 'ye aktarılmış ve görüntü işleme yöntemiyle elmaların yerleri tespit edilmiştir. Farklı ışık koşullarında meyveleri tanımak ve yerlerinin tespitinin yapılması sağlanmıştır. Meyvenin tanımlanmasında kırmızı ve yeşil katsayıları kullanılmıştır. Araştırma sonucunda %80'lik doğruluk ve % 3'den az hata payı ile meyvenin tanımını yapmışlardır.

Arima ve ark. (2004), çilek hasatı için bir robot geliştirmişlerdir. Robotun yapısı 5 serbestlik dereceli manipülatör, bir pnömatik tip sonu efektör, bir renkli CCD kamera, görsel bir sensörü ve 4 tekerlekli bir seyahat cihazından oluşmaktadır. Meyvenin hasatı bir vakum cihazı kullanılarak meyveyi emip daldan kopartılması şeklinde yapılmıştır. Görsel sensör ile hasat yapılacak meyvenin yeri, edinilen görüntü ve meyve derinliğe dayanan iki boyutlu bilgi ile bulunmaktadır. Efektör ucundaki meyve emme kafası fotoğraf girişlerinden gelen görüntüye göre hedefi üç boyutlu belirlenmiş meyveye hareket ettirmektedir. Robotun bilek eklemi ve meyvenin girişinin yapılacağı yer meyveye konumlandırılmaktadır. Bunun sonucunda meyve emme kısmıyla dalında kopartılması sağlanmıştır. Hasat sırasında hiçbir meyvede hasar oluşmadığı gözlenmiştir. Şekil 2.9.a-b 'de Robotik çilek hasatı gösterilmiştir.



a



b

Şekil 2.9.a-b. Robotik çilek hasadı (Arima ve ark. 2004)

Kondo ve ark. (2005), sera içinde yüksek kanallarda yetiştirilen çilekler için hasat robotunun geliştirilmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Sistemde, yüksek kanallarda

yetiştirilmiş çileklerin otomatik olarak tespit edilmesi, kesilmesi ve hasat edilmesi hedeflenmiştir. Şekil 2.10 'da Çilek hasat robotu ve yüksek kanallarda çilek yetiştirilen seranın genel görünümü gösterilmiştir.



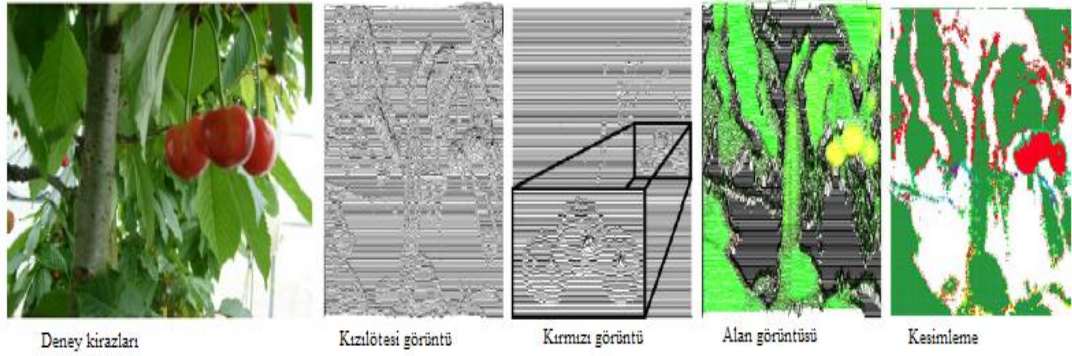
Şekil 2.10. Çilek hasat robotu ve yüksek kanallarda çilek yetiştirilen seranın genel görünümü (Kondo ve ark. 2005).

Sistemin çalışma prensibinde sistem öncelikle olgun olan meyveleri, renge duyarlı sensörleri yardımıyla tespit etmektedir. Sonraki adım; tespit edilen meyvenin, vakum yardımı ile kesici bıçağın altına sabitlenip bıçak yardımıyla meyvenin sapının kesilmesidir. Araştırma sonucunda, sera ortamında denenen sistemde bir meyveyi hasat etme süresi 9,3 ile 17,9 saniye arasında değişmektedir. Ancak hasat edilen meyvelerin yaklaşık %60'ında ürün zedelenmesine rastlanmıştır.

Zhaoxiang ve ark.(2007), robotik elma hasadı için elmanın özelliklerinin ve pozisyonlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Sistem temel olarak multi-spectral görüntü tekniğinin ve trigometrik kadastro tekniğini kullanmaktadır. Sistemi oluşturmak için 2D görüntü sensorleri ve mikro işlemciler kullanmışlardır. 2D görüntü sensorleri yapısında iki adet laser ışın kullanılmıştır. Bunlardan ilki kırmızı laser demeti (685 nm.) diğeri infrared laser(830 nm.) demetidir. Laserler birbirlerine dik monte edilmiştir. Optik

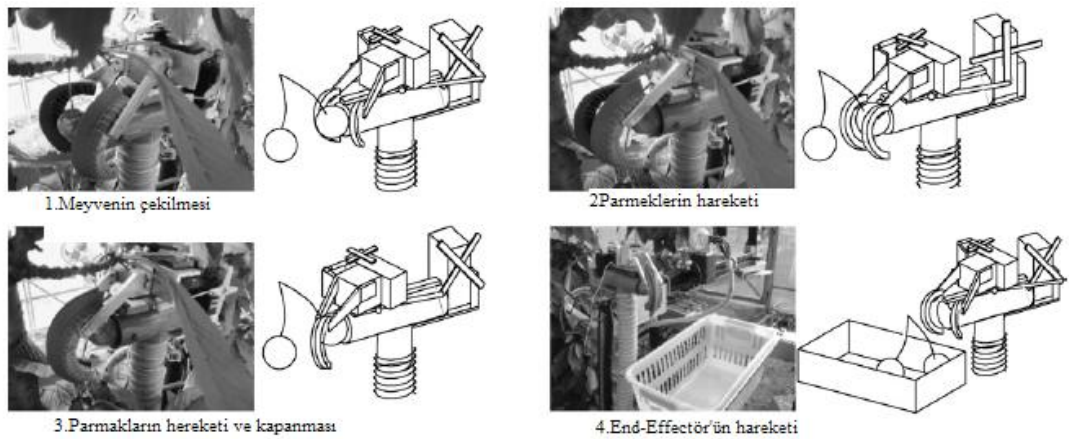
eksenleri birbirlerini keşişecek Şekilde yapılmıştır. Meyvenin arkasında konumlanmış bir ayna vasıtasıyla dönen ışınlar vasıtasıyla meyvenin konumunu belirlemişlerdir.

Tanigaki ve ark.(2008), kiraz için robotik hasat ¼zerine bir araştırma yapmışlardır. Robot için 4 dereceli bir manip¼latr kullanmışlardır. 3-D gr¼nt¼ işleme sensör¼ ekipmanıyla kırmızılığı, mesafe ölçmek için kızılötesi lazer kullanmışlardır. 3-D sensör ile meyvenin tanınmasını gr¼nt¼ işleme ile yapmışlardır. Kırmızı rengi filtreleme ile meyvenin tanınmasını gerçekleştirmişlerdir. Şekil 2.11’de gr¼nt¼ işleme sonucu gösterilmiştir.



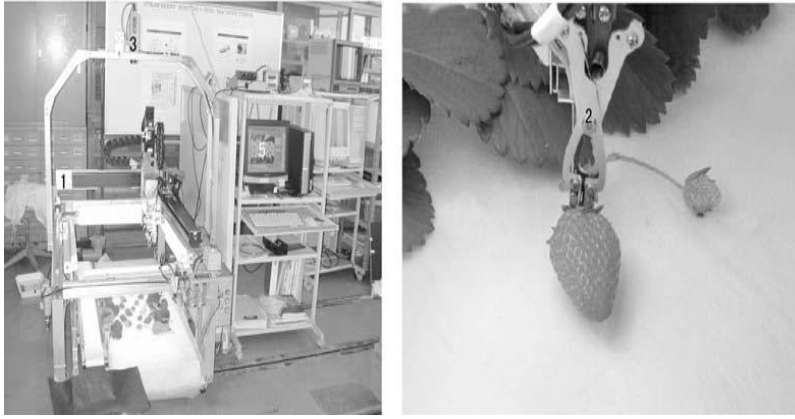
Şekil 2.11.Deney gr¼nt¼leri (Tanigaki ve ark. 2008).

Yeri belirlenen meyvenin, robot kolun ucundaki özel bir mekanizma ile daldan kopartılmasını sağlamışlardır. Şekil 2.12’de end-effector’¼n hareket yapışı gösterilmiştir.



Şekil 2.12.End-effector’¼n hareket yapışı (Tanigaki ve ark. 2008).

Feng ve ark.(2008), robotik çilek hasadı için meyvenin yerinin belirlenmesi ve sapların aranması için araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında iki kamera kullanmışlardır. Bu kameralardan ilkini 8-10 arasındaki çilekler için görüntü yakalama, diğer kamerayı XYZ koordinatlarının belirlenmesi için kullanmışlardır. OHTA renk uzayının temel olarak görüntü işlemeyi gerçekleştirmişlerdir. Bu şekilde meyvenin robotik el ile alınmasını sağlamışlardır. Deneysel sonuçları meyvenin yerinin belirlenmesindeki hata oranını %7 ve meyvenin zarar görmeden robotik olarak alınması doğruluğunu % 5 olarak tespit etmişlerdir. Şekil 2.13 'de Robotik çilek hasat makinası gösterilmiştir.



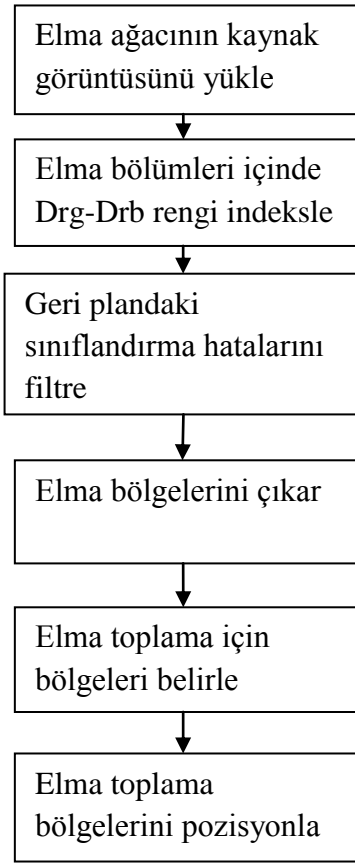
Şekil 2.13. Robotik çilek hasat makinası (Feng ve ark. 2008).

Sakai ve ark.(2008), ziraat robotları için ağır materyallerin manipülör yardımıyla alınması için dizayn çalışması yapmışlardır. Tasarımın denenmesini karpuz üzerinde yapmışlardır. Bir kamera ile alınan görüntü, görüntü işleme tekniğiyle uygulanarak yerinin tespiti yapılmıştır. Şekil 2.14 'de ağır kütleye sahip ürünlerin robotik hasadı gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Ağır kütleye sahip ürünlerin robotik hasadı (Sakai ve ark. 2008)

Mao ve ark.(2009), robotik elma hasadı için elmaların yerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Meyvenin yerinin belirlenmesinde, yüksek çözünürlüklü iki dijital kamera kullanmışlardır. Meyvenin seçimini renk ve şekil analizini kullanarak tespit etmişlerdir. Görüntü işleme için kullandıkları yazılım, Microsoft C++ tabanlı RelCtrl'dir. RelCtrl için C++ 'ın vfw32.lib, JpegLib.lib, PRSDK.lib ve CDSDK.lib. kütüphanelerini kullanmışlardır. Program için aşağıdaki algoritmayı temel almışlardır. Tespit işleminde hata oranının % 9.4 olarak belirlemişlerdir. Şekil 2.15 'de bu çalışmanın blok diyagramı gösterilmiştir.



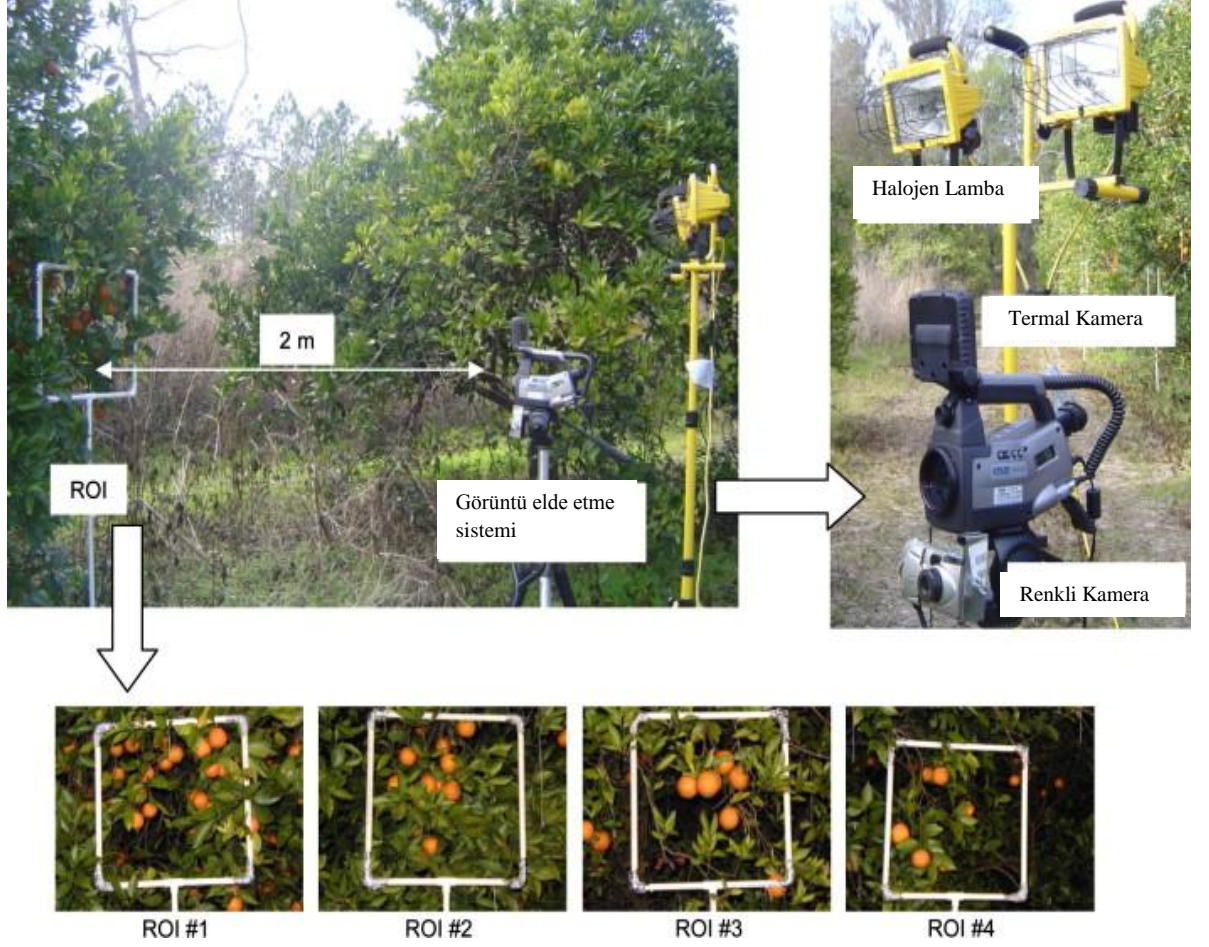
Şekil 2.15. Elma hasadında kullanılan görüntü işleme blok diyagramı (Mao ve ark. 2009).

Scarfe ve ark.(2009), uzaktan kumandalı kivi hasadı yapan robot tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Bu tasarım ile saate 14.000 adet kivi toplayabilmektedir. Hasat kollarında takılı infraruj kamera sistemi ile görüntüyü alıp işledikten sonra meyveyi diagnostik olarak tanımlamışlardır. 360° hareket kabiliyetine sahip kollar vasıtasıyla, penetrometrik ölçüm sonucu belirlenen meyve sertliğine göre meyveyi kendi ekseninde döndürerek hasadını yapmışlardır. Şekil 2.16'da Kivi Hasat Makinası Prototipi gösterilmiştir.



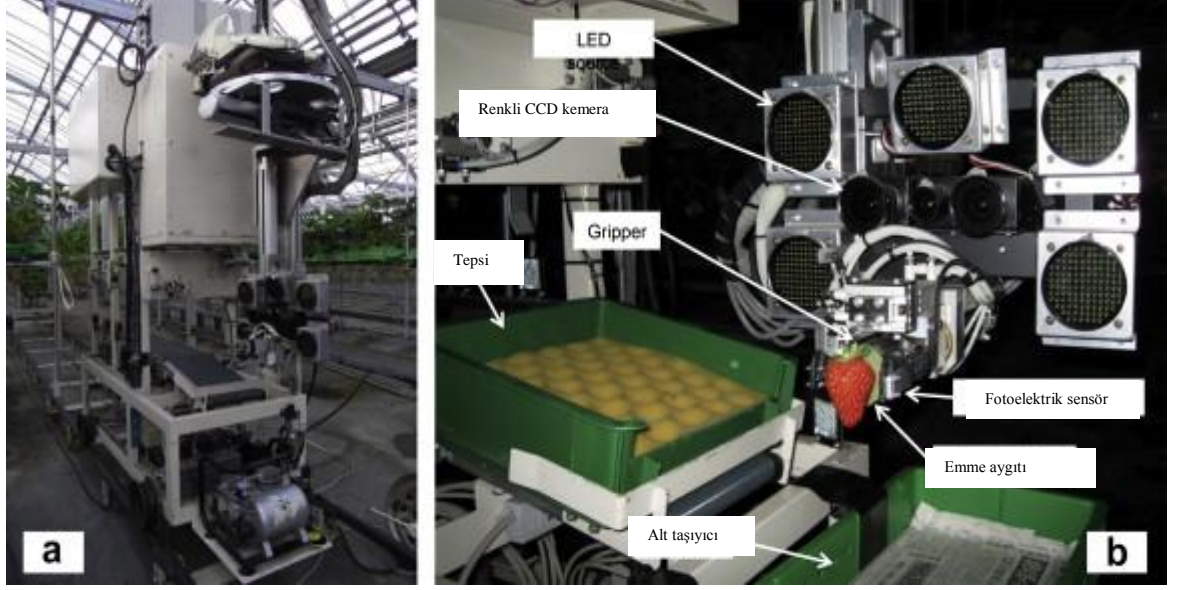
Şekil 2.16. Kivi hasat makinası protipi (Scarfe ve ark. 2009).

Bulanon ve ark.(2009), meyve algılamasında kullanmak için termal görüntü ve füzyon algılama üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada termal algılama kamerası ile renk kamerasının ortak çalışması sağlanmıştır. Renk kamerası ile portakalın turuncu renginin algılanması, termal kamera yardımıyla görüntünün spektrum analizinin yapılması sağlanmıştır. İki resim füzyon yaklaşımıyla laplace dönüşümleri yapıp bulanık mantık yöntemiyle meyvenin yerinin saptanması sağlanmıştır. Deney sonucunda füzyon değerlendirme endeksine göre bulanık mantık yaklaşımının daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir. Şekil 2.17’de Meyve algılamasında kullanmak için termal görüntü ve füzyon algılamanın yapılması gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Meyve algılamada kullanılmak üzere termal görüntü ve füzyon algılamanın yapılması (Bulanon ve ark. 2009) .

Hayashi ve ark.(2010), robot çilek hasadı için alan test değerlendirmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında silindirik bir manipülatör, end-efektör, yapay görme ünitesi, taşıyıcı sistem ve depolama biriminden oluşan bir robot kullanmışlardır. Daha önceki çalışmalarında karşılaştıkları düşük iş verimi, düşük başarı oranı, kararsız aydınlatma gibi sorunları aşmak için hasadı gece yapmak üzere bir aydınlatma ünitesi geliştirmişlerdir. Meyvenin tanımlanması için meyve olgunluk derecesinin tanımı yapılmıştır. Yapay görme ünitesi ile meyve sapı tespitinde başarı oranını %60 olarak tespit etmişlerdir. Sistemin başarı oranı %34.9 'dur. Şekil 2.18'de geliştirdikleri robotik çilek hasat makinası gösterilmiştir.



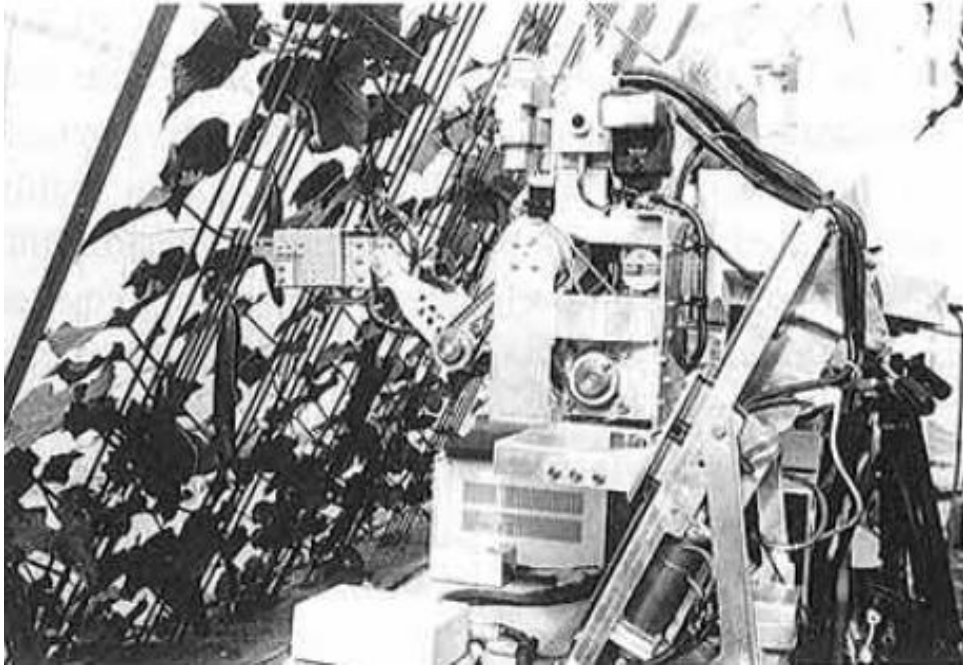
Şekil 2.18. Çilek hasat robotunun (a)Genel görünüşü(b)Ana yapının detaylı görünüşü (Hayashi ve ark. 2010).

2.2.Tarımsal Ürünlerin Hasadı Üzerine Yapılmış Robotik Çalışmalar

Allotta ve ark. (1990), bir kuvvet torku uygulanarak, meyve ve sebzenin robotik hasat yardımıyla kopartılması üzerine bir araştırma yapmışlardır. Birçok meyvenin ve sebzenin hasadında, kesin bir uzunlukta sapsarı kesmenin önemini vurgulamışlardır. Sapsarın çekilerek hasadın yapılmasının bitkiye ve meyveye zarar vereceğini belirtmişlerdir. Hasat sırasında, hasadın kıvrıma ve çekme ile yapılmasının, sapsarın bitki ve meyvelerin üzerinde kalacağı ve bitkiye zarar vereceğini vurgulamışlardır. Bunun da meyvenin ticari değerinin kaybına sebep olacağı ve meyvenin depolanması sırasında çürümelerin meydana geleceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada, robotik hasat ile küresel meyvelerin ve sebzelerin sapsarının bulunup yumuşak başlı üç- parmaklı bir düzenek yardımıyla kuvvet torku algılayıcılar ile hasadının yapılması sağlanmıştır.

Pla ve ark.(1991), turunçgillerin görsel sistem ile robotik hasadı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada homojen aydınlatma yardımıyla monochrome görüntü elde edilmiştir. Meyvelerin yerlerinin belirlenmesi oranının %90-95 arasında olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma desteği ile bu oranın %86, hata oranının ise %3.7 olduğunu bulmuşlardır.

Arıma ve ark.(1996), salatalık hasadı için robotik sisteminin gelişmesi için bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada ilk olarak, görsel algılayıcılar yardımıyla yapraklardan yeşil meyveyi ayırım işlemi yapılmıştır. Bu işlem için 550 nm ve 850 nm dalga boyu karışma filtresiyle tek renkli bir TV kamerası kullanılmıştır. Mesafeyi ölçmek için fotoğraf-elektrik algılayıcısını kullanmışlardır. Salatalık hasadında, salatalığı tutup sapından koparmak için bir el dizaynı yapmışlardır. Tüm bu sistemi 4 tekerlek üzerinde hareket eden bir platform üzerine oturtmuşlardır. Bu dizaynın sonunda robotik hasadının salatalık için uygun olduğunu gözlemişlerdir. Şekil 2.19' te robotik salatalık hasadı gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Robotik salatalık hasadı (Arıma ve ark. 1996).

Subrata ve ark.(1997), cherry domates hasat robotu için üç boyutlu şekil görüş algılayıcısı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Üç boyutlu şekil algılayıcısı yardımıyla dalga boylarının 2 bileşeniyle 3 lazer ışını yaymışlardır. Bunların dalga boyu 685 nm. olan kırmızı ve bir kızılötesi 830 nm'dir. Üç konum-hassas aleti (PSDs), ekinden yansıtılan hafif ışınları bulmak için kullanmışlardır. Ekinin şeklini, lazer ışınlarını tarayarak kararlaştırmışlar. Kırmızı olgun domatesler, kızılötesinden yansıtılan sinyallerle kırmızıya oranı temel alınarak bulunmuştur.

Monta ve ark.(1998), domates hasadı için robot tasarımı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yapılan çalışma iki paralel tabak parmağı ve bir emme yastığından

oluşmaktadır. Parmaklar meyvenin sapından yakalayıp emme fincan yardımıyla kopartılmasını sağlamışlardır. Şekil 2.20’ de robotik domates hasadı gösterilmiştir.



Şekil 2.20. Robotik domates hasadı (Monta ve ark. 1998).

Murakami ve ark.(1999), robotik lahana hasadı yapılması üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu araştırma hidrolik bir sürüş robot kolundan oluşmaktadır. Bir CCD kamerası ve paralel bir işlemci kontrol sistemini oluşturmaktadır. Çalışma başarısı %43 olarak bulunmuştur. Toplam lahanayı hasat süresi 55 saniye olarak tespit edilmiştir. Şekil 2.21’ de robotik lahana makinası gösterilmiştir.



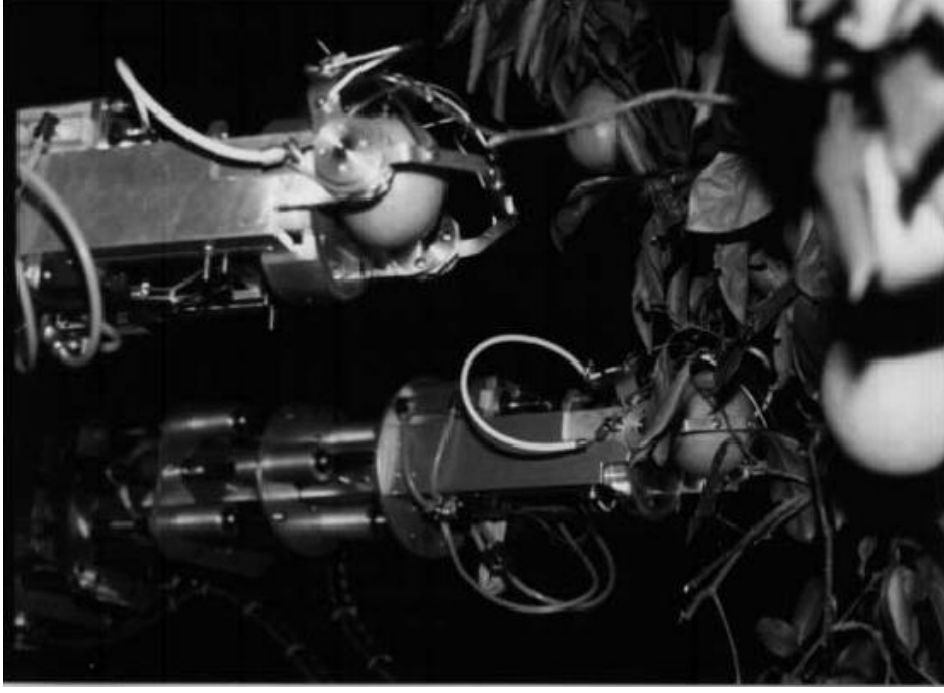
Şekil 2.21. Robotik lahana makinası (Murakami ve ark. 1999).

Keicher ve ark.(2000), cherry cinsi domates için robotik hasat için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında oluşturdukları robot sistemi 4 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar manipülâtör, uç effektör, görsel sensör ve seyahat cihazıdır. Manipülâtör 7 derece bir yapıdadır. Ayrıca manipülâtör iki prizmatik eklemlerle oluşmakta ve dönüş eklemleri 5 hareket yapabilme derecesine sahiptir. Prizmatik eklemler yatay yönde 200 mm. ile 300 mm. arasında hareket edebilme yeteneğine sahiptir. Üst kol 250 mm , ön kol 200 mm. uzunluktadır. Şekil 2.22’ de Cherry cinsi domates için robotik hasat gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Cherry cinsi domates için robotik hasat (Keicher ve ark. 2000).

Plebe ve ark.(2001), robotik hasat için küresel meyvelerin yerleşimlerinin üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu robotik uygulamada anahtar vazifelerinden biri meyveyi tanımak ve diğeri üç boyutta (x-y-z) olarak yerinin tespiti olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sırasında iki kamera ile yapay zeka algoritması ile şekli daha önce belirlenmiş tanıma göre eşleştirme yönetimiyle meyvelerin yeri tespit edilmiştir. Şekil 2.23’de Küresel meyvelerin robotik hasadı gösterilmiştir.

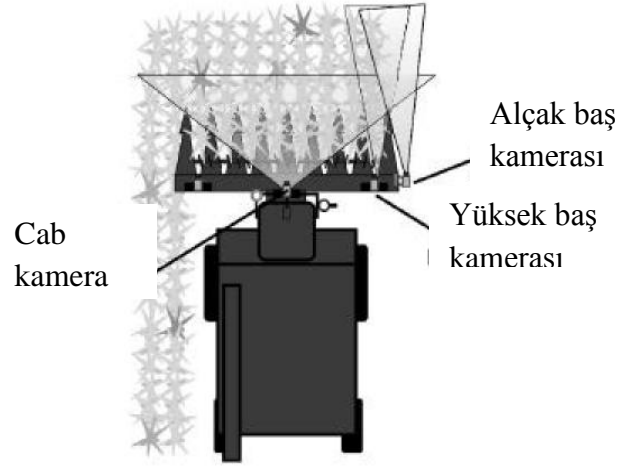


Şekil 2.23. Küresel meyvelerin robotik hasadı (Plebe ve ark. 2001).

Benson ve ark.(2001), tarafından sıralı ekim yapılan mısır için ürünler arasındaki arkların sürülmesi ve değer tahmini için görüntü işleme tekniği ve GPRS kullanılarak kombine çalışan bir sistem yapılmıştır. Şekil 2.24 ve Şekil 2.25 'de bu çalışma gösterilmiştir.

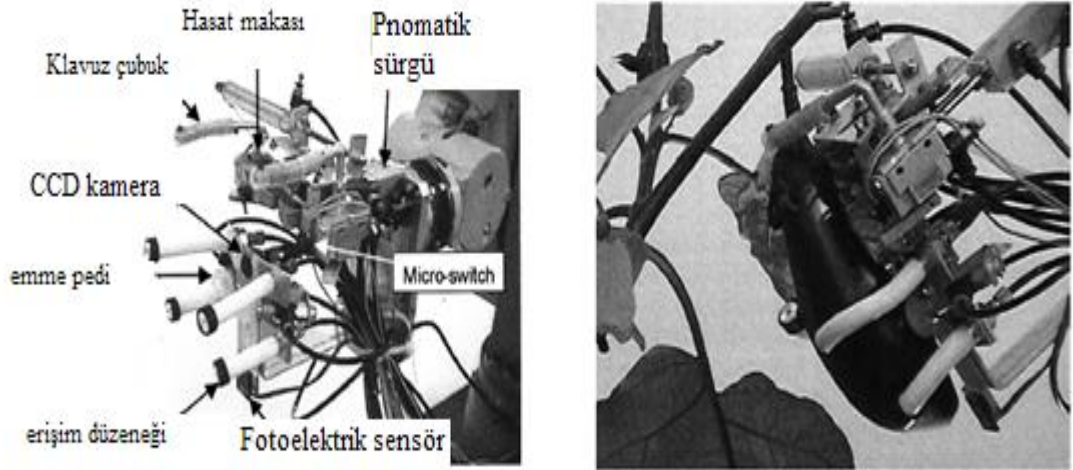


Şekil 2.24.Traktör üzerindeki uygulama (Benson ve ark. 2001).



Şekil 2.25. Başın her iki ucundaki kamera yerleri (Benson ve ark. 2001).

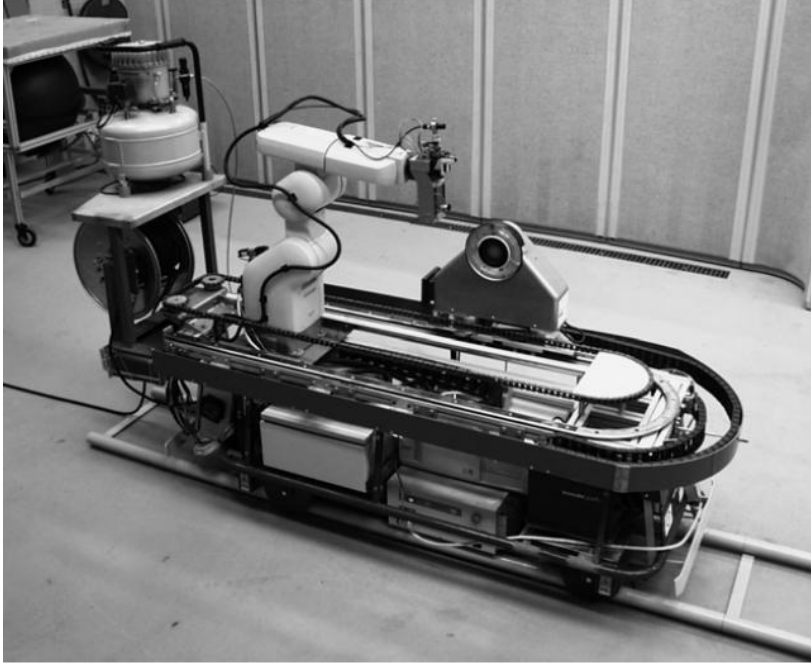
Hayashi ve ark.(2002), patlıcan hasadı için robotik sistem yaklaşımı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada 3 gerekli bileşen olması gerektiğini vurgulamışlardır. İlki bir renk parça çalışmasının birleştirilmesi için bir makine görüş algoritması gerekliliği, ikincisi farklı algoritma koşullarında meyveleri bulabilme, son olarak da sap kırıcı mekanizmadır. Bu 3 gerekli bileşen ile %62.5 bir başarı elde edilmiştir. Şekil 2.26'da robotik patlıcan hasadı gösterilmiştir.



Şekil 2.26. Robotik patlıcan hasadı (Hayashi ve ark. 2002).

Henten ve ark.(2002), serada salatalık hasadı için robot uygulaması üzerine bir araştırma yapmışlardır. Sapların, meyve ve çevrenin bulma ve 3D şekillendirmesi için iki

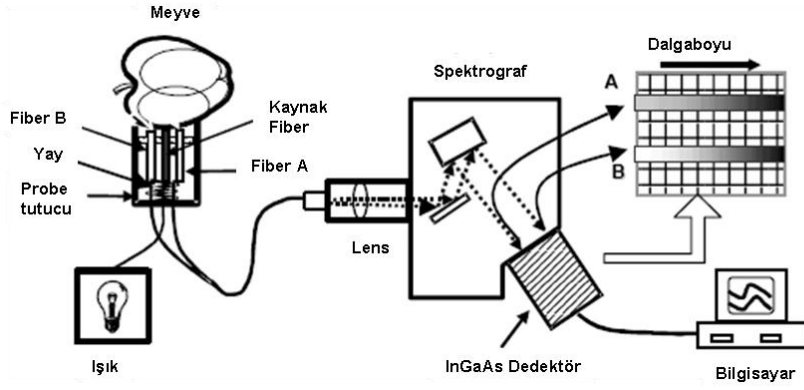
bilgisayar görüş sisteminin olduğu özerk vasıta tasarlamışlardır. Robot sistemin 7 manipülatörü vardır. Ayrıca bu çalışmada salatalığın olgunluk derecesi temel alınarak hasat yapılmıştır. Şekil 2.27 'de Serada kullanılan robotik salatalık hasat robotu gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Serada kullanılan robotik salatalık hasat robotu (Henten ve ark. 2002).

Pilarski ve ark.(2002), uzaktan kontrollü otomatik hasat üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada, bilgisayar kontrollü biçerdöver ile bir çift video kamera ve navigasyon sistemi kullanmışlardır. Yapılan sistem ile planmış alan içindeki ürünlerin hasadının otomatik olarak yapılması sağlanmıştır.

Lu ve ark.(2002), tarafından yapılan “Elmaların iç kalitesini ölçmek için, yakın kızılötesi sensör tekniğinin kullanılması” konulu çalışmada, yakın kızılötesi sensör yardımıyla elmaların şeker içerikleri ve dayanıklılıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan sistemin şematik yapısı aşağıda gösterilmiştir. Şekil 2.28 'de Elmaların şeker içerikleri ve dayanıklılıklarının belirlenmesi amacıyla kullanılan sistemin şematik yapısı gösterilmiştir.

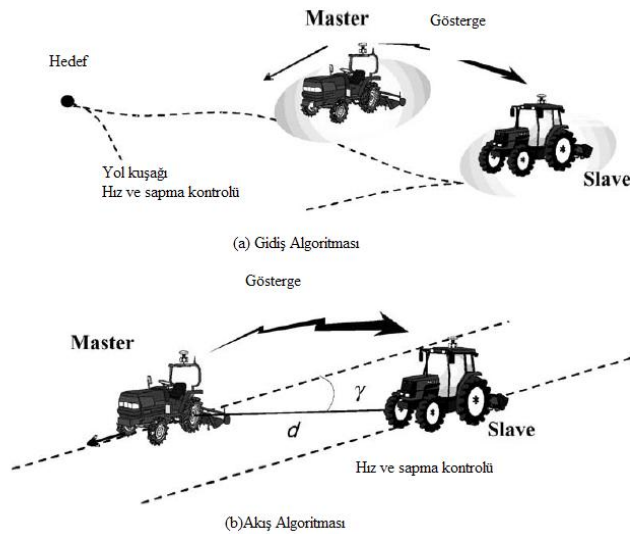


Şekil 2.28.Elmaların şeker içerikleri ve dayanıklılıklarının belirlenmesi amacıyla kullanılan sistemin şematik yapısı (Lu ve ark. 2002).

Sistemde NIR (Near-infrared) sensör, ışık kaynağına 3,5 ve 5,5 mm mesafede, 900 ve 1500 μm tayf aralığında yerleştirilmiştir. Denemede iki farklı tür elma kullanılmıştır.

Şeker içeriğinin tespiti için en iyi sonuç, ışık kaynağı mesafesinin daha yakın olduğu 3,5 mm mesafesinde bulunmuştur. Araştırma sonucunda, NIR sensör tekniğinin, şeker içeriğinin hızlı bir biçimde saptanması için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Noguchi ve ark.(2002), tarafından tarım yapılan arazide iki traktörün GPRS ve robot programlama ile bağımsız ekim-dikim yapıları amaçlanmıştır. Şekil 2.29. a-b 'de bu çalışma gösterilmiştir.



Şekil 2.29.(a)(b)Gidiş ve izleme algoritmaları (Noguchi ve ark. 2002).

Nagasaka ve ark. (2002), tarafından yapılan çalışmada pirinç ekiminin robot tarafından yapılması amaçlanmıştır. Şekil 2.30 'da Pirinç ekim makinası gösterilmiştir.



Şekil 2.30.Pirinç ekim makinası (Nagasaka ve ark. 2002b)

Sistem GPRS ile uzaktan kontrolü yapılmaktadır.Makina üzerindeki haznelere pirinç fideleri sıralanmakta ve makine bu fidelerin belli aralıklarda ekimini yapmaktadır.

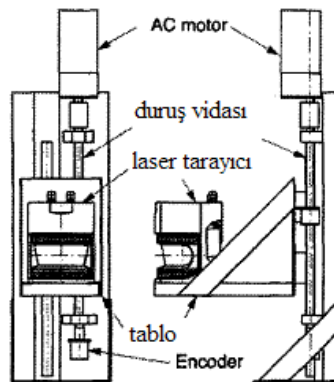
Henten ve ark.(2003), otomatik salatalık kesim robotu için alan testi çalışması yapmışlardır. Yüksek tel sisteminde büyütülen salatalıklar için dört bağımsız robot testi yapmışlardır. Toplama başarı oranları ortalama %74.4 olarak tespit etmişlerdir. Başarısızlık oranının sebebi olarak meyve sapının robotların sonlandırıcısına yanlış yerleşmesi olduğunu belirlemişlerdir. Tek bir salatalık için hasat denemesinde başarı oranını %65.2 olarak tespit etmişlerdir. Şekil 2.31'de Robotik salatalık hasadı gösterilmiştir.



Şekil 2.31. Robotik salatalık hasadı (Henten ve ark. 2003).

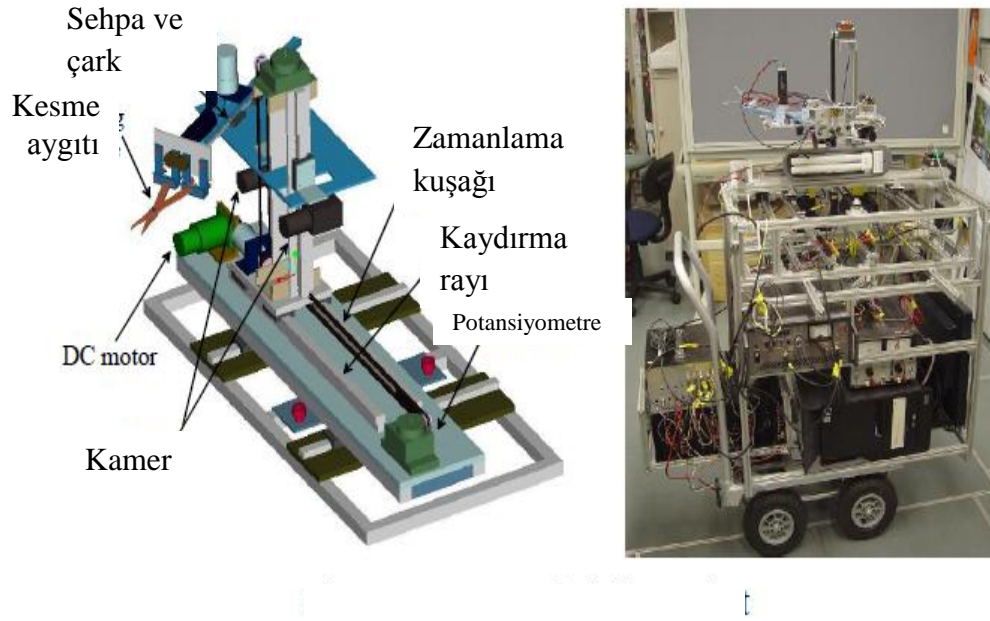
Ling ve ark.(2004), algılayıcılar ve robot sonlandırıcıları ile domates için robotik hasat üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yapay görme algoritması ile domatesin kırmızılığı algılanmış; yeri belirlenen domates, robot el ile sapından kopartılmak suretiyle hasadı edilmiştir.

Monta ve ark. (2004), tarım robotları için üç boyutlu algılama sistemleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada, bir lazer tarayıcıdan oluşan bir asansör yardımıyla tarım robotu için hassas dış bilgileri yakalamak üzere üç boyutlu algılama sistemi oluşturmuşlardır. Lazer tarayıcı robotlar çevresindeki üç boyutlu mesafeyi bulabilmek ve bilgi toplamak için yerleştirdikleri asansör dikey olarak tasarlanmıştır. Şekil 2.32’de bu çalışma gösterilmiştir.



Şekil 2.32. Üç boyutlu algılama sistemi (Monta ve ark. 2004).

Kitamura ve ark.(2005), sera içindeki tatlı biberlerin robot yardımıyla toplanması üzerine bir araştırma yapmışlardır. Kullandıkları robotun yüksekliği 1400 mm., genişliği 1000 mm. dir. Menzil olarak yön derinliği olan 230 mm. içinde bulunan 180mm yatay doğrultuda, dikey yönde ve 180mm. aralığında tatlı biber tanınmış olan gövdesinde kesilmesi sağlanmıştır. Kesme aletini iki kamera ile sabitlenmiş bir kesiciden oluşturmuşlardır. Görüntü işleme uygulamasında iki renkli CCD kamera, bir görüntü yakalama kartı çözünürlüğü ¼ inc. ,450 TV satırlı ve görüntü kalitesi 680.000 pikseldir. Görüntü yakalama kartı olarak PicPort of Leutron , program olarak Halcon of MVTec. yazılımını kullanmışlardır. Şekil 2.33’de bu çalışma kullanılan hasat robotun yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.33. Hasat robotun yapısı (Kitamura ve ark. 2005).

Mateus ve ark.(2005), tarafından ekim alanlarının robot yardımıyla GPRS kullanarak ekim alanlarının planını çıkartılması için bir çalışma yapılmıştır. Şekil 2.34’de bu çalışma gösterilmiştir.

Çalışma sonucunda görüntü işleme ve GPRS ile istenen alanların planı çıkartılmıştır.



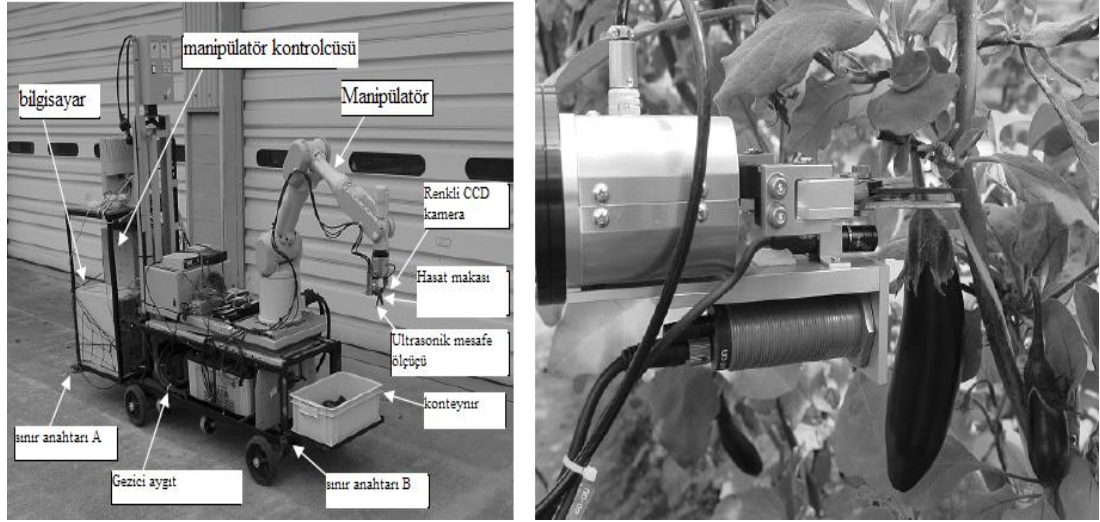
Şekil 2.34.İki küçük dizideki basit yol izlemesi.Soldaki görüntü traktörün robotun belirlediği görüntü noktaları üzerindeki hareketi.Sağdaki görüntü nokta görüntüleri (Mateus ve ark. 2005).

Henten ve ark.(2005), tarafından mini tarım robotu ile tarımda hassas kaynak kullanımı hesaplamak amaçlanmıştır. Bu çalışmada görüntü işleme için dijital kamera, kızıl ötesi ve ultra ses sensörleri kullanılmıştır. Şekil 2.35’de bu çalışma gösterilmiştir.



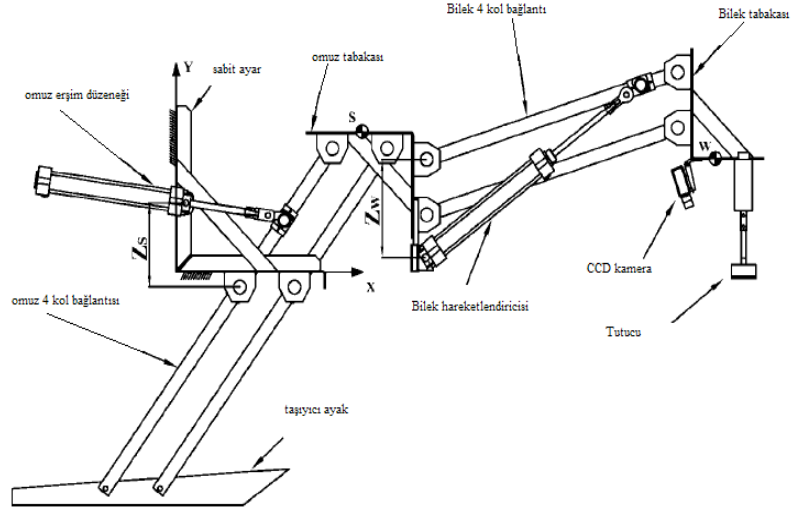
Şekil 2.35.Cropscount görüntüsü (Henten ve ark. 2005).

Hayashi ve ark.(2005), sera içinde yetiştirilen sebze ve meyve için robotik hasat teknolojileri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Patlıcan hasadı için geliştirdikleri makinede CCD kamera ile görüntü işleme yapıldıktan sonra X ve Y koordinatlarının belirlenmesini yapmışlardır. Ultrasonic mesafe ölçücü ile de robotun Z eksenindeki hareketini sağlamışlardır. Sonlandırıcı olarak bir makas yardımıyla robotun sebzeği sapından kesmesini gerçekleştirmişlerdir. Şekil 2.36’da bu çalışma gösterilmiştir.



Şekil 2.36. Patlıcan hasadında kullanılan robotun yapısı ve hasat şekli (Hayashi ve ark. 2005).

Foglia ve ark.(2006), lahana hasadında robot kullanımı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Robot koluna 10 mm .’lik dört cubuk mekanizması ile özel bir tutucu eklemişlerdir. Sistem CCD kamera ile gelen görüntüler, bitkinin morfolojik yapısına göre işlenmiş, oluşturdukları algoritma yardımıyla bitkinin yerini tespit etmişlerdir. Şekil 2.37’de bu çalışma kullanılan manipülörün içyapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.37. Manipülörün iç yapısı (Foglia ve ark. 2006).

Li ve ark.(2008), robotik domates hasadı için çalışma uzayı ve kinematiği analizi çalışması yapmışlardır. Çalışmalarının Matlab yazılımının Robotics Toolbox'ında robotik hasat için kinematiği test etmişlerdir. Analiz sonucunda tasarladıkları end-effector'un robotik hasat için kullanılabileceğini görmüşlerdir. Şekil 2.38 'de robot hasat makinasının yapısı gösterilmiştir.



- 1-Kamera
- 2-PC
- 3-Laser
- 4-Control kabini
- 5-Manipulator
- 6-End-effector
- 7-Piston
- 8-Parmak

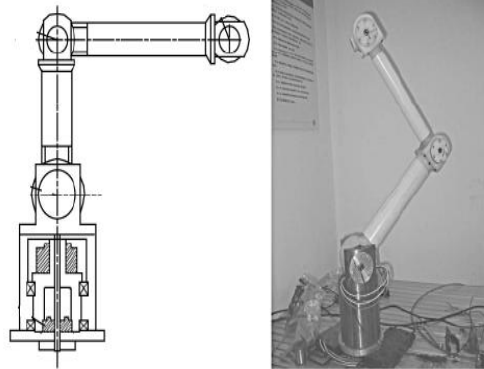
Şekil 2.38.Robot hasat makinası yapısı (Li ve ark. 2008).

Liu ve ark.(2008), robotik hasat için lazer ışınları ile kesme cihazı tasarımı yapmışlardır. Ünite, hareketi sağlayan bir mekanizma ile kontrol edilmektedir. Lazer ışınlarının voltajı 30 W. gücündedir. Voltaj düşmesini ölçmek için lityum pil ile sistemi desteklemiştir. End-effector'un ucundaki odaklayıcı lens ile sapların lazer ışınlarıyla kesilmesini sağlamışlardır. Şekil 2.39 'da Lazer ışınlarıyla sap kesme robotu gösterilmiştir.



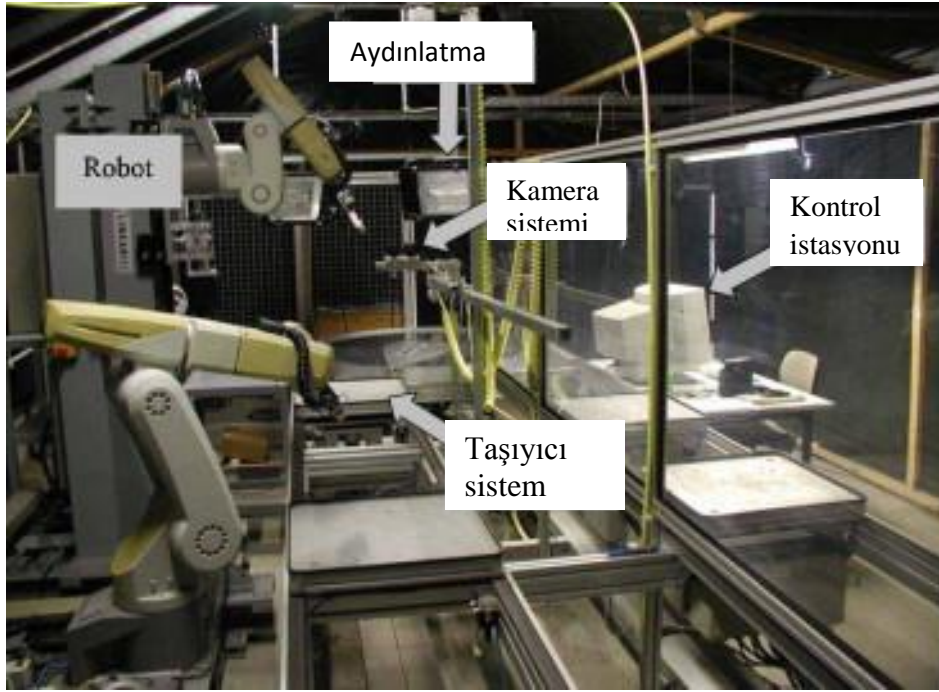
Şekil 2.39.Lazer ışınlarıyla sap kesme robotu (Liu ve ark. 2008).

Libin ve ark.(2009), robotik salatalık hasadı için manipülâtörün kinematiği ve yörüngesinin bulunması üzerine bir araştırma yapmışlardır. Robotik sistemleri 4-DOF eklemli manipülâtör, 1 adet end-efektör, 1 adet üst kamera, bir görme sistemi ve 4 adet DC servo sürücü sistemden oluşmuştur. Salatalık robot hasat manipülâtörü için kinematik D-H çerçeve modeli koordine yapılarak inşa edilmiştir. Yörünge planlaması için temel kinematik dönüşümünü ters kinematik tekniği ile sağlamışlardır. Donanım ve yazılım arasındaki iletişim için CAN-Bus iletişim tekniği temel alınmıştır. Deney sonucunda CAN-Bus ile verimli dört ortak kontrolör ile üst monitör haberleşmesi sağlanmıştır. Görüntü ile dört eklem açılarının entegre hatalarının dört dereceyi aşmadığını gözlemlemişlerdir. Şekil 2.40'da Robotik salatalık hasat manipülâtörünün kolu ve çizgisel diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2.40. Robotik salatalık hasat manipülâtörünün kolu ve çizgisel diyagramı (Libin ve ark. 2009).

Rath ve ark.(2009) ,Gerbera Jamesonii ‘nın robotik hasadı için üç boyutlu modellemeyi ve aramayı temel alan çiçek sapı kesme üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yapılan çalışma ile Gerbera Jamesonii çiçek saplarının analitik görüntü yöntemi yardımıyla hasat edilmesi sağlanmıştır. Dijital görüntülerin işlenmesi için algoritma yaratılmıştır. Görüntüler kızılötesi filtreler ile iki yüksek çözünürlüklü CCD kameralar yardımıyla sisteme alınmıştır. Dönen bir masa yardımıyla 8 farklı pozisyondaki görüntüler sisteme aktarılmıştır. Bu şekilde 3 boyutlu bir modelleme oluşturulmuştur. 3D olarak oluşturulan bu görüntü yardımıyla çiçek ve çiçek sapı kesim bölgeleri hesaplanmıştır. Başarı oranı olarak %80’dir. Farklı çiçek sapına sahip olan bitkiler için bu hasadının uygun olmadığını vurgulamışlardır. Şekil 2.41’de Robot test istasyonu, kamera sistemi, aydınlatma, taşıyıcı sistem ve kontrol istasyonu gösterilmiştir.



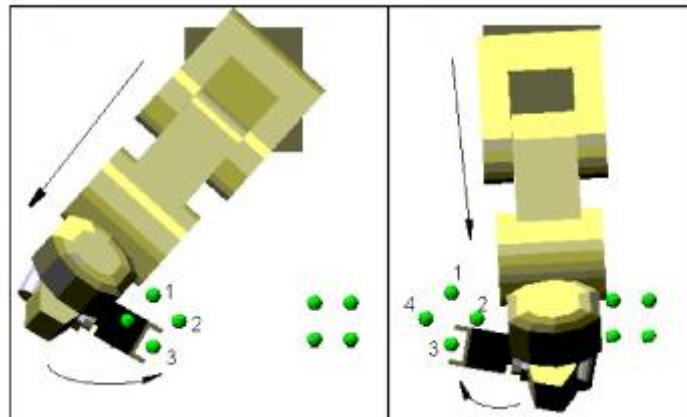
Şekil 2.41. Robot test istasyonu (Rath ve ark. 2009).

Zhi-Guo ve ark.(2009), domates hasadında kullanılan robot parmaklar için çarpışma-mekanik özellikleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada, domates hasat griper için kullanılan parmakların kontrol testleri, motor için giriş akımları, motor hızı ve pozisyonların etkisinin tespiti yapılmıştır. Motor için akım değerleri 1200 ile 2100 mA, motor hızı 25 ile 3000 RPM arasında değişik değerler verilmiştir. Bu değerler içinde domates toplanırken en uygun kuvvetin bulunması sağlanmıştır. Şekil 2.42 'de deney sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.42. Deney sistemi (Zhi-Guo ve ark. 2009). 1: Domates hasat robotu; 2: parmak; 3: motor; 4: kontrol kabini; 5: bilgisayar; 6: basınç sensörü; 7: sinyal düzenleyici; 8: USB5935 veri elde etme aracı; 9: domates; 10: ip; 11: eklem; 12: yükseklik ayarlayıcı; 13: emici; 14: end-effector.

Henten ve ark.(2010), robotik salatalık hasatı için optimal manipülatör tasarımı yapmışlardır. Optimasyon için kullanılan algoritma Tomlab package içindeki direct algoritmasıdır. 4 bağlantılı PPRR tipinde manipülatör kullanmışlardır. Salatalık hasadındaki derece-özgürlük değerlerini robot için düşey eksen etrafında dönen üç çevrimli sistemi kullanmışlardır. Şekil 2.43’de robotik salatalık hasat robotunun ürün seçme ve hareket simülasyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.43. Robotik salatalık hasat robotunun ürün seçme ve hareket simülasyonu (Henten ve ark. 2010).

Li ve ark.(2010), domates toplama robotu için makine tasarımı üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada sistem iki bölümden oluşmaktadır. Sistemin ilk bölümü görüntü işleme programı, diğer bölümü binocular stereo sistemidir. İlk bölümün işlevi görüntü işleme ile domatesin yerinin tespit edilmesidir. Görüntünün aktarılması üç boyutlu olarak yapılmaktadır. İkinci bölümün işlevi, üç boyutlu olarak aktarılan ve yeri tespit edilen domatesin koordinatlarının bulunmasıdır. Operasyon aralığı 600-800 mm. arasındadır. X ve Y eksenleri için hata oranı 1.50 mm. ve Z eksenini için 4.4 mm.'dir. Sistemin tüm doğruluk oranı %93.3 'dür.

Berenstein ve ark.(2010), üzüm için otomatik ilaçlama robotu üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yaptıkları sistemde yapay görme sistemi ile yeşil renk üzerine kurulmuş bir algoritma kullanmışlardır. Yapay görme sisteminde şekil eşleme tekniğini kullanarak üzüm salkımlarının yerini tespit etmişlerdir. Şekil 2.44 'de otomatik ilaçlama robotu gösterilmiştir.



Şekil 2.44. Otomatik ilaçlama robotu (Berenstein ve ark. 2010).

3.MATERYAL VE YÖNTEM

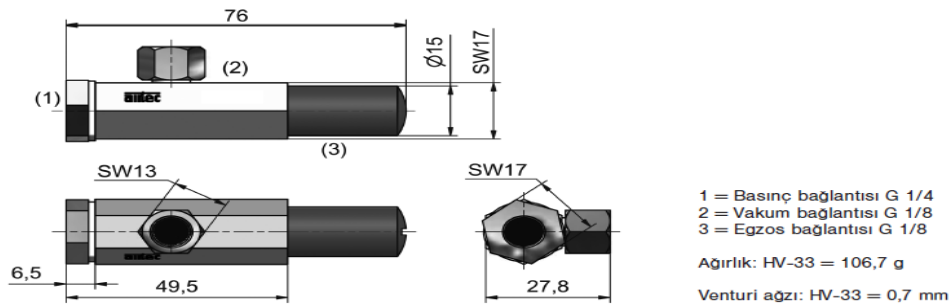
Bu bölümde hazırlanmış olan robotik yapı ve parçaları incelenmiştir. Robot kol ve kesme işlemlerinde kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Robot kolunun konum kontrolünün yapılabilmesi için gerekli ileri geri kinematik hesaplamaların nasıl yapıldığı hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. Robotik hasat makinası için robot kontrolüyle beraber meyvenin yerinin tespitinde kullanılacak görüntü işleminin nasıl yapılacağı incelenip , bu teknik hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

3.1.Materyal

Oluşturulan sistem 4 DOF 'lu robotik kol ve parçalarından, 1 adet ultrasonik sensörden, 1 adet vakum jeneratöründen, 1 adet paralel tutucudan, 1 adet makasdan, 2 adet Kontrol Valfinden ve 2D kameradan oluşmuştur. Denemeler elma için eylül ayında, meyve ortalama boyutları yüksekliği 47,98 mm. , genişliği 47,10 mm. ,kalınlığı 47,50 mm. ve ağırlığı 53,77 gr iken yapılmıştır. Kivi meyvesi için ekim ayında, meyve ortalama boyutları yüksekliği 62,17 mm. , genişliği 45,97 mm. ,kalınlığı 42,14 mm. ve ağırlığı 70,19 gr iken yapılmıştır. Denemeler 100 adet Hayward cinsi kivi meyvesi ile Golden Delicious cinsi elma meyvesi ile yapılmıştır.

3.1.1. Vakum Jeneratörü

Vakum jeneratörü meyvenin sapından kopartılması sırasında makas altına getirilip konumlanması ve hareket etmesinin önlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Şekil 3.1 'de vakum jeneratörünün genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Vakum Jeneratörünün genel yapısı.

Oksitlenmiş ,altıgen alüminyumdan gövdeye sahiptir. Kullanım yerinde doğrudan ya da dolaylı sabitlemeyle, hızlı ve kolay montaj edilebilme özelliğindedir. Venturi prensibine göre vakum oluşturmaktadır. Düşük basınçlı hava kullanımıyla, yüksek emme gücü oluşturmaktadır.

3.1.2. Paralel Tutucu

Paralel tutucu sistem içinde makasın pnömatik olarak çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Şekil 3.2’de paralel tutucunun resmi gösterilmiştir.

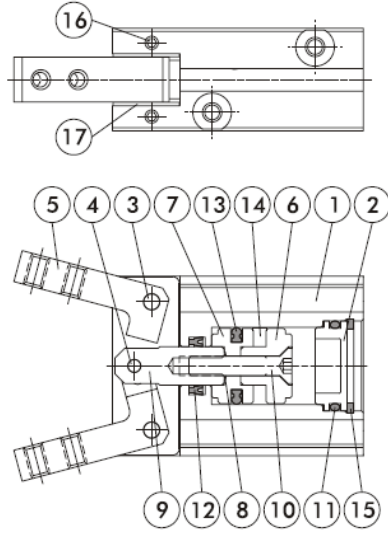


Şekil 3.2.Paralel tutucu.

Kullanılabilir delik çapları 12-32 mm. arasındadır. Parça tutmak için hava ile çalışan sistemdir. Manyetik standart yapıya sahiptir. Çizelge 3.1 ‘de paralel tutucunun özellikleri verilmiştir. Şekil 3.3’de paralel tutucunun genel yapısı gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Paralel tutucunun özellikleri

	Paralel tutucu
Hareket Tipi	Çift hareket
Boru tipi (mm)	16
Port boyutu	M5x0.8
Çalışma ortamı	Hava
Ortalama basınç oranı (kgf/cm ²)	1.5~ 7 (0.15~0.7 MPa)
Çalışma sıcaklığı (°C)	-5 ~ +60
Mak. Frekans (Devir/d)	180
Mak. Kol uzunluğu	30
Serbest açılma açısı	-10 ~ 30 °
Teorik momenti(kgf/cm)	Kapalı 0.4 x P /Açık 0.5 x P.
Kelepçe Kuvveti(F) (kgf)	F=M / L x 0.85
Sensör anahtarı	RCE , RCE1
Ağırlık(g.)	53



Şekil 3.3. Paralel tutucunun genel yapısı

No	Parça Adı	Materyal
1	Gövde	Alüminyum
2	Kafa Kapağı	Alüminyum
3	Kavrama perçini	Karbonlu çelik
4	Mil perçini	Çelik rulman
5	Y kavrama	Karbonlu çelik
6	Piston – R	Alüminyum
7	Piston – H	Alüminyum
8	Conta	NBR
9	Piston kolu	Paslanmaz çelik
10	Vida	Paslanmaz çelik
11	Halka	NBR
12	Rot salmastrası	NBR
13	Piston salmastrası	NBR
14	Manyetik halka	Manyetik materyal
16	Vida	SCM
17	Rondela	Paslanmaz Çelik

3.1.3.Kontrol Valfleri

Oluşturulan sistemdeki pnömatik ünitenin kontrolü amacıyla 2 adet Kontrol Valf kullanılmıştır. Şekil 3.4’de Kontrol Valf’in resmi, Çizelge 3.2’de genel özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 3.4.Kontrol valfi

Çizelge 3.2. Kontrol valf genel özellikleri

	Kontrol valfi
Çap Numarası	6A
Port boyutu	1/8
Port	5
Konum numarası	2
Ortam	Hava
Çalışma Basıncı (kgf/cm)	1.5 ~ 8
Temel Basınç(kgf/cm)	10
Etkili delik çapı(mm)	12
Tepki zamanı(ms)	30
Çalışma sıcaklığı	-5 ~ + 50
Voltaj	AC 110 V, 220 V (50/60) Hz, DC 24 V.
Ağırlığı	100 g.

3.1.4.48 LED'li Flaş Ünitesi

Görüntü işleme sırasında dış etkenden gelen ışık yansımalarını önlemek amacıyla kullanılmıştır. Şekil 3.5'de 48 Led'li flaş ünitesinin resmi gösterilmiştir.



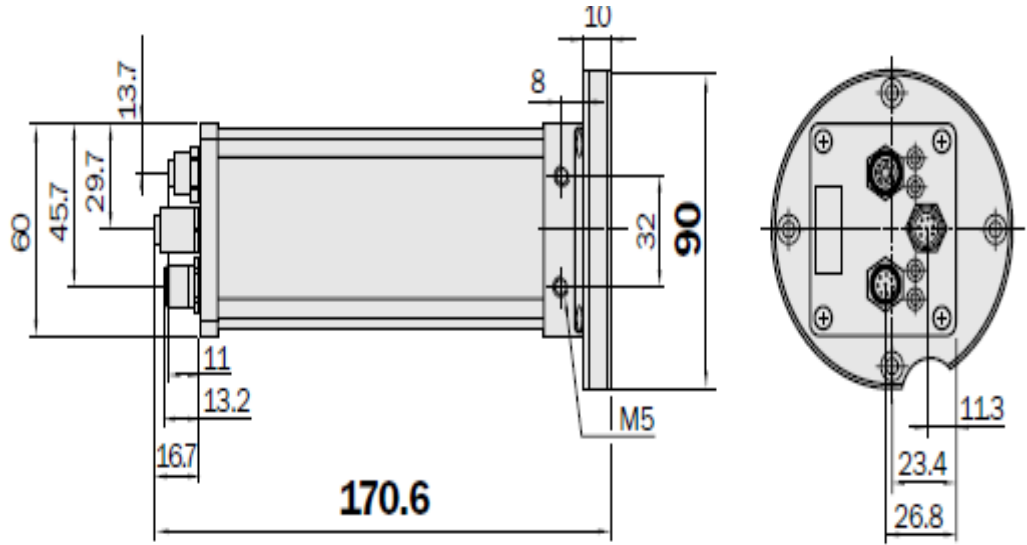
Şekil 3.5. 48 LED`li flaş ünitesi.

Flash; özellikle makro fotoğraf çekimi için üretilmiştir. Yakın çekimlerde lens gölgesinin düşmesine engel olmaktadır. Klasik flaşların oluşturduğu gölgeleri yok etmektedir. Flaş ünitesi 674 gr olup 23,5 x 18,5 x 8,5 cm boyutlarındadır. 2 adet kalem pil ile çalışmaktadır.

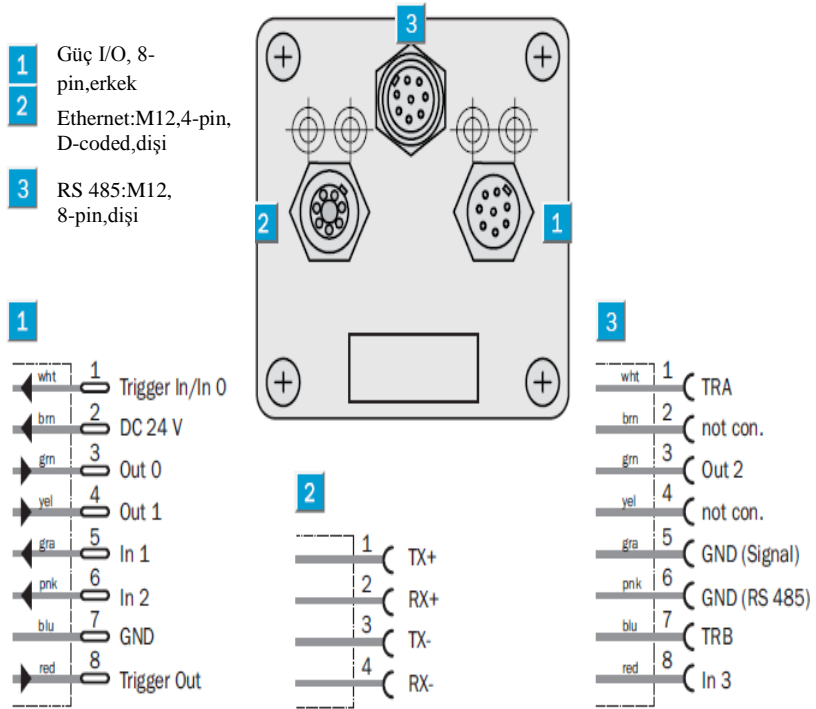
3.1.5. 2D Kamera Ve Özellikleri

Robotik sistemde görüntü işleme amacıyla kullanılmıştır. Gelen görüntünün işlenerek meyvenin orta noktasının koordinatlarının bulunması işlemi yapmaktadır.

2D kamera, 640x380 piksel siyah beyaz sensörle 30 fps görüntü yakalama hızına sahiptir. Görüntü işleme operasyonu 1 GHz işlemcide çalışan uzatılmış SDRAM bellek kullanılmaktadır. Kameranın flash belleği ile görüntüler hafızada tutulmaktadır. Ayrıca FPGA piksel işlemeyi optimize etmektedir. 10/100 MB Fast Ethernet ile TCP/IP ve UDP/IP protokollarını kullanarak bilgisayar ile iletişim kurmaktadır. Kameranın bu bağlantılar dışında RS 485 seri port ile iletişim kurma özelliği vardır. Tetikleme özelliği standart fotoelektrik anahtarlama ile yapılmaktadır. Kendine ait yazılım ile kontrol sağlanmaktadır. Tüm aydınlatma modülleri T-bağlantı elemanı ile doğrudan bağlanırlar. 2D kamera üzerine bağlanan yüksek yoğunluklu aydınlatma modülü ile 100mm -300mm. mesafede ki bir nesne için 200mm. çapında aydınlatma sağlamaktadır. Şekil 3.6`de 2D kameranın adaptör plakasıyla beraber görüntüsü , Şekil 3.7`de 2D kameranın konnektör bağlantı tipleri gösterilmiştir.



Şekil 3.6. 2D kameranın adaptör plakasıyla beraber görüntüsü.




Şekil 3.7. 2D kameranın konnektör bağlantı tipleri

2D kameranın konektör bağlantı pin kodları şu şekildedir;

1. Güç Bağlantısı

Çizelge 3.3. Güç giriş konektörünün bağlantı noktaları

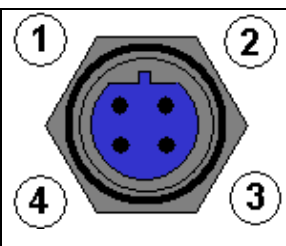
Pin (Şekil 3.14)	Renk	Sinyal	Açıklama
1	Beyaz	Tetik Giriş/Giriş 0	Yüksek=10 V... 28.8V
2	Kahverengi	DC 24 V.	.20%
3	Yeşil	Çıkış 0	Toplam Çıkış 0, Çıkış 1 ve Çıkış 2 < 100mA.
4	Sarı	Çıkış 1	Toplam Çıkış 0, Çıkış 1 ve Çıkış 2 < 100mA.
5	Gri	Giriş 0	mak=Us(Kaynak voltajı)
6	Pembe	Giriş 1	mak=Us(Kaynak voltajı)
7	Mavi	GND	
8	Kırmızı	Tetik Çıkış	TTL



2. Ethernet Bağlantısı

Çizelge 3.4. Ethernet konektörünün bağlantı noktaları


Pin (Şekil 3.15)	Renk	Sinyal	Açıklama
1		Tx+	
2		Rx+	
3		Tx-	
4		Rx-	



3.RS485 bağlantı + ikinci çıkış (female)

Çizelge 3.5. RS485 bağlantı + ikinci çıkış (female)bağlantı noktaları

Pin (Şekil 3.16)	Renk	Sinyal	Açıklama
1	Beyaz	TRA	
2	Kahverengi	Yedek	
3	Yeşil	Çıkış 2	Toplam Çıkış 0,Çıkış 1 ve Çıkış 2<100mA.
4	Sarı	Yedek	
5	Gri	GND	GND akım sinyali<100 mA.
6	Pembe	GND	GND için RS485 akımı<100 mA.
7	Mavi	TRB	
8	Kırmızı	Giriş 3	



Lens 2D de CS-ağız ve C-dönüştürücü ile kameraya takılır. Şekil 3.8’de monte edilmiş lens gösterilmiştir.



Şekil 3.8.Monte edilmiş lens.

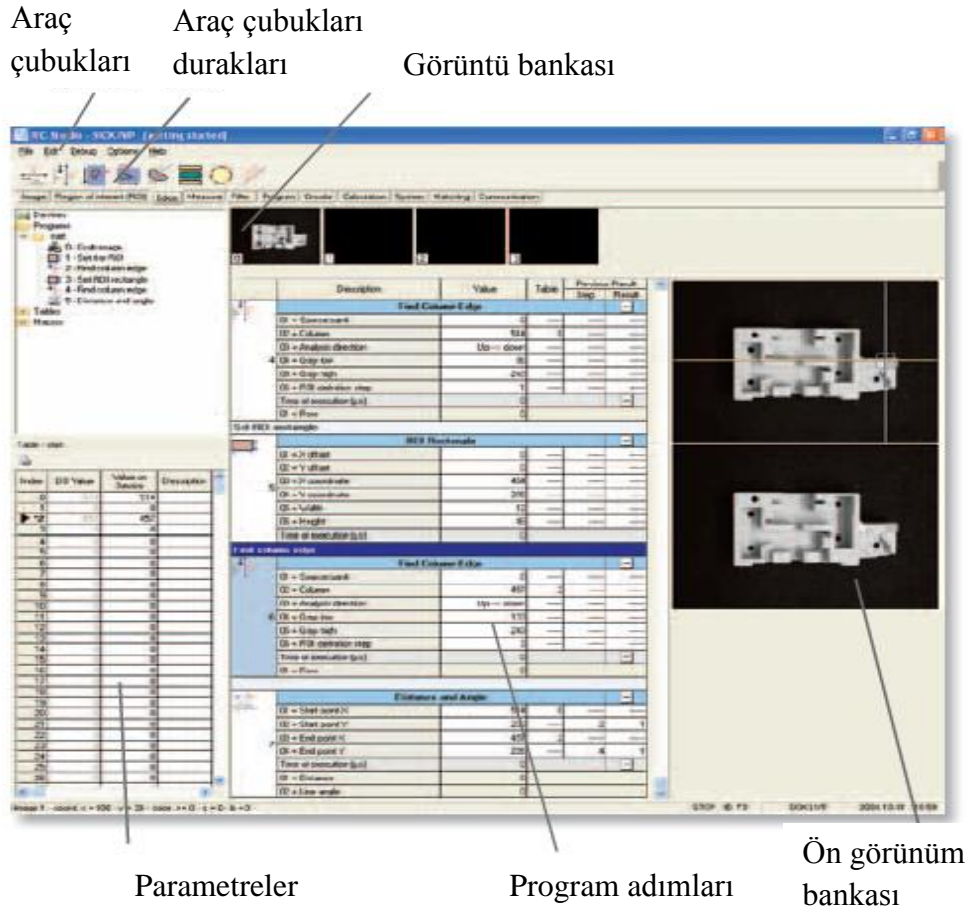
Görüntü işleme IVC studio ortamında yapılmaktadır. Aşağıdaki adımlar takip edilerek uygulama programı yapılmaktadır.

1. Adım: Etkileşimli IVC studio kullanarak bir adım programı yaratılması.
- 2.Adım: IVC studio debug ortamında test programı yapılması.
- 3.Adım: Programı tek başına çalıştırma
- 4.Adım: Web-araçları kullanarak tüm istatistikleri kontrol edilmesi.

3.1.5.1.2D Kamera Programı

2D kamera programı gerekli görüntü işleme araçlarının ikonlar vasıtasıyla kullanılması üzerine çalışmaktadır. Programlama yapısı 6 bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

- 1.Araç Çubukları: Kısayol tuşlarının olduğu araç çubuklarından oluşmaktadır.
- 2.Araç Çubukları Durakları:Araç çubuklarının alt bölümlerinin açıldığı sahadır.
- 3.Görüntü Bankası: Programın çalışması sırasında ayarlanan görüntülerin çalışma esnasında birebir görünmesinin sağlayan bölümdür.
- 4.Parametreler:Programın çalışması sırasında verilen komutlara ait alt ayarların yapıldığı bölümdür.
- 5.Program Adımları: Verilen komutların ayarlarının yapıldığı bölümdür.
- 6.Ön Görünüm Bankası: Program adımlarına ait görüntülerin birebir ne şekilde olduğunu gösteren bölümdür. Şekil 3.9 'da 2D kameranın programlama yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.9. 2D Kameranın Programlama Yapısı

3.1.5.2. 2D Kamera Programı Araç Çubukları İçin Çözüm Uygulamaları



Image

Image aracı görüntü için kullanılan araçları içermektedir. Grafik eklemek, kamera görüntüsünü belleğe almak , alınan görüntülerin düzenlenmesi ,çalıştırılması ,kapanması işlemlerinin yapıldığı bölümdür.



Region of interest

Görüntü işlemede bozuk görüntülerin işlenmesini ve işlemin hızlanmasını sağlamaktadır.



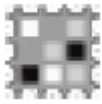
Edge

Görüntü işleme sırasında nesnelerin kenarlarının bulunmasını sağlamaktadır.



Measure

Kütle merkezini bulmak, mesafe ve açı ölçümlerinin yapılmasını sağlamaktadır.



Filter

Görüntü özelliklerinin değiştirilmesini sağlamaktadır.. Gri-tonlama ile görüntüler üzerinde düzeltmeler yapılmaktadır.



Calculation

Değerleri doğru sınırlar içinde yapılabilmesi için hesaplamaların yapılmasını sağlamaktadır.



Circular

Nesnelerin çapları, yüzey ve dış şekillerinin kontrol edilmesini sağlamaktadır.



Matching

Görüntü işleme sırasında eşleştirme işleminin yapılmasını sağlamaktadır



Program

Görüntü işleme sırasında yazılması gereken kodların yazılmasını sağlamaktadır.



Communication

İletişim araçlarının giriş-çıkışlarının kontrol edilmesini sağlamaktadır.



System

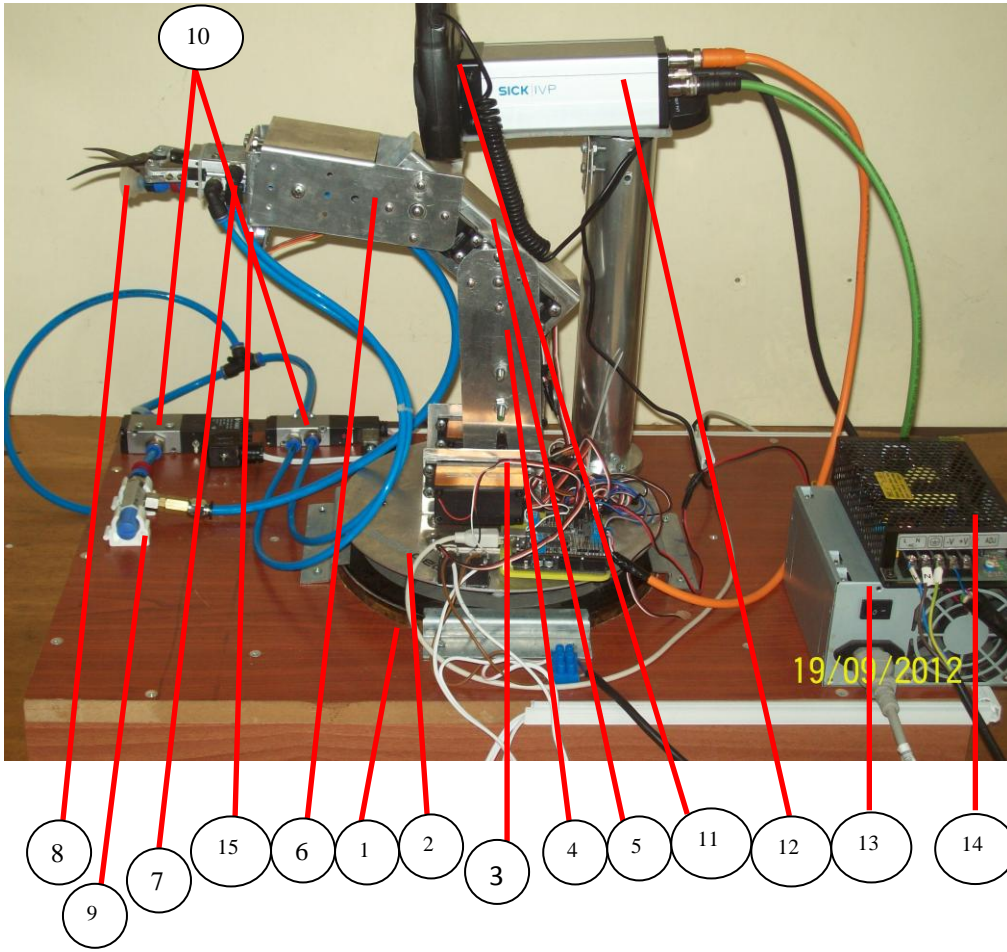
Kalıcı belleğe sonuçların kaydedilmesi, yazıcıdan çıktı alınması , çizelge sonuçlarının ve parametrelerin eklenip-çıkartılmasını sağlamaktadır.

3.1.5.3. 2D Kameranın Teknik Özellikleri

Çizelge 3.6. 2D kameranın teknik özellikleri

	2D Kamera	Özellik
Imager	CCD, elektronik örtü	
Lens adaptör	CS-ağız ve C-ağız	
Pixel çözünürlük	640 x 480	1/3" ve 3.6 mm x 4.8 mm
Işık tayfı yanıt süresi	Yaklaşık 400 nm ... 750 nm	
Yanıt süresi	64µs to 500ms	
Güç kaynağı	DC 24 V ± 20%	
Akım tüketimi	< 400 mA	yüksüz; aydınlatmasız
Tarama süresi	< 5V _{ss}	
Konnektörler	Güç I/O: M12, 8-pin Ethernet: M12, 4-pin, D- coded, RS485 I/O: M12, 8-pin	
Dijital giriş	Üst= 10V ... 28.8V	
Dijital çıkış	B - tip; <100mA	100mA = Tüm dijital çıkış toplam miktarı
Seri bağlantı arayüzü	RS485 Ethernet: 100Mbit/s	
Çalışma sıcaklığı	0°C ... 50° C	
Bellek sıcaklığı	-20° C ... 70° C	
Yük şoku	15g, 3 x 6 direkt	
Yük titreşimi	5 g, 58 ... 150 Hz	
Ağırlık	Yaklaşık 505 gr.	
Boyutlar	161 mm x 60 mm x 55 mm	L x W x D
Çevrim oranı	IP 54	
Yapım özelliği	Alüminyum, anodized; Konnektörler = Nikel pirinç tabaka Ön pencere başlığı = PMMA	

3.1.6.Robotun Yapısı



No	Ad
1	Alt base
2	Üst base
3	Omuz servo bağlantısı
4	Link 1
5	Link2
6	Link 3
7	Paralel tutucu
8	Vakum pedi
9	Vakum jeneratörü
10	Kontrol valfleri
11	48 Led'li flaş
12	2D kamera
13	Güç kaynağı1
14	Güç kaynağı2
15	Ultrasonic bağlantı

Şekil 3.10.Tasarım hesabından sonra oluşturulan robot kol yapısı

Alt Base 'in teknik çizimleri Ek 1'de gösterilmiştir.

Üst Base Bağlantısının teknik çizimleri Ek 2'de gösterilmiştir.

Omuz Servo Bağlantısının teknik çizimleri Ek 3'de gösterilmiştir.

Link Bağlantısı-1-1'in teknik çizimleri Ek 4'de gösterilmiştir.

Link Bağlantısı-1-2'nin teknik çizimleri Ek 5'de gösterilmiştir.

Link Bağlantısı-1-3'ün teknik çizimleri Ek 6'da gösterilmiştir.

Ultrasonic Sensor Bağlantısının teknik çizimleri Ek 7'de gösterilmiştir.

3.1.7. Servo Motorlar ve Özellikleri

4 eksenin robotun hareketini sağlamak için 5 adet servo motorlar kullanılmıştır. Şekil 3.11'de kullanılan servo motorların resmi gösterilmiştir. Çizelge 3.7'de Servo1 ve Servo2'nin teknik özellikleri verilmiştir.



Servo1



Servo2

Şekil 3.11.Kullanılan servo motorlar

Çizelge 3.7. Servo1 ve Servo2'nin teknik özellikleri

	Servo1	Servo2
Özelliği	Analog	Digital
Boyutları (mm)	60 x 30.7 x 60	65.8 x 30 x 57.4
Ağırlığı (g.)	160	200
Hızı (s/60 der.)	6V = 0.22	6 V = 0.18
Tork (kg.cm)	6V = 33	6 V = 28
Dişli Kutusu	Metal	Metal
Dönme	120	120

3.1.8.Kullanılan Güç Kaynakları

Robotik sistem kontrol kartı, robotun hareket etmesi ve kameranın elektrik gücü için 2 adet güç kaynağı kullanılmıştır. Şekil 3.12'de kullanılan güç kaynaklarının resmi gösterilmiştir. Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'da teknik özellikleri verilmiştir.

Güç Kaynağı1



Güç Kaynağı2



Şekil 3.12.Güç kaynağı

Çizelge 3.8.Güç Kaynağı1'in teknik özellikler

Maksimum Güç	300W
Switchler	ATX Lojik on-off güç anahtarı
Soğutma Sistemi	8 cm sessiz Fan
Renk	Gümüş
Boyutlar	140(W)X150(L)X86(H)mm
Giriş Voltajı	90-132VAC/180-264VAC
Giriş Frekansı	47-63Hz
Giriş Akımı	2.5A Max.at 230VAC
Bağlantı Çıkışları	20+4 pin ana bağlantı
	2x S_ATA
	3x HDD
Çıkış Voltajı	+12V1,+5V,+3.3V, 12V, +5VSB
Güç Sinyali	100 - 500 ms
Güç düşüş sinyali	1 ms Min.
Bekleme zamanı	17 ms Min.

Çizelge 3.9. Güç Kaynağı2'nin teknik özellikler

Tip	Güç kaynağı2
Güç Girişi	220 Volt AC Girişi
Güç Çıkışı	24 Volt
Güç Tüketimi	2,1 Amper
Kısa Devre Koruması	Var
Regüle	Var

3.1.9.Robotik Sistem Kontrol Kartı

Robot kol ile kamera arasında dataların kontrol edilmesi, robot kolun hareketinin sağlanması için gerekli komutların uygulanması amacıyla kullanılmıştır.

3.1.9.1.Robotik Sistem Kontrol Kartı İşlemcinin Yapısı ve Özellikleri

Robotik sistem kontrol kartı, ATmega 328 tabanlı bir mikroişlemci geliştirme kartıdır. Kart, 14 adet dijital giriş/çıkış bağlantısına (bunların 6 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir), 6 analog girişe, 16 Mhz kristal osilatöre, USB bağlantısına, güç bağlantısına, ICSP bağlantısına ve reset tuşuna sahiptir. Şekil 3.13'de Robotik sistem kontrol kartı'nın resmi gösterilmiştir. Bilgisayar ile USB portu üzerinden güç aktarımını yapar. Çizelge 3.10'da devrenin teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.13.Robotik sistem kontrol kartı.

Çizelge 3.10 Robotik sistem kontrol kartı teknik özellikleri

Mikroişlemci	ATmega328
Çalışma Voltajı	5V
Besleme Voltajı (önerilen)	7-12V
Besleme Voltajı (limit)	6-20V
Dijital G/Ç bağlantıları	14 (6 tanesi PWM çıkışı sağlayabilir)
Analog Giriş Bağlantıları	6
G/Ç bağlantısı başına DC	40 mA
3.3V bağlantısı için DC	50 mA
Flash Bellek	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Hızı	16 MHz

Robotik sistem kontrol kartı, USB bağlantısı tarafından, pil ya da güç kaynağı tarafından beslenebilir. Güç beslemesi, besleme soketinden yapılabileceği gibi Gnd ve Vin soketleri ile de sağlanabilir.

Güç Pinleri:

- **VIN.** Güç bağlantı soketi yerine kullanılacak olan giriş bağlantısı Robotik sistem kontrol kartı'nın beslememizi sağlar
- **5V.** Robotik sistem kontrol kartı devresi üzerinde regüle edilmiş 5 Volt çıkışı olan bağlantıdır.

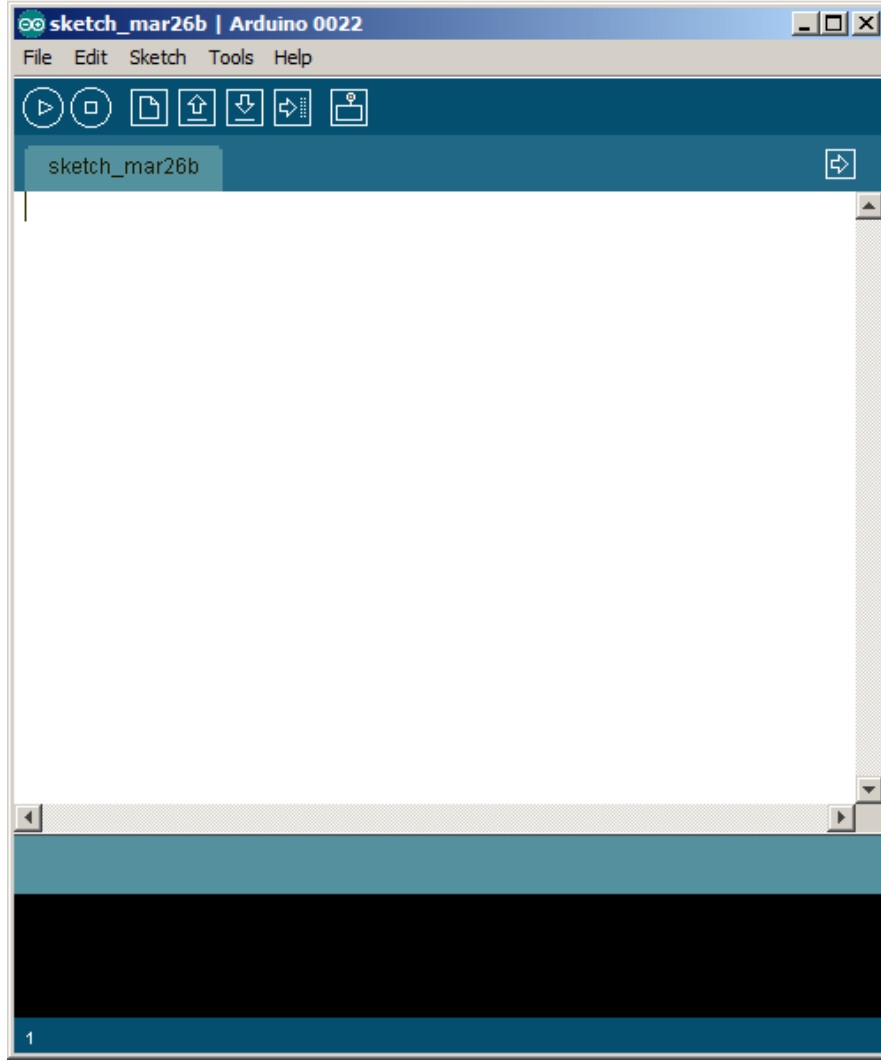
- **3V3.** Robotik sistem kontrol kartı devresi üzerinde regüle edilmiş 3.3 Volt çıkışı olan bağlantıdır.
- **GND.** Toprak bağlantısıdır.

14 Dijital bağlantının her biri giriş ya da çıkış olarak kullanılabilir, pinMode() komutu ile pinlerin giriş ya da çıkış olacakları, digitalWrite() ve digitalRead() komutları ile de bu pinlerdeki durumu değiştirme ya da okuma işlemleri gerçekleştirilebilir. Bağlantılar 5 Volt ile çalışır ve 20-50 kOhm iç direnç değerlerine sahiplerdir. Bunların dışında bazı bağlantıların kendine has özellikleri bulunmaktadır:

- **Seri İletişim : 0 (RX) ve 1 (TX).** Bu bağlantılar, USB çıkışına bağlı olup TTL seri sinyalini taşımak için kullanılmaktadır.
- **Dış Kesmeler: 2 ve 3.** Bu bağlantılar düşük değer, alçalan ve yükselen sinyal, durum değişikliği gibi olaylar için ayarlanabilen kesme bağlantılarıdır. attachInterrupt() komutu ile kullanılmaktadır.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, ve 11.** analogWrite() komutu ile 8-bit çözünürlüğünde PWM çıkışı sağlayabilen bağlantılardır.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** SPI kütüphanesi ile SPI iletişim uygulamalarında kullanılan bağlantılardır.
- **LED: 13.** Devre kartı üzerinde bulunan LED 13. Girişe bağlanmıştır ve 13. Girişin durumuna göre yakılıp söndürülebilir.

Robotik sistem kontrol kartı 6 analog girişe sahiptir ve bunlar A0'dan A5'e kadar numaralandırılmışlardır. Her biri 10 bit çözünürlüğe sahiptir. Genel kullanımda 5 volt ile toprak arasında ölçüm yapan girişler için AREF bağlantısı kullanılarak ölçüm aralığı değiştirilebilir. Bu işlem için analogReference() komutu kullanılmaktadır. Bu pinlerden bazıları farklı özellikler için kullanılmaktadır.

Robotik sistem kontrol kartı versiyonu yüklendikten sonra çalıştırıldığında Şekil 3.14'de gösterilen ekran görüntüsü ekrana gelecektir.



Şekil 3.14. Robotik sistem kontrol kartı çalışma ekranı.

3.1.9.2. Robotik Sistem Kontrol Kartı İşlemcinin Program Yapısı

File Menüsü:

Bu Menüde her programda karşılaştığımız gibi yeni çalışma açabilir, var olan çalışmamızı çağırıp kaldığımız yerden devam edebilir ayrıca var olan çalışmamızı kaydedebiliriz.

Edit Menüsü:

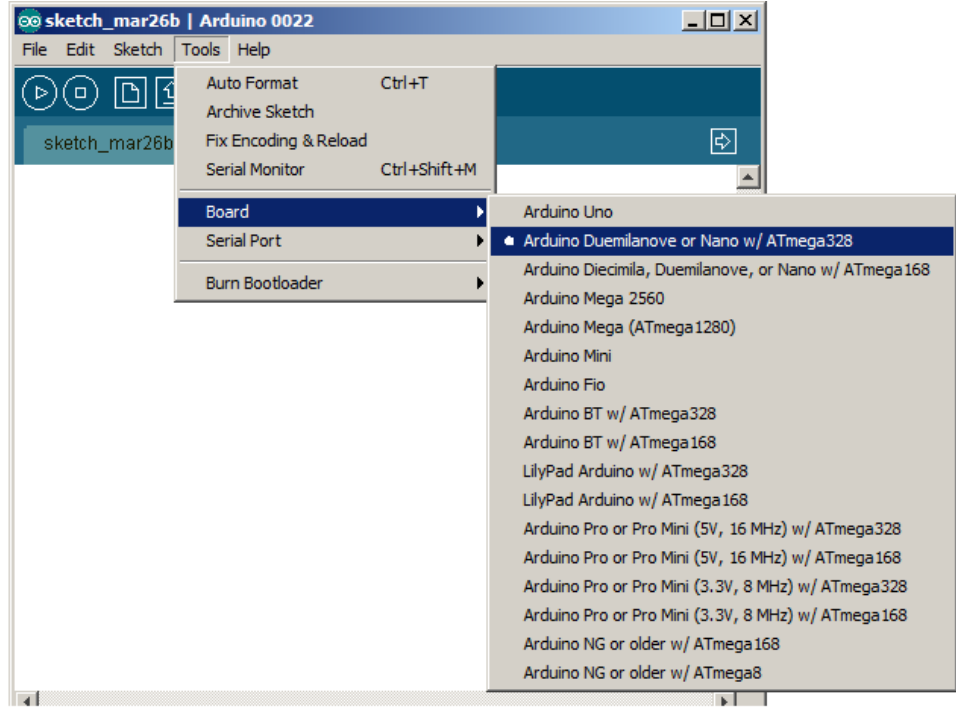
Bu Menüde yine her programda sıkça karşılaştığımız gibi kesme kopyalama yapıştırma arama gibi sekmelerden oluşmaktadır.

Skeeth Menüsü:

Bu Menü tamamen çalışma alanımızla ilgilidir, yazdığımız programı derleme durdurma ve kütüphanede yazılmış olan örneğin haberleşme protokolü gibi eklentileri yapmamızı sağlamaktadır.

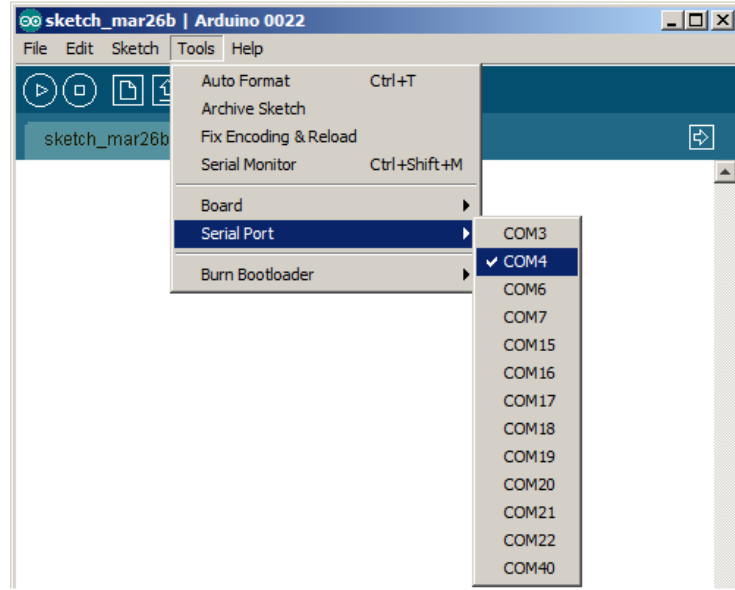
Tools Menüsü:

Robotik sistem kontrol kartı programı ile boardumuzun haberleşmesi ve doğru boardu tanıtmamız gerekmektedir. Bu bölümde yapılacak bir hata programın işlemciye gönderilmesi gerçekleşmektedir. Aşağıdaki Şekil 3.15'de Arduino Duemilanove or Nano w/ATmega328 ve USB seri port dönüştürücüsünün port4'e kurulması gösterilmektedir.



Şekil 3.15.Arduino Duemilanove or Nano W/ATmega328 ve USB seri port dönüştürücüsünün port4'e kurulması ekranı

Robotik sistem kontrol kartının seçimi;



Şekil 3.16. Robotik sistem kontrol kartı programının haberleşme portunun seçimi.

Help Menüsü:

Bu menü yardım menüsüdür . Robotik sistem kontrol kartı hakkında bir çok bilgiyi buradan edinebiliriz.

Kısayol simgelerinin açıklanması;



Bu buton yazdığımız programı derlemeye yarar. Programımızda bir hata arar yoksa arduinomuzun anlayacağı makine kodunu oluşturmaktadır.



Bu buton derlemeyi durdurmaktadır.



Bu buton yeni bir çalışma sayfası getirmektedir.



Bu buton var olan çalışmamızı yada kütüphanede daha önceden bizim için oluşturulmuş hazır programları sekmeler halinde listelemektedir.



Bu buton çalışmakta olan sayfamızı kaydetmemizi sağlamaktadır.



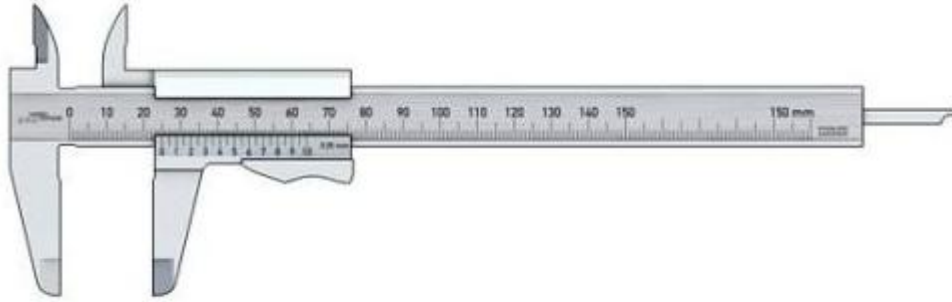
Bu buton yazmış olduğumuz programı derleyip arduino boardumuza yüklememizi sağlamaktadır.



Bu buton serial monitörü çalıştırır. Seri monitörü robotik sistem kontrol kartı ile bilgisayarımızın seri port üzerinden bilgi alışverişini sağlamaktadır.

3.1.10. Sürmeli Kumpas

Hassas ölçülerin alınmasında kullanılan verniyer bölüntülü hassas bir ölçme aletidir. Derinlik, uzunluk, dış ve iç çap gibi boyutları ölçmeye yarar. Ölçümler milimetrenin 1/50 hassasiyetine sahip kumpas ile yapılmıştır. Şekil 3.17'de kumpasın resmi gösterilmiştir.



Şekil 3.17.Kumpas

3.1.11.Terazi

Meyvelerin ağırlığını ölçmek üzere elektronik terazi kullanılmıştır. Şekil 3.18'de elektronik terazinin resmi gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Terazi

Teknik özelliği

Kapasite : 3000 g.

Hassasiyet: 0.01 gr.

İnput : 230 V ~ / 50 Hz /16 VA

Output : 145 V ~ / 530 mA / 7.7 VA

3.1.12.El Dinanometresi

Meyvenin sap kopma dirençlerini ölçülmesi için 1 adet el dinanometresi kullanılmıştır. Şekil 3.19’da kullanılan el dinanometresinin resmi gösterilmiştir.



Şekil 3.19. El dinanometresi.

El dinanometresi teknik özelliği

Ölçüm değerleri:0 Kg, Kg/LB/Newton.

Ölçüm şekli:Gerilim veya çeki,

Bilgisayar Arayüzü:RS-232

Güç: 6 x 1.5V AA pil veya DC 9V adaptör

3.2.YÖNTEM

3.2.1.Robot Kolun Hareket Dinamiklerinin Hesaplanması

Robot kol üzerinde bulunan 4 adet hareket sağlayan DOF'un hareketlerinin yapılabilmesi için Düz ve Ters kinematik hesaplama yöntemi kullanıldı. Düz ve Ters kinematik hesaplar ayrı ayrı yapılmıştır.

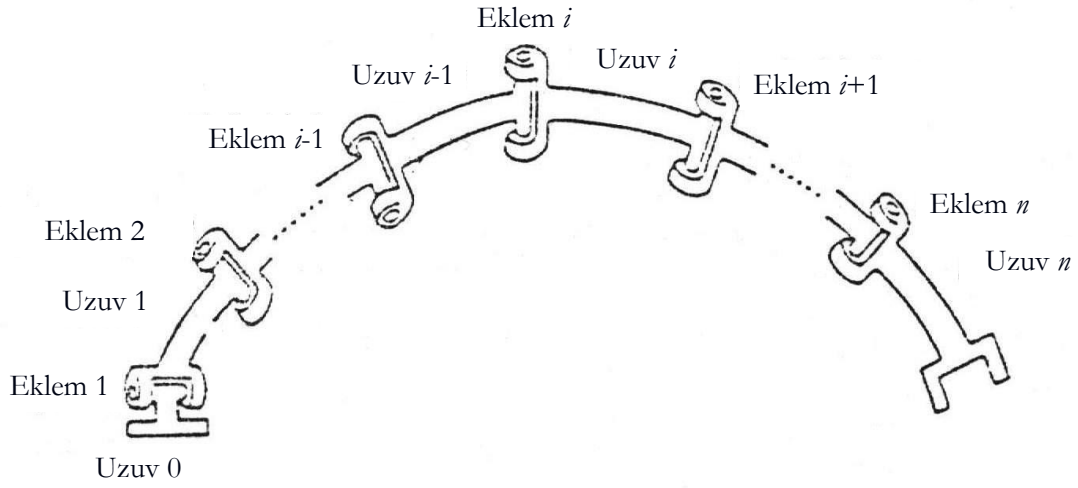
3.2.1.1.Düz Kinematikler

Manipülâtörün verilen eklem değişken değerleri için sonlandırıcının konumunu ve yönelimini bulmak için düz kinematik kullanılır. Eklem değişkenleri , eklem döner olması durumunda uzuvlar arasındaki açı , eklem kayar olması durumunda uzuv uzanma miktarına göre değişir. Bu değişkenler için gösterilim aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Kayhan,2003).

$$q_i = \begin{cases} \theta_i & \text{döner eklem için} \\ d_i & \text{kayar eklem için} \end{cases} \quad (3.1)$$

Manipülâtörlerin eklemlerle birleştirilmiş bir dizi uzuv olduğundan Şekil 3.20'de gösterildiği gibi n+1 uzva sahip bir manipülâtördür. Her bir uzva bir koordinat çerçevesi atandığında T_{i-1}^i 'in çerçeve i 'den çerçeve i-1'e homojen dönüşüm matrisi olur. T_{i-1}^i matrisinin sabit olmadığına , manipülâtörün hareketiyle değişir. Bu tanımlara bağlı olarak sonlandırıcının konumunu ve yönelimini temel koordinat çerçevesinde elde etmek için homojen dönüşüm matrisini aşağıdaki formülde verilmiştir (Kayhan,2003).

$$H = T_0^n = T_0^1 . T_1^2 . \dots . T_{n-1}^n \quad (3.2)$$

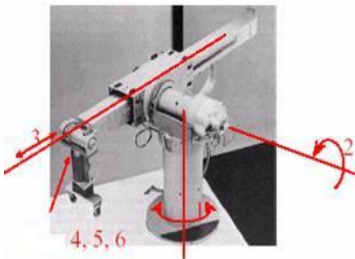


Şekil 3.20. $n+1$ uzva sahip kinematik zincir oluşturan manipülatör (Kayhan,2003).

3.2.1.2. Ters Kinematikler

Düz kinematiklerin tersi biçimde robotikte ters kinematikler verilen sonlandırıcı konum ve yönelimi için gerekli eklem değişken değerlerini bulmak için kullanılır. Ters kinematik problemlerinde düz kinematiklerin tersi biçimde homojen dönüşüm matrisleriyle oluşturulan doğrusal olmayan denklemlerin çözülmesi yapılır.

Şekil 3.21 'de verilen 6 uzumlu Stanford Arm manipülatörü incelendiğinde eşitlik 3.3 'de verilen homojen matris değerleri için eşitlik 3.4'deki doğrusal olmayan trigonometrik eşitlikler çözümlendiği görülür (Kayhan 2003).



Şekil 3.21. Stanford Arm manipülatör (Kayhan 2003).

$$T_0^6 = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & d_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & d_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & d_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} c_1[c_2(c_4c_5c_6 - s_4s_6) - s_2s_5c_6] - s_1(s_4c_5c_6 + c_4s_6) &= r_{11} \\ s_1[c_2(c_4c_5c_6 - s_4s_6) - s_2s_5c_6] + c_1(s_4c_5c_6 + c_4s_6) &= r_{21} \\ -s_2(c_4c_5c_6 - s_4s_6) - c_2s_5c_6 &= r_{31} \\ c_1[-c_2(c_4c_5c_6 + s_4s_6) + s_2s_5c_6] - s_1(-s_4c_5c_6 + c_4c_6) &= r_{21} \\ s_1[-c_2(c_4c_5c_6 + s_4s_6) + s_2s_5c_6] + c_1(s_4c_5c_6 + c_4c_6) &= r_{22} \\ s_2(c_4c_5s_6 + s_4c_6) + c_2s_5c_6 &= r_{32} \\ c_1(c_2c_4s_5 + s_2c_5) - s_1s_4s_5 &= r_{13} \\ s_1(c_2c_4s_5 + s_2c_5) + c_1s_4s_5 &= r_{23} \\ -s_2c_4s_5 + c_2c_5 &= r_{33} \\ c_1s_2d_3 - s_1d_2 - d_6(c_1c_2c_4s_5 + c_1c_5s_2 - s_1s_4s_5) &= d_x \\ s_1s_2d_3 + c_1d_2 + d_6(c_1s_4s_5 + c_2c_4s_1s_5 + c_5s_1s_2) &= d_y \\ c_2d_3 + d_6(c_2c_5 - c_4s_2s_5) &= d_z \end{aligned} \quad (3.4)$$

Bu eşitliklerin kapalı formda doğrudan çözülmesi zor olduğundan çözüm için etkin ve sistematik yöntemler gerekir. Bu tip eşitliklerin çözümü için iki ana yöntem kullanılır (Kayhan,2003). Bunlar;

1.Kapalı Form Yaklaşımı: Bu yaklaşımda, homojen dönüşüm matrisinden elde edilen eşitliklere bağlı olarak genel eklem değişkenleri çözümü elde edilir. Bunun sonucunda çok hızlı hesaplamaların gerektiği online robot uygulamaları için pratik ve hızlı bir yaklaşım elde edilir. Bize sağladığı diğer kolaylık, çoklu çözümlerin olduğu durumlarda bu çözümlerden sadece birini seçerek çözüm karmaşasını ortadan kaldırmasıdır. Kapalı form yaklaşımı iki alt başlıkta altında incelenir. Bunlar;

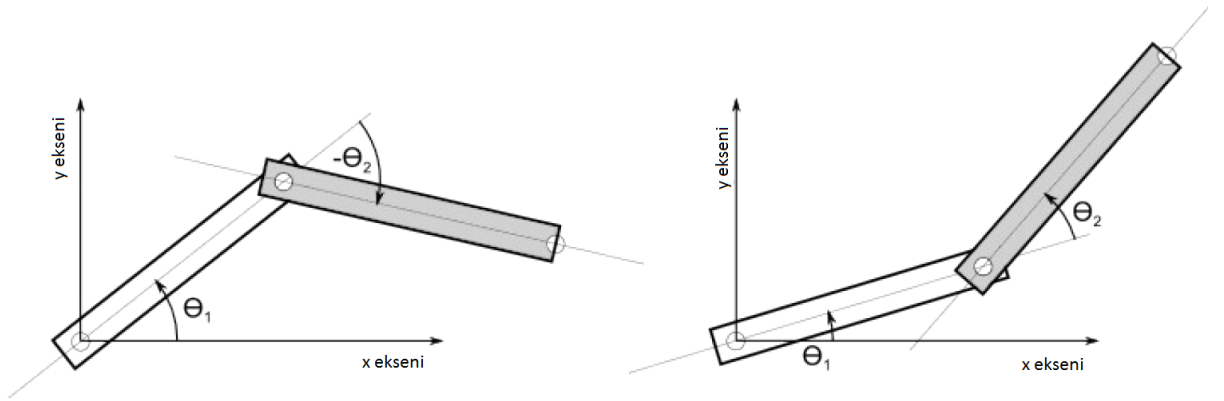
a.Geometrik yaklaşım: Manipülatör duruşuna bağlı olarak oluşan geometrik şekilden yararlanılan yaklaşımdır. Bundan dolayı ters konum kinematiklerinin çözümünde tercih edilir.

b.Cebirsel yaklaşım: Manipülatörün parametreleri ve eklem değişkenleri arasındaki cebirsel ilişkilerden yararlanan yaklaşımdır. Kullanım alanı çoğunlukla ters yönelim kinematiğinin çözümünün şeklindedir.

2.Sayısal(İteratif) Yaklaşım: Yaklaşımın amacı manipülatörün diferansiyel kinematik eşitliklerinden ve eklem değişkenlerinin başlangıç değerlerinden yararlanarak eklem değişkenlerinin zamana sayısal değerlerin bulunmasıdır.

3.2.1.3.Kullanılan Robot Kolun Kinematik Hesapları

Robot kol kinematik denklemleri hesaplanırken, tasarlanan robot kol 2 DOF hareket kabiliyetine sahip olarak düşünülmüştür. 2 DOF bir sistem için koordinat ekseninde yerleşim ve açı bilgileri aşağıdaki Şekil 3.22’de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. 2 DOF Robot Kol Sistemi

Bu robot kol sistemi için düz kinematik hesabı aşağıdaki gibidir.

$$x = l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad (3.5)$$

$$y = l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \quad (3.6)$$

Ters kinematik denklemlerinin hesaplanmasında ise $x^2 + y^2$ eşitliğinin bulunması ilk adımdır.

$$x^2 + y^2 = l_1^2 \cos^2 \theta_1 + l_2^2 \cos^2(\theta_1 + \theta_2) + 2l_1 l_2 \cos \theta_1 \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_1^2 \sin^2 \theta_1 + l_2^2 \sin^2(\theta_1 + \theta_2) + 2l_1 l_2 \sin \theta_1 \sin(\theta_1 + \theta_2)$$

$$x^2 + y^2 = l_1^2 + l_2^2 + 2l_1 l_2 [\cos \theta_1 \cos(\theta_1 + \theta_2) + \sin \theta_1 \sin(\theta_1 + \theta_2)] \quad (3.7)$$

Bu eşitliği sadeleştirebilmek için aşağıdaki eşitlikler kullanılmalıdır.

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y \quad (3.8)$$

$$\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \pm \sin x \sin y \quad (3.9)$$

Sonuç olarak;

$$x^2 + y^2 = l_1^2 + l_2^2 + 2l_1 l_2 [\cos \theta_1 (\cos \theta_1 \cos \theta_2 - \sin \theta_1 \sin \theta_2) + \sin \theta_1 (\sin \theta_1 \cos \theta_2 - \cos \theta_1 \sin \theta_2)]$$

$$x^2 + y^2 = l_1^2 + l_2^2 + 2l_1 l_2 [\cos^2 \theta_1 \cos \theta_2 + \sin^2 \theta_1 \sin \theta_2]$$

$$x^2 + y^2 = l_1^2 + l_2^2 + 2l_1 l_2 \cos \theta_2 \quad (3.10)$$

$$\cos \theta_2 = \frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1 l_2} \quad (3.11)$$

“arccos” fonksiyonu çeşitli yazılım ortamlarında küçük açılar için hassas sonuç vermediği için bu denklemi kullanmak yerine aşağıdaki gibi bir dönüşüm gerçekleştirilmelidir.

$$\cos^2 \theta_2 + \sin^2 \theta_2 = 1 \quad (3.12)$$

$$\sin \theta_2 = \pm \sqrt{1 - \cos^2 \theta_2} \quad (3.13)$$

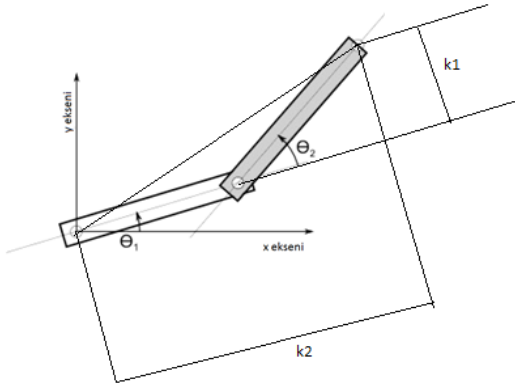
Sonuç olarak Şekil 3.23’de gösterilen iki farklı konfigürasyon için (dirseğin yukarı ve aşağı doğru olması) açı değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\theta_2 = \text{atan2}(\sin\theta_2, \cos\theta_2)$$

$$\theta_2 = \text{atan2}(\pm\sqrt{1 - \cos^2\theta_2}, \cos\theta_2)$$

$$\theta_2 = \text{atan2}\left(\pm\sqrt{1 - \left(\frac{x^2+y^2-l_1^2-l_2^2}{2l_1l_2}\right)^2}, \frac{x^2+y^2-l_1^2-l_2^2}{2l_1l_2}\right) \quad (3.14)$$

θ_1 ile ilgili çözüme ulaşabilmek için Şekil 3.23'de gösterilen parametrelerin tanımlanması gerekiyor.



Şekil 3.23. Yeni Parametreler

Şekil 3.23'de gösterilen parametrelere göre sistem revize edilirse;

$$x = l_1 \cos\theta_1 + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad (3.15)$$

$$y = l_1 \sin\theta_1 + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \quad (3.16)$$

$$x = k_1 \cos\theta_1 - k_2 \sin\theta_1 \quad (3.17)$$

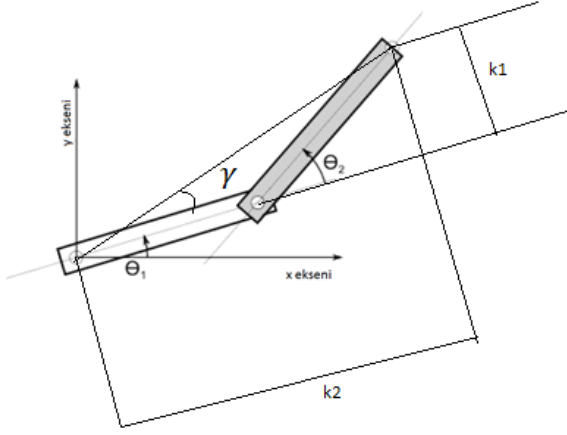
$$y = k_1 \sin\theta_1 + k_2 \cos\theta_1 \quad (3.18)$$

Bu denklemlerde bahsedilen;

$$k_1 = l_1 + l_2 \cos\theta_2 \quad (3.19)$$

$$k_2 = l_2 \sin \theta_2 \quad (3.20)$$

Sistem üzerinde tanımlanan yeni açı parametresi Şekil 3.24’de gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Yeni Açı Parametresi

Şekil 3.24’de gösterilen açı tanımlandığında ve yeni parametrelerde kullanıldığında;

$$r = \sqrt{k_1^2 + k_2^2} \quad (3.21)$$

$$\gamma = \text{atan2}(k_1, k_2) \quad (3.22)$$

$$k_1 = r \cos \gamma \quad (3.23)$$

$$k_2 = r \sin \gamma \quad (3.24)$$

k_1 ve k_2 değerlerini x ve y denklemlerinde yerleştirilirse;

$$x = r \cos \gamma \cos \theta_1 - r \sin \gamma \sin \theta_1 \quad (3.25)$$

$$y = r \cos \gamma \sin \theta_1 + r \sin \gamma \cos \theta_1 \quad (3.26)$$

Bu denklemler kullanılarak;

$$\gamma + \theta_1 \operatorname{atan2}\left(\frac{y}{r}, \frac{x}{r}\right) = \operatorname{atan2}(y, x) \quad (3.27)$$

$$\theta_1 = \operatorname{atan2}(y, x) - \operatorname{atan2}(k_1, k_2) \quad (3.28)$$

Sonuç olarak kinematik denklemler aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

$$\theta_2 = \operatorname{atan2}\left(\pm \sqrt{1 - \left(\frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1 l_2}\right)^2}, \frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1 l_2}\right) \quad (3.29)$$

$$k_1 = l_1 + l_2 \cos \theta_2 \quad (3.30)$$

$$k_2 = l_2 \sin \theta_2 \quad (3.31)$$

$$\theta_1 = \operatorname{atan2}(y, x) - \operatorname{atan2}(k_1, k_2) \quad (3.32)$$

Bu denklemleri kullanan Matlab kodu aşağıda gösterilmiştir. l_1, l_2, l_3 robot kol sisteminin link uzunluklarıdır.

```
function [] = invkin(X,Y)
```

```
X=X-25.5;
```

```
L1=15; //link uzunlukları
```

```
L2=8;
```

```
L3=23;
```

```
//kinematik hesaplar
```

```
Teta2=atan2((1-((X^2+Y^2-L1^2-L2^2)/(2*L1*L2))^2)^0.5,((X^2+Y^2-L1^2-L2^2)/(2*L1*L2))^2);
```

```
K1=L1+L2*cos(Teta2);
```

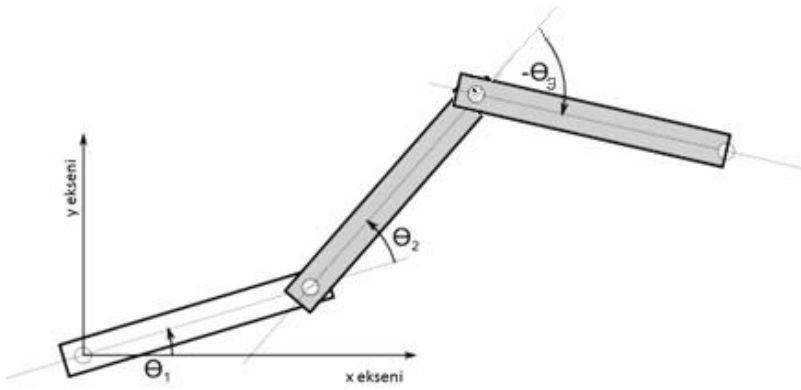
$$K2=L2*\sin(Teta2);$$

$$Teta1=atan2(X,Y)-atan2(K2,K1); \quad //\text{sonu\c{c}lar}$$

$$Teta1 = \text{radtodeg}(Teta1)$$

$$Teta2 = \text{radtodeg}(Teta2)$$

3 DOF sistemlerin açısı ve eksen yerleşimi ise Şekil 3.25 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.25. 3 DOF Robot Kol Sistemi Açısı ve Eksen Yerleşimi

Şekil 3.25 üzerinde gösterilen sistem için ise düz kinematik hesap aşağıda gösterilmiştir.

$$x = l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos (\theta_1 + \theta_2) + l_2 \cos (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (3.33)$$

$$y = l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin (\theta_1 + \theta_2) + l_2 \sin (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (3.34)$$

$$\phi = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 \quad (3.35)$$

Bu denklemlerdeki ϕ açısı sistemin son linkinin yer ile olan açısını belirtmektedir. Sistemin kinematik denklemleri ise;

$$\theta_2 = \text{atan2}(\sin \theta_2, \cos \theta_2) \quad (3.36)$$

$$\theta_1 = \text{atan2}((k_1 y_n - k_2 x_n), (k_1 x_n - k_2 y_n)) \quad (3.37)$$

$$\theta_3 = \phi - (\theta_1 + \theta_2) \quad (3.38)$$

Bu denklemlerde;

$$k_1 = l_1 + l_2 \cos \theta_2 \quad (3.39)$$

$$k_2 = l_2 \sin \theta_2 \quad (3.40)$$

$$\cos \theta_2 = \frac{(x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2)}{2l_1 l_2} \quad (3.41)$$

$$\sin \theta_2 = \sqrt{\pm(1 - \cos^2 \theta_2)} \quad (3.42)$$

$$x_n = x - l_3 \cos \phi \quad (3.43)$$

$$y_n = y - l_3 \sin \phi \quad (3.44)$$

Bu denklemleri kullanan Matlab kodu aşağıda gösterilmiştir. l_1, l_2, l_3 robot kol sisteminin link uzunluklarıdır.

```
function [] = invkin3(X,Y,phi)
```

```
phi=degtorad(phi);           //phi açısının radyan dönüşümü
```

```
X=X-25.5;
```

```
L1=15;                        //link uzunlukları
```

```
L2=8;
```

```
L3=23;
```

```
Xn=X-L3*cos(phi);           //kinematik hesaplar
```

$$Y_n = Y - L_3 \cdot \sin(\phi);$$

$$Teta2 = \text{atan2}\left(\frac{1 - ((X^2 + Y^2 - L_1^2 - L_2^2) / (2 \cdot L_1 \cdot L_2))^2}{(X^2 + Y^2 - L_1^2 - L_2^2) / (2 \cdot L_1 \cdot L_2)}\right)^{0.5}, \frac{(X^2 + Y^2 - L_1^2 - L_2^2) / (2 \cdot L_1 \cdot L_2)}{(X^2 + Y^2 - L_1^2 - L_2^2) / (2 \cdot L_1 \cdot L_2)}\right);$$

$$K1 = L1 + L2 \cdot \cos(Teta2);$$

$$K2 = L2 \cdot \sin(Teta2);$$

$$Teta1 = \text{atan2}(K1 \cdot Y_n - K2 \cdot X_n, K1 \cdot X_n - K2 \cdot Y_n);$$

$$Teta3 = \phi - (Teta1 + Teta2);$$

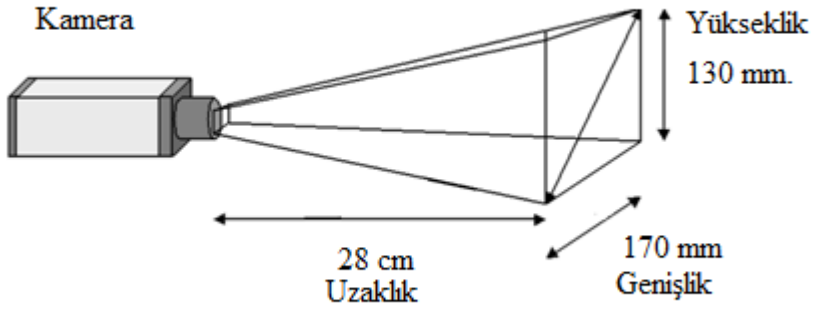
$$Teta1 = \text{rattodeg}(Teta1) \quad //\text{sonular}$$

$$Teta2 = \text{rattodeg}(Teta2)$$

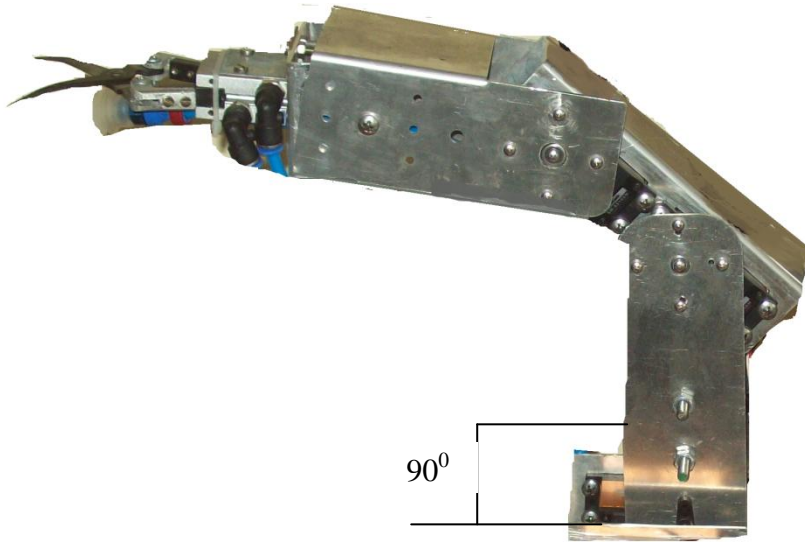
$$Teta3 = \text{rattodeg}(Teta3)$$

3.2.2. Meyvenin Yerinin Tespiti Yönetimi

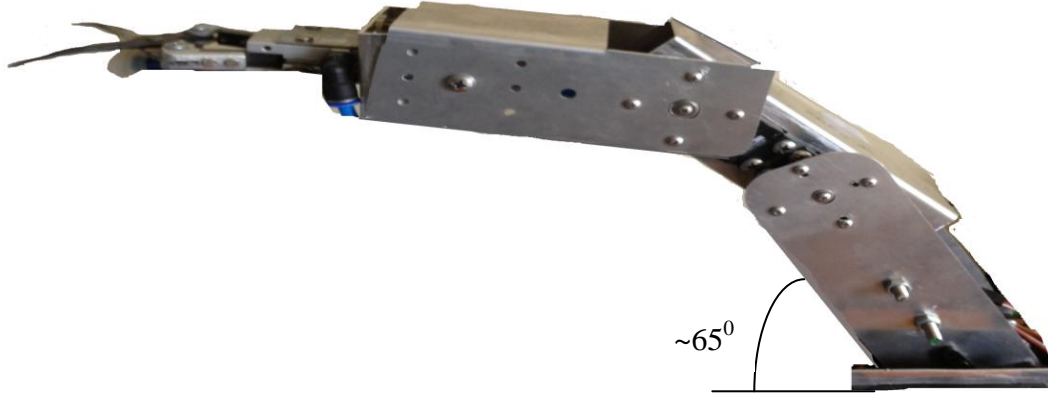
Meyvenin dal üzerinde yerinin tespiti için 2D kamera ve ultrasonik sensör kullanılmıştır. Kameranın maksimum görüş alanı 640 x 380 mm.'dir. Meyvenin yerden maksimum yüksekliği 28.5 cm.'dir. Meyvenin robot kolun merkezinde uzaklığı 28 cm olarak ayarlanmıştır. Meyvenin robot kolun merkezine olan uzaklık 28 cm ayarlanmasından dolayı kameranın görüş alanı ölçütü 170 x 130 mm olmuştur. Şekil 3.26'da kameranin ayarlanma durum uzaklığı gösterilmiştir. Bu ayarlamalar meyvenin dal üzerinden kesilmesi işleminde robot kolun maksimum mesafesi olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.27'de robot kolun ilk durum hareketi, Şekil 3.28'de robot kolun kesme için maksimum kol hareket uzaklığı gösterilmiştir.



Şekil 3.26.Kameranın ayarlanma durum uzaklığı.



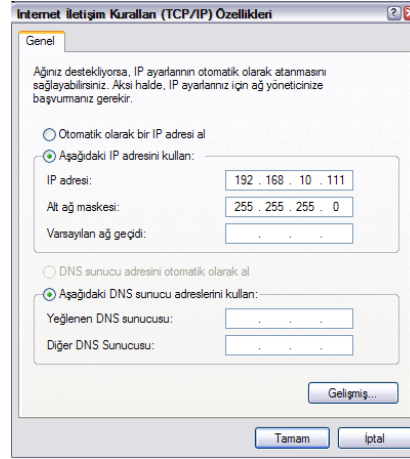
Şekil 3.27. Robot kolun ilk hareket durumu



Şekil 3.28.Robot kolun maksimum hareket durumu.

3.2.2.1.Görüntü İşleme ve Kameranın Ayarlanması

2D kameranın bilgisayara bağlanmasından sonra TCP/IP yapılandırılmasının yapılması gerekmektedir. Kamera bilgisayar ile 10/100 Mbps Fast ethernet portu ile haberleştiğinden dolayı bilgisayara TCP/IP adresi verilmiştir. TCP/IP adres değerini aşağıdaki şekilde belirlemiştir. Şekil 3.29’da yapılandırmada kullanılan TCP/IP değerleri gösterilmiştir.

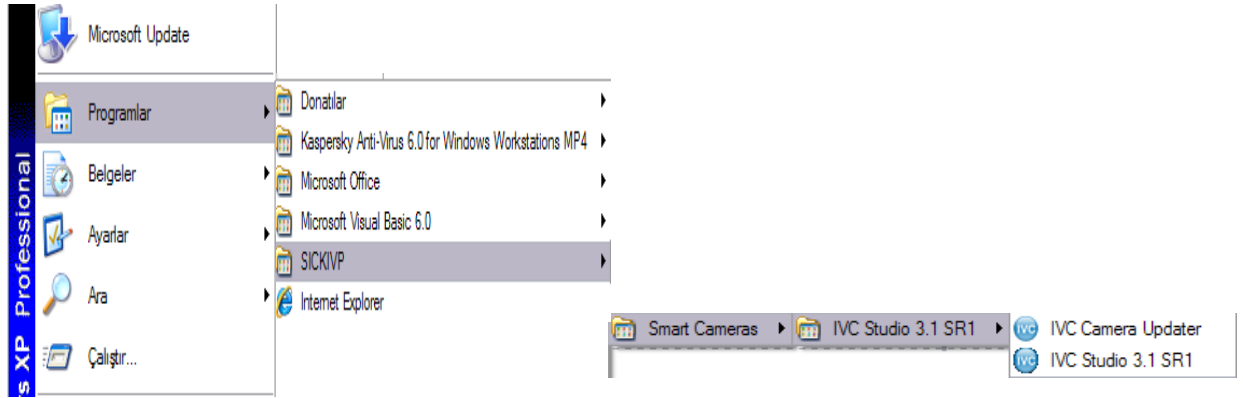


Şekil 3.29.TCP/IP yapılandırması

Yukarıdaki ayarların yapılmasından sonra bilgisayara kamera bağlandığında otomatik olarak 2D kameranın modelini bilgisayar tanıyacaktı. Kameranın programı yüklendikten sonra aşağıdaki adımlar kullanılarak programın çalıştırılması sağlanmıştır.

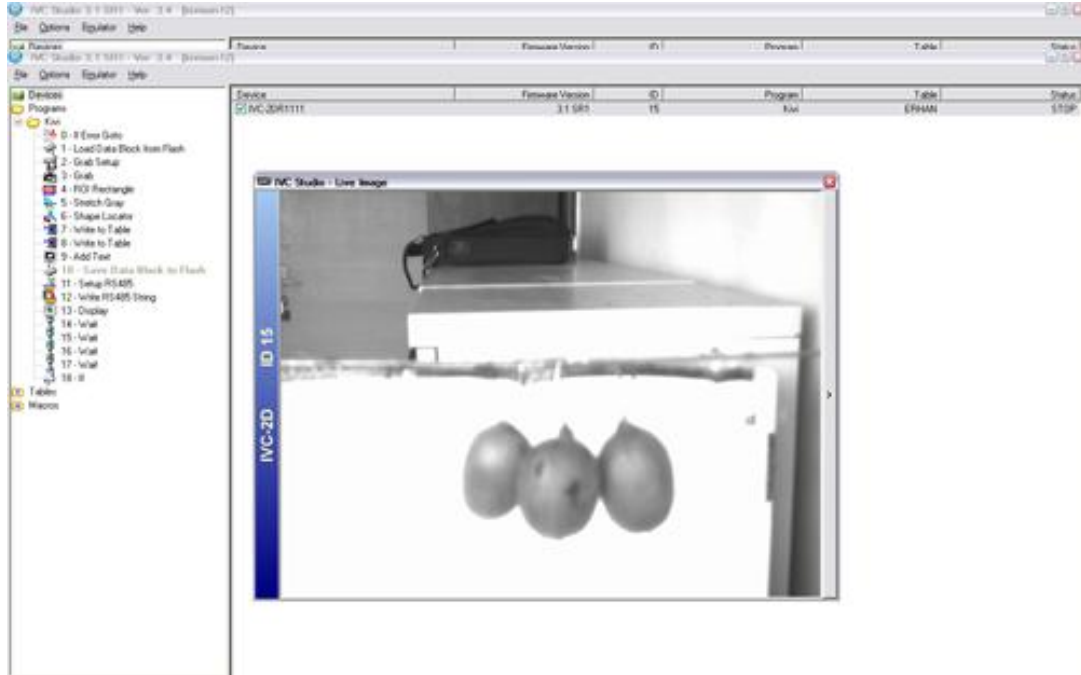
Başlat-Programlar-SICKVIP-Smart Cameras-IVC Studio 3.1SR1-IVC Studio 3.1 SR1

bölümüne girir. Şekil 3.30'da bu adımlar gösterilmiştir.




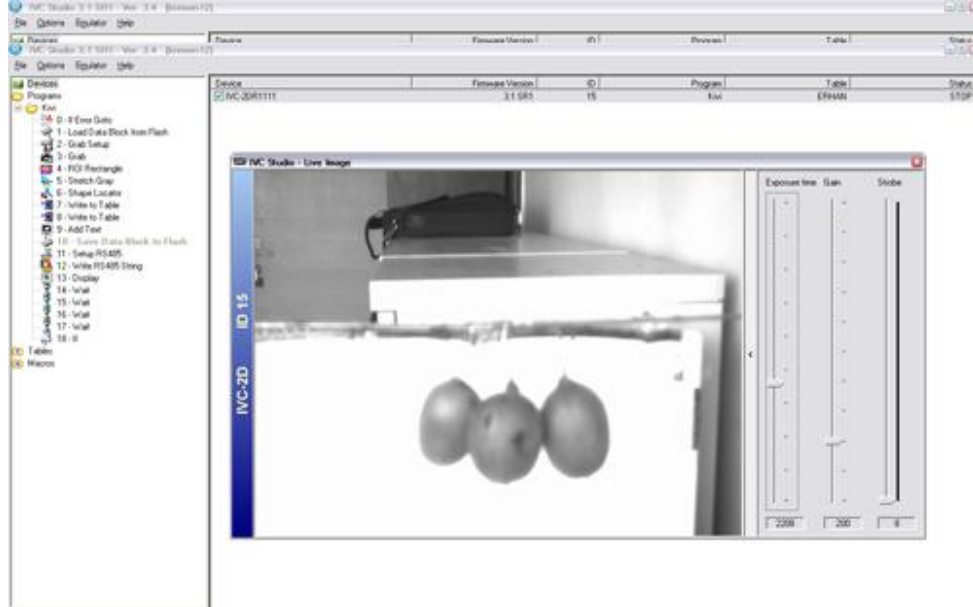
Şekil 3.30. 2D CCD kameranın çalıştırılma adımları

Kameranın programı çalıştırıldığında ilk yapılması gereken adım görüntünün ortam ışık ayarlarına göre ayarının yapılmasıdır. Şekil 3.31'de kameradan alınan ilk görüntü gösterilmiştir.



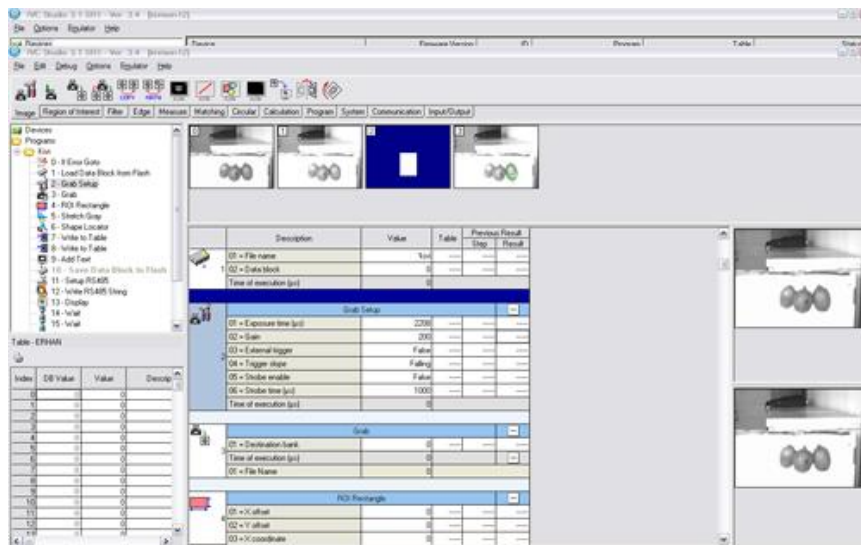
Şekil 3.31. Kameradan alınan ilk görüntü

Gelen görüntünün yanında bulunan  ok butonuna basılarak ortam ışık ayarlarının yapıldığı bölüme giriş yapılmıştır. Şekil 3.32 'de ayar sayfası gösterilmiştir.



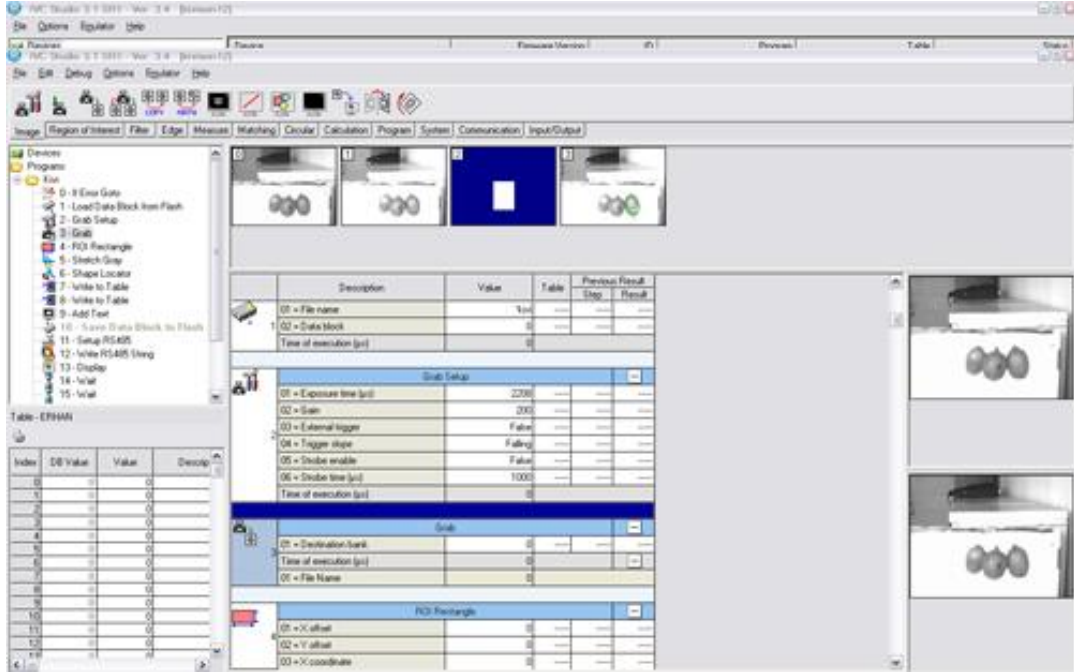
Şekil 3.32. Işık ayar sayfası

Ortam ışık ortamına göre ayar yapıldıktan sonra alınan değerler Grab Setup bölümüne girişi yapılmıştır. Bu değerle Grab Setup'taki Exposure time ve Gain bölümlerine yazılmıştır. Şekil 3.33'de bu bölümler gösterilmiştir.



Şekil 3.33. Grab Setup giriş ekranı

Grab Setup ayarları yapıldıktan sonra F5 tuşuna basılarak yapılmış olan ayarların Grab fonksiyonu vasıtasıyla aktif hale getirilmesi sağlanmıştır. Şekil 3.34’de Grab Fonksiyonu gösterilmiştir.




Şekil 3.34.Grab fonksiyonu ekranı

Kamera çalışırken oluşacak hataların göz ardı edilmesi için If Error Goto fonksiyonu seçilmiştir. Şekil 3.35’de bu fonksiyonun ekranı gösterilmiştir.

If Error Goto					
01 = Goto step	0	----	----	----	----
02 = Continue to next step	False	----	----	----	----
Time of execution (µs)	0				
01 = Last step with error	0				
02 = Last error code	0				


Şekil 3.35.If Error Goto fonksiyon ekranı

Alınan görüntünün içinde alınması gereken alanın işaretlenmesi ROI Rectangle ile yapılmıştır. Şekil 3.36’da ROI Rectangle fonksiyonu gösterilmiştir.

ROI Rectangle					
 4	01 = X offset	0	----	----	----
	02 = Y offset	0	----	----	----
	03 = X coordinate	0	----	----	----
	04 = Y coordinate	35	----	----	----
	05 = Width	601	----	----	----
	06 = Height	412	----	----	----
	Time of execution (µs)	0			

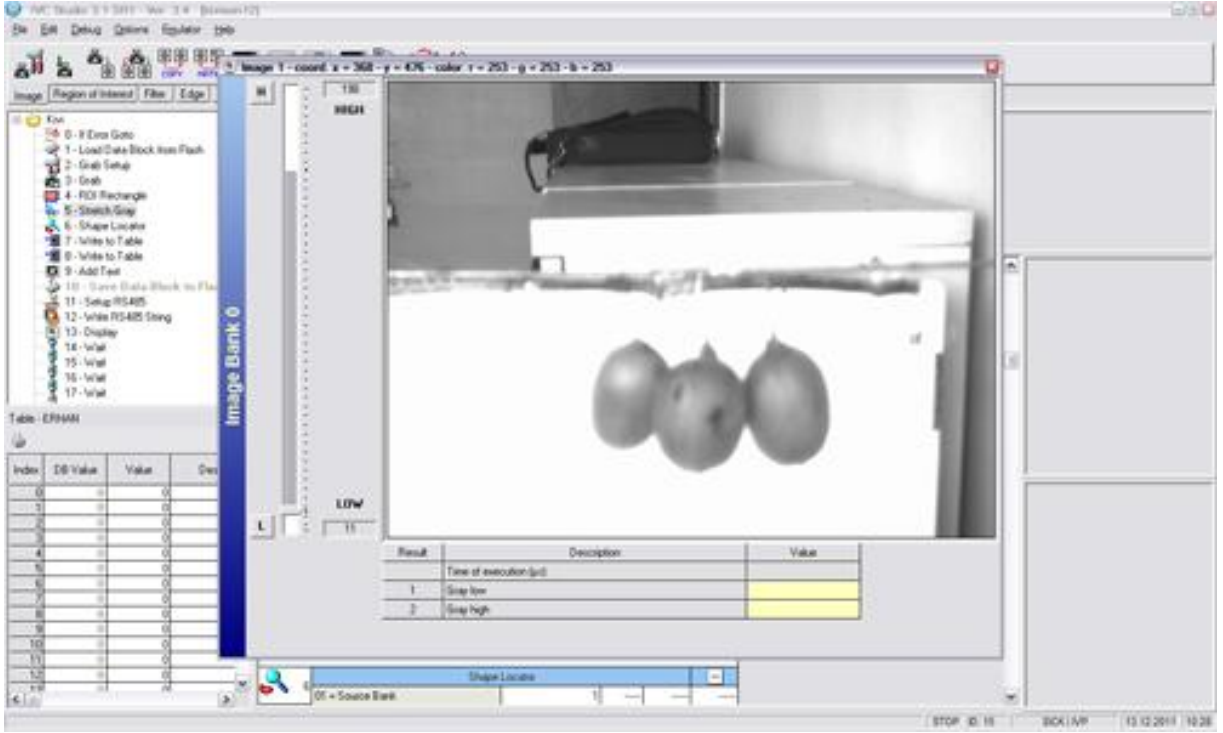
Şekil 3.36. ROI Rectangle fonksiyonu

ROI Rectangle ile belirlenmiş alan içindeki görüntünün daha anlaşılır olması için Stretch Gray fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 3.37’de Stretch Gray fonksiyonu ekranı gösterilmiştir.

Stretch Gray					
 5	01 = Source bank	0	----	----	----
	02 = Gray low	11	----	----	----
	03 = Gray high	198	----	----	----
	04 = Pixel percentage	0	----	----	----
	05 = Destination bank	1	----	----	----
	Time of execution (µs)	0			
	01 = Gray low	11			
	02 = Gray high	198			

Şekil 3.37. Stretch Gray fonksiyonu

Bu fonksiyon içinde Gray low ve Gray high bölümleri Şekil 3.38’de gösterilmiş bölüm içinde ayarları yapılmıştır.



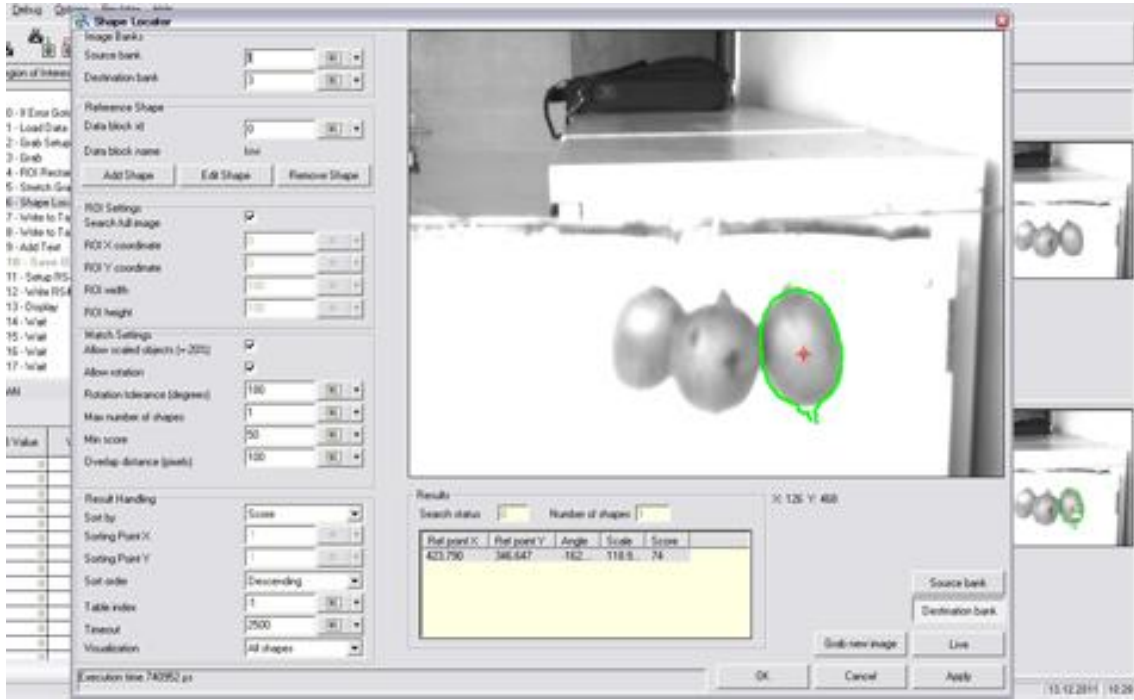
Şekil 3.38.Strech Gray fonksiyonu alt ekranı

Şekil tanımlama için Shape Locator ekranı kullanıldı. Şekil 3.39’de Shape Locator ekranı gösterilmiştir.

Shape Locator			
01 = Source Bank	1	.....	.....
02 = Data Block	0	.....	.....
03 = Search Full Image	True	.....	.....
04 = ROI X Coordinate	0	.....	.....
05 = ROI Y Coordinate	0	.....	.....
06 = ROI Width	100	.....	.....
07 = ROI Height	100	.....	.....
08 = Allow Scale	True	.....	.....
09 = Allow Rotation	True	.....	.....
10 = Rotation Tolerance (degrees)	180	.....	.....
11 = Max Number of Shapes	1	.....	.....
12 = Min Score	50	.....	.....
13 = Overlap Distance (pixels)	100	.....	.....
14 = Sort By	Score	.....	.....
15 = Sort Order	Descending	.....	.....
16 = Table Index	-1	.....	.....
17 = Timeout (ms)	2500	.....	.....
18 = Visualization	All shapes	.....	.....
19 = Destination Bank	3	.....	.....
20 = Sorting Point X	-1	.....	.....
21 = Sorting Point Y	-1	.....	.....
Time of execution (µs)	0		
01 = Search Status	0		
02 = Number of Shapes	1		
03 = Ref. Point X Coordinate	288,5873		

Şekil 3.39.Shape locator ekranı

Bu ekran ile şekil eğitimi yapılarak görüntü içinde bulunan tanımlı şekillerin bulunması sağlanmıştır. Şekil eğitimi penceresi şekil 3.40’da gösterilmiştir.



Şekil 3.40.Shape Locator alt penceresi

Elde edilen koordinatları ekranda yazılması için Write to Table penceresi kullanılmıştır. Şekil 3.41’de x ve y koordinatların tabloya yazma ekranı gösterilmiştir.

Write to Table					
01 = Value	=s6r3	-----	-----	-----	-----
02 = Table index	1000	-----	-----	-----	-----
Time of execution (µs)	0				

Write to Table					
01 = Value	=s6r4	-----	-----	-----	-----
02 = Table index	1001	-----	-----	-----	-----
Time of execution (µs)	0				

Şekil 3.41.Koordinat yazma ekranı

Yazılan koordinatların Index değerine atılması için Add Text ekranı kullanılmıştır. Şekil 3.42’de bu ekran gösterilmiştir.

Add Text					
01 = X coordinate	160,402252197266	1000	-----	-----	-----
02 = Y coordinate	76,8049774169922	1001	-----	-----	-----
03 = String type	Text	-----	-----	-----	-----
04 = Text	'OK'	-----	-----	-----	-----
05 = Variable	0	-----	-----	-----	-----
06 = String color	245	-----	-----	-----	-----
07 = Background color	243	-----	-----	-----	-----
08 = Size	2	-----	-----	-----	-----
09 = Destination bank	3	-----	-----	-----	-----
Time of execution (µs)	0				
01 = String length	2				
02 = Character width	16				
03 = Character height	32				

Şekil 3.42.Index’e atama Add Text ekranı

Elde edilen koordinatların yazıldıktan sonra blok verilerinin kaydedilmesi için Save Data Block to Flash ekranı seçilerek kaydetme işlemi yapılmıştır. Ekran görüntüsü Şekil 3.43’de gösterilmiştir.

Save Data Block to Flash					
01 = Data block	0	-----	-----	-----	-----
02 = File name	'kiwi'	-----	-----	-----	-----
Time of execution (µs)	0				

Şekil 3.43.Save Data Block to Flash ekranı

İletişim portu olan RS485 için tanımlama yapılmıştır. Şekil 3.44’de Setup RS485 ekranı gösterilmiştir.

Setup RS485					
11	01 = Baud rate	115200	-----	-----	-----
	02 = Parity	None	-----	-----	-----
	03 = Data bit	8	-----	-----	-----
	04 = Stop bit	1	-----	-----	-----
	Time of execution (µs)	0			

Şekil 3.44. Setup RS485 ekranı

İşlemciye değerlerin aktarılması için Write RS485 String ekranına =CHR(2)+str(V1000)+CHR(6)+str(V1001)+CHR(3) komut satırı yazılmıştır. Şekil 3.45 'de Write RS485 String ekranı gösterilmiştir.

Write RS485 String					
12	01 = String	HR(89)+STR(V1001)	-----	-----	-----
	Time of execution (µs)	0			

Şekil 3.45. Write RS485 String

Ekranda görüntülerin basılması için Display ekranı kullanılmıştır. Şekil 3.46'da Display ekranı gösterilmiştir.

Display					
13	01 = Source bank	3	-----	-----	-----
	02 = Binarized color	250	-----	-----	-----
	03 = Variable 1	160,402252197266	1000	-----	-----
	04 = Variable 2	76,8049774169922	1001	-----	-----
	05 = Variable 3	0	-----	-----	-----
	06 = Variable 4	0	-----	-----	-----
	07 = Variable 5	0	-----	-----	-----
	08 = Variable 6	0	-----	-----	-----
	09 = Variable 7	0	-----	-----	-----
	10 = Variable 8	0	-----	-----	-----
	11 = Variable 9	0	-----	-----	-----
	12 = Variable 10	0	-----	-----	-----
Time of execution (µs)	0				

Şekil 3.46. Display ekranı

Koordinatları bulunan meyvenin koordinat değerleri Index tablosu içinde 1000 ve 1001. satırlara yazılması sağlanmıştır. Şekil 3.47 'de Index tablosu gösterilmiştir.

Index	DB Value	Value	Description
994	0	0	
995	0	0	
996	0	0	
997	0	0	
998	0	0	
999	0	0	
1000	160,402...	160,40225...	X KOORDİNAT
1001	76,8049...	76,804977...	Y KOORDİNAT
1002	0	0	
1003	0	0	
1004	0	0	
1005	0	0	
1006	0	0	
1007	0	0	
1008	0	0	

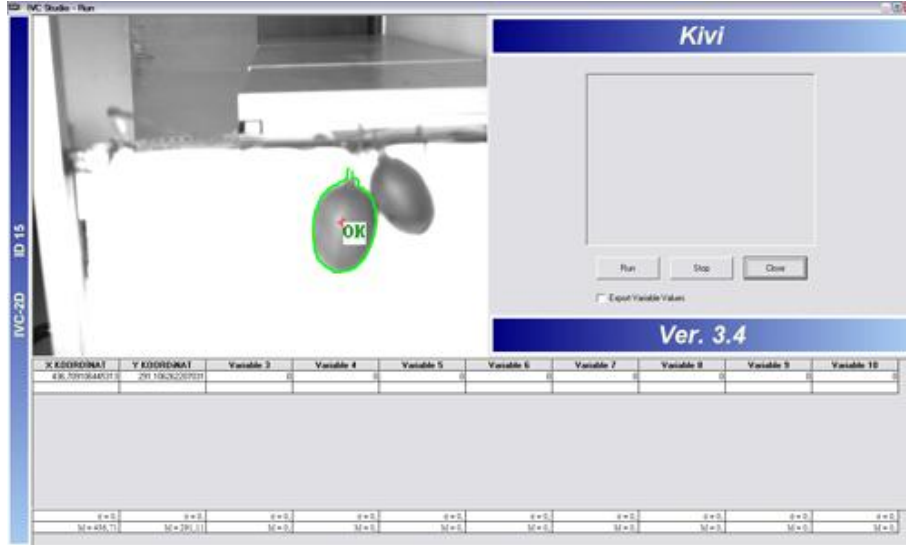
Şekil 3.47.Index tablosu ekranı

Tüm ayarlar yapıldıktan sonra Devices ekranında 2D kamera görüntüsü sağ tıklanıp Run komutu uygulanmıştır. Şekil 3.48 'de Devices ekranı ve çalıştırılması gösterilmiştir.



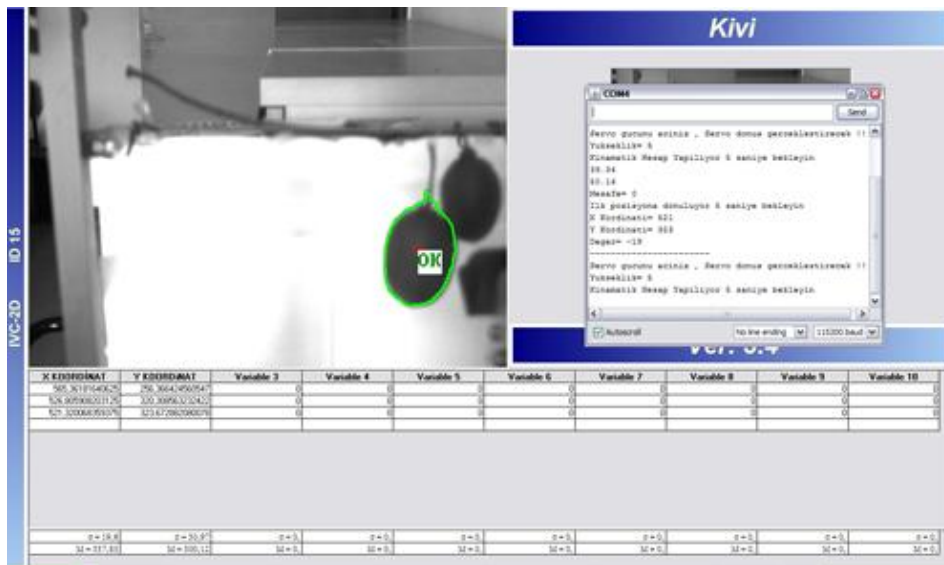
Şekil 3.48.Devices ekranı

Tanımlamalar yapıldıktan sonra program çalıştırıldığında Şekil 3.49'deki ekran görülecektir. Şekil tanımlamaya göre yapılan işlem sonucunda tanımlı şekle göre meyvenin orta noktasının x ve y koordinatları ekranda tablo içinde görülmüştür.



Şekil 3.49.Tanımlı cismin bulunma ekranı

Index tablosunda 1000 ve 1001.satıra atanan değerler RS485 Setup ve RS485 Write ekranları vasıtasıyla bilgisayarın COM4 portunda bulunan Robotik sistem kontrol kartına aktarılmıştır. Kart içinde bulunan ve bölüm 3.2.4.1'de verilmiş program vasıtasıyla Robot kolun hareketi sağlanmıştır. Şekil 3.50'de Robotik sistem kontrol kartı işlemcisinin içindeki programın çalışma ekranı gösterilmiştir.



Şekil 3.50. Robotik sistem kontrol kartından işlemciye giden görüntü ekranı.

Robotik Kontrol Kartı işlemciye kameradan gelen koordinata göre yapılan hesaplamalardan sonra robot ilk eksenine gelen değere göre hareketi sağlanmıştır.

3.2.2.2.Ultrasonic Sensör

Dal üzerinde bulunan meyvenin yerinin tespiti için kullanılan Ultrasonik sensör, meyvenin sensöre uzaklığı ses sinyallerinin işlenmesi şeklinde kodlama ile çalışmaktadır. Bu sensörde kullanılan program yöntemi aşağıdaki program parçasında verilmiştir.

```
pinMode(pingPin1, OUTPUT);
digitalWrite(pingPin1, LOW);
delayMicroseconds(20);
digitalWrite(pingPin1, HIGH);
delayMicroseconds(60);
digitalWrite(pingPin1, LOW);
pinMode(pingPin1, INPUT);
duration1 = pulseIn(pingPin1, HIGH);
cm1 = microsecondsToCentimeters(duration1);
Serial.print("Yatay uzaklik= ");
//*****ULTRASONIC SENSOR FONKSİYONU*****//
long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
  return microseconds / 29 / 2;
}
```

3.2.3.Robotik Sistem Kontrol Kartı ile Program Yazımı Yöntemi

Robotik sistem kontrol kartı programları üç ana başlıkta incelenmektedir. Çizelge 3.11’de Robotik sistem kontrol kartı gösterilmiştir.

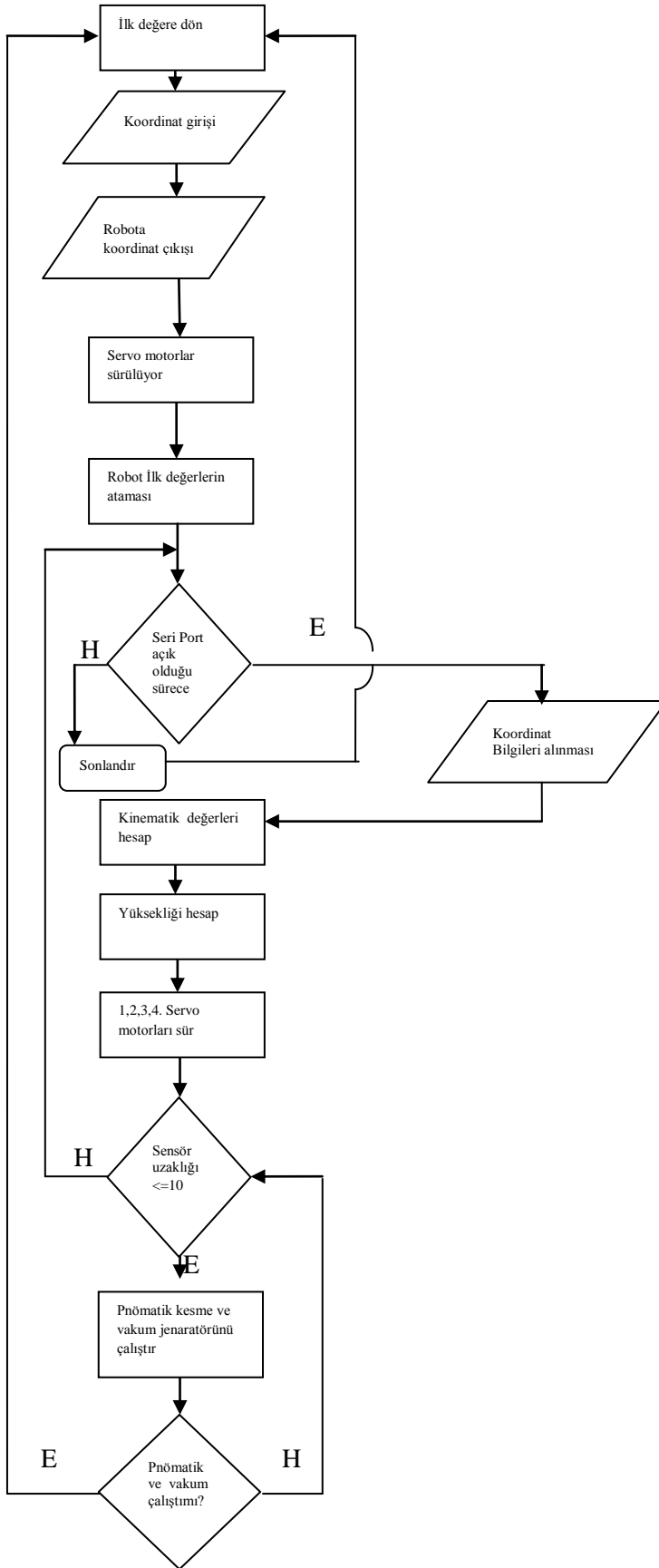
- 1.Structure(Yapı)
- 2.Values-variables,constants(Değerler-Değişken ve Sabitler)
- 3.Functions(Fonksiyonlar)

Çizelge 3.11. Robotik sistem kontrol kartı programı komutları

Structures	Variables	Functions
Setup() Loop() Control Structures if if ... else for switch case do ... while break continue return goto Further Syntax ;(semicolon) {}(curly braces) //(single line comment) /**/(multi-line comment) #define #include Aritmetic Operators =(assignment operator) +(addition) -(subtraction) *(multiplication) /(division) %(modulo) Comprarison Operators ==(equal to) !=(not equal to) <(less than) >(greater than) <=(less than or equal to) >=(greater than or equal to) Boolean Operators &&(and) ||(or) !(not) Pointer Access Operators	Constants HIGH/LOW INPUT/OUTPUT true / false integer constatnts floating point constants Data Types void boolean char unsigned char byte int unsigned int word long unsigned long float double string-char array String-object Array Conversion char() byte() int() word() long() float() Variable Scope & Qualifiers variable scope static const Utilities sizeof()	Digital I / O pinMode() digitalWrite() digitalRead() Analog I / O AnalogReference() analogRead() analogWrite()- PWN Advanced I / O tone() noTone() shiftOut() shiftIn() pulseIn() Time millis() micros() delay() delayMicroseconds() Math min() max() abs() constrain() map() pow() sqrt() Trigonometry sin() cos() tan() Random Numbers randomSeed() random Bits and Bytes lowByte() highByte() bitRead() bitWrite()

<p>*dereference operator &reference operator</p> <p>Bitwise Operators &(bitwise and) I(bitwise or) ^(bitwise xor) ~(bitwise not) <<(bitwise left) >>(bitwise right)</p> <p>Compound Operators ++(increment) --(decrement) +=(compound addition) -=(compound subtraction) *=(compound multiplication) /=(compound division) &=(compound bitwise and) I=(compound bitwise or)</p>		<p>bitSet() bitClear() bit()</p> <p>External Interrupts attachInterrupt() detachInterrupt()</p> <p>Interrupts interrupts() noInterrupts()</p> <p>Communication Serial</p>
---	--	--

3.2.4. Robotik Sistemin Çalışma Algoritması



Şekil 3.51 Robotik sistemin çalışma algoritması

Kurulan algoritmaya göre yazılmış program aşağıda gösterilmiştir.

3.2.4.1.Robotik Sistemin Programı

```
/*******\n//  ROBOTKOL - Robotik Kontrol Kartı Geliştirme Kartı Yazılımı\n  \n/*******\n\n//*****RS485 Katmanı*****//\n// Kameranın Kablosundan  //\n// ---> GND ( Pembe ve Gri ) //\n// ---> A ( Beyaz )  //\n// ---> B ( Pembe )  //\n//*****//\n\n//*** Servo Sürücü *** //\n// Atlama Kabloları  //\n// ----->GND ( Gri )  //\n// ----->5V ( Mor )  //\n// ----->Rx ( Mavi )  //\n//*****//\n\n#include <SoftwareSerial.h>\n#include <math.h>\n#include <stdio.h>\n#define rxPin 2 //\n#define txPin 3 // Mavi Kablo (Female_to_Female)\n#define PI 3.14\nString readString="";\nString readStringx="";\nString readStringy="";\nchar a;\nconst int EN=2;\nconst int pingPin = 7;
```

```

long duration, cm;
int X,Y=0;
int index=0,i,j,y,x,deger,yukseklk;
double aci=0.0;
float top=0.0;
double L1=15; // cm
double L2=8; // cm
double L3=23; // cm Griper dahil
int s1=1500; // microsaniye // Gövde
int s2=1500; // microsaniye // Omuz
int s3=1500; // microsaniye // Dirsek
int s4=1500; // microsaniye // Bilek
int s5=1500; // Bilek Dönüş
int s6=1500; // Griper
int target=0;
double Teta1=0.0;
double Teta2=0.0;
SoftwareSerial mySerial = SoftwareSerial(rxPin, txPin);
void setup()
{
Serial.begin(115200);
pinMode(rxPin, INPUT);
pinMode(txPin, OUTPUT);
pinMode(EN,OUTPUT);
digitalWrite(EN,LOW);
mySerial.begin(9600);
s1=1500;
s2=1500;
s3=1500;
s4=1500;
s5=2000;
s6=1500;
servosur(1,s1);
servosur(2,s2);

```

```

servosur(3,s3);
servosur(4,s4);
servosur(5,s5);
servosur(6,s6);

delay(2000);
}
void loop() {
Serial.println("-----Basliyor Bekleyiniz-----");
delay(5000);
s1=1500;
s2=1500;
s3=1500;
s4=1500;
s5=2000;
s6=1500;
servosur(1,s1);
servosur(2,s2);
servosur(3,s3);
servosur(4,s4);
servosur(5,s5);
servosur(6,s6);
delay(2000);
/**IVC CAMERA DAN DATA ALMA***/
while(Serial.available()>0)
{
int xvalue=0;
int yvalue=0;
while (Serial.available())
{
if (Serial.available() >0) {
char c = Serial.read(); //gets one byte from serial buffer
readString += c; //makes the string readString
}
}
}

```

```

}
for(i=0; i<=15; i++)
{
    if(readString[i]=='Y')
    {
        index=i;
    }
}
for(j=index;j<=15;j++)
{
    readStringy+=readString[j];
}
for(i=0;i<10;i++)
{
    if(readString[i]=='Y')
    {
        break;
    }
    else
    {
        readStringx+=readString[i];
    }
}

readStringy[0] = '0';
char carray[6]; //converting string to number
readStringy.toCharArray(carray, sizeof(carray));
y =atoi(carray);
    readStringx[0] = '0';
char carrax[6]; //converting string to number
readStringx.toCharArray(carrax, sizeof(carrax));
    x =atoi(carrax);
    top=(float)x/250.0;
    aci=atan(top);

```

deger=x-520; //520 offset degeri (Kamera ile Robot kolun merkez eksenleri arasındaki fark)

// Kameradan Gelen Dataları Arduino IDE Seri Ekranına veya herhangi bir Seriport Analiz Programına Bastırma//

Serial.print("X Kordinati= ");

Serial.println(x);

delay(500);

Serial.print("Y Kordinati= ");

Serial.println(y);

delay(500);

Serial.print("Deger= ");

Serial.println(deger);

delay(500);

Serial.println("-----");

delay(500);

readString="";

readStringy="";

readStringx="";

Serial.println("Servo gucunu aciniz , Servo donus gerceklestirecek !!!");

delay(5000);

yukseklik=(14-(y-180)*0.06);

if (yukseklik>14)

{

yukseklik=14;

}

if (yukseklik<0)

{

yukseklik=0;

}

s1=1500+(deger*1.2);

servosur(1,(1500+(deger*1.2)));

servosur(2,1500);

servosur(3,1500);

servosur(4,1500);

```

servosur(5,1750);
servosur(6,2000);
// Serial.print("s1= ");
// Serial.println(s1);
Serial.print("Yukseklık= ");
Serial.println(yukseklık);
Serial.println("Kinematik Hesap Yapiliyor 5 saniye bekleyin");
delay(5000);

//*****Kinematic HESAP *****//

X=20; // Yatay X uzaklığı meyve ile kameranın uzaklığı
Y=7;
double xx=sqrt(1-sq((sq(X)+sq(Y)-sq(L1)-sq(L2))/(2*L1*L2)));
double yy=sq((sq(X)+sq(Y)-sq(L1)-sq(L2))/(2*L1*L2));
Teta2=atan2(xx,yy);
double K1=L1+L2*cos(Teta2);
double K2=L2*sin(Teta2);
Teta1=atan2(X,Y)-atan2(K2,K1);
Teta1=Teta1*(180/PI);
Teta2=Teta2*(180/PI);
Serial.println(Teta1);
Serial.println(Teta2);
int s22=(Teta1*10)+1500; // Omuz
int s33=(Teta2*10)+1500; // Dirsek
int s44=((90-(Teta1+Teta2))*10)+1500; // Bilek
for (int C=0;C<50;C++)
{
s3=s3+abs((1500-s33)/75);
if (1500<s44)
{
s4=s44+(abs(1500-s44)/75);
}
if (1500>=s44)
{
s4=s4-(abs(1500-s44)/75);
}
}

```



```

    }
    if (1500>s22)
    {
        s2=s2-(abs(1500-s22)/75);
    }
    if (1500<=s22)
    {
        s2=s2+(abs(1500-s22)/75);
    }
    servosur(2,s2);
    servosur(3,s3);
    servosur(4,s4);
    servosur(5,2000);
    servosur(6,1000);
    delay(60);
}
for (int C=0;C<10;C++)
{
    s4=s4+((yukseklk-7)*1.5);
    s3=s3-((yukseklk-7)*1.5);
    servosur(2,s2);
    servosur(3,s3);
    servosur(4,s4);
    servosur(5,2000);
    servosur(6,1000);
    delay(60);
}
servosur(2,s2);
servosur(3,s3);
servosur(4,s4);
delay(5000);
/// ULTRASONIC SENSOR ///
    pinMode(pingPin, OUTPUT);
    digitalWrite(pingPin, LOW);

```

```

delayMicroseconds(2);
digitalWrite(pingPin, HIGH);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(pingPin, LOW);
pinMode(pingPin, INPUT);
duration = pulseIn(pingPin, HIGH);
cm = microsecondsToCentimeters(duration);
Serial.print("Mesafe= ");
Serial.println(cm);
if(cm<=10)
{
servosur(5,1000);
delay(1000);
servosur(6,2000);
delay(1000);
}
Serial.println("Ilk pozisyona donuluyor 5 saniye bekleyin");
s2=1800;
s3=1800;
s4=1400;
servosur(2,s2);
servosur(3,s3);
servosur(4,s4);
delay(1000);
s2=1700;
s3=1700;
s4=1430;
servosur(2,s2);
servosur(3,s3);
servosur(4,s4);
delay(1000);
s2=1600;
s3=1600;
s4=1460;

```

```

servosur(2,s2);
servosur(3,s3);
servosur(4,s4);
delay(1000);
s2=1500;
s3=1500;
s4=1500;
servosur(2,s2);
servosur(3,s3);
servosur(4,s4);
delay(1000);
for (int C=0;C<5;C++)
{
servosur(1,(1500));
delay(250);
}
delay(2000);
servosur(5,2000);
delay(1000);
servosur(6,1000);
delay(1000);
} }

//*****SERVO SÜRME FONKSİYONU*****//
int servosur(int servo, int pos){
target=pos*4;
mySerial.print(0xAA,BYTE); //start byte a.
mySerial.print(0x0C,BYTE); //device id
mySerial.print(0x04,BYTE); //command number
mySerial.print(servo,BYTE); //servo number
mySerial.print(target & 0x7F, BYTE); //b. c. // LSB
mySerial.print((target >> 7) & 0x7F,BYTE); //d. // MSB}
//*****ULTRASONIC SENSOR FONKSİYONU*****//
long microsecondsToCentimeters(long microseconds){
return microseconds / 29 / 2;}

```

3.2.5.Meyvenin Fizikomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Meyvenin geometrik ortalama çap ve küresellik değerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Kabaş 2010).

$$D_g = (LD^2)^{1/3} \quad (3.45)$$

Eşitlikte; D_g = geometrik ortalama çap (mm), L: uzunluk (mm) ve D:ürün çapı (mm)'dir.

Küresellik değeri geometrik ortalama çap değerine bağlı olarak hesaplanmıştır;

$$\Phi = D_g / L \quad (3.46)$$

Eşitlikte; Φ : küresellik katsayısı (--), D_g : geometrik ortalama çap (mm) ve L: uzunluk (mm)'tur.

Kivi ve elmanın yüzey alanı ise aşağıda verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$S = \pi D_g^2 \quad (3.47)$$

Eşitlikte; S: yüzey alanı (mm²), D_g : geometrik ortalama çap (mm)'tir.

Örneklerin hacmi, ölçekli bir kaptan hacim değiştirme esasına göre belirlenmiştir.

3.2.5.1. Daldan Kopma Direncinin Belirlenmesi

Daldan kopma dirençlerinin belirlenebilmesi için, numuneler dallarından el dinamometresi yardımıyla dikey olarak koparılmıştır. Şekil 3.52 'de el dinamometresi ile ölçümün nasıl yapıldığı gösterilmektedir. Elma ve kivi için toplam 100'er adet örnek çekmeye maruz bırakılarak daldan kopması sağlanmıştır. Kopan meyveler numaralara verilerek etiketlenmiştir. Şekil 3.53'de numara verilme şekli gösterilmiştir.



Şekil 3.52.El Dinanometresi ile ölçüm yapılması



Şekil 3.53.Meyvelerin numara verilme şekli

3.2.5.2. Meyve Boyut ve Ağırlıklarının Belirlenmesi

Elma ve kivi meyveleri 0.05 hassasiyetli kumpas ile yükseklik, genişlik ve kalınlık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca meyvelerin bağlı olduğu dalların çapları da, aynı kumpasla ölçülerek mm cinsinden değerler alınmıştır. Şekil 3.54.a,b,c,d 'de ölçümlerin alınması

gösterilmiştir. Meyve ağırlıkları, elektronik tartı ile tartılmış ve gr. cinsinden değerleri ölçülmüştür.



a



b



c



d

Şekil 3.54.Ölçümlerin Alınması.

a.Meyvenin yüksekliğinin ölçülmesi, b. Meyvenin kalınlığının ölçülmesi,
c. Meyvenin genişliğinin ölçülmesi, d.Meyvenin sap kalınlığının ölçülmesi

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1.Meyvelerin Fizikomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Meyvenin fizikomekanik özelliklerinin hesaplanması için formül 3.451, formül 3.46 ve formül 3.47 kullanılmıştır. Değerlerin hesaplanması için 100 adet meyvelerin genişlik, kalınlık ve yükseklik değerleri kumpas yardımıyla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Hacim ölçümü için ölçekli bir kap kullanılarak meyvelerin hacimleri hesaplanmıştır. Formüllerin kullanılması yardımıyla hesaplanan sonuçlar ve ölçüm değerleri kivi için Çizelge 4.1 , elma için Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1.Kivi için ölçülen değerler

	Min.	Mak.	Ort.	Std. Sapma
Meyve kopma kuv.(kg)	2,08	4,70	2,712	,668
Yükseklik(mm)	51,80	71,70	62,172	4,026
Genişlik(mm)	37,80	52,70	45,977	2,821
Kalınlık(mm)	36,00	47,80	42,144	2,287
Ağırlık(g)	42,23	98,47	70,166	11,079
Küresellik(%)	,76	,89	,817	,0262
Yüzey alanı(cm ²)	55,78	103,32	81,400	9,355
Hacim(cm ³)	40,00	180,00	70,600	16,006
Sap kalınlığı(mm)	1,70	3,11	2,529	,287

Çizelge 4.2.Elma için ölçülen değerler

	Min.	Mak.	Ort.	Std. Sapma
Meyve kopma kuv.(kg)	,52	1,97	1,137	,390
Yükseklik(mm)	40,87	56,42	47,988	3,346
Genişlik(mm)	40,11	59,20	47,109	3,478
Kalınlık(mm)	40,11	54,23	47,505	3,388
Ağırlık(g)	39,00	79,94	53,775	10,185
Küresellik(%)	,88	1,07	,988	,041
Yüzey alanı(cm ²)	53,51	103,52	70,793	9,530
Hacim(cm ³)	30,00	80,00	55,150	10,036
Sap kalınlığı(mm)	1,05	2,07	1,602	,253

Yapılan ölçümlere göre korelasyon değerleri kivi için Çizelge 4.3 ve elma için Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Kivi için yapılan korelasyon analizi sonuçları sonuçlarına göre;

Meyve kopma kuvveti ile meyve ağırlığı ve diğer özellikler arasında ilişki bulunmamıştır.

Meyve yüksekliği ile meyve kopma kuvveti ve sap kalınlığı arasındaki ilişki önemsiz, genişlik, kalınlık, ağırlık, yüzey alanı, hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Meyve genişliği ile meyve kopma kuvveti ve sap kalınlığı arasındaki ilişki önemsiz, yükseklik, ağırlık, küresellik, kalınlık, yüzey alanı, hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Meyve kalınlığı ile meyve kopma kuvveti, küresellik, yüzey alanı ve sap kalınlığı arasındaki ilişki önemsiz, yükseklik, genişlik, ağırlık ve hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Meyve ağırlığı ile meyve kopma kuvveti, küresellik ve sap kalınlığı arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz, yükseklik, genişlik, kalınlık, yüzey alanı ve hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Meyve küreselliği ile yükseklik ve genişlik arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Meyve küreselliği ve meyve kopma kuvveti, kalınlık, ağırlık, yüzey alanı, hacim ve sap kalınlığı arasındaki ilişki önemsizdir.

Meyve yüzey alanı ile meyve toplama kuvveti, kalınlık, küresellik, sap kalınlığı arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz, yükseklik, genişlik, ağırlık ve hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Meyvenin hacmi ile meyve kopma kuvveti, küresellik, sap kalınlığı arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz, yükseklik, genişlik, kalınlık, ağırlık ve yüzey alanı arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Sap kalınlığı ile meyve kopma kuvveti ve diğer özellikler arasında ilişki bulunmamıştır.

Çizelge 4.3.Kivi için korelasyon değerleri

	Meyve Kopma Kuvveti (kg)	Yükseklik (mm)	Genişlik(mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)	Küresellik (%)	Yüzey Alanı (cm ²)	Hacim (cm ³)	Sap Kalınlığı (mm)
Meyve kopma kuv.		,045	-,076	-,072	-,101	-,167	-,030	-,043	,104
Yükseklik	,045		<u>,708</u>	<u>,548</u>	<u>,860</u>	-,421	<u>,866</u>	<u>,821</u>	,005
Genişlik	-,076	<u>,708</u>		<u>,540</u>	<u>,839</u>	<u>,436</u>	<u>,965</u>	<u>,801</u>	-,038
Kalınlık	-,072	<u>,548</u>	<u>,540</u>		<u>,742</u>	-,321	<u>,579</u>	<u>,724</u>	,034
Ağırlık	-,101	<u>,860</u>	<u>,839</u>	<u>,742</u>		-,068	<u>,907</u>	<u>,927</u>	-,010
Küresellik	-,167	-,421	<u>,436</u>	-,321	-,068		,082	-,063	-,064
Yüzey alanı	-,030	<u>,866</u>	<u>,965</u>	<u>,579</u>	<u>,907</u>	,082		<u>,864</u>	-,031
Hacim	-,043	<u>,821</u>	<u>,801</u>	<u>,724</u>	<u>,927</u>	-,063	<u>,864</u>		,041
Sap kalınlığı	,104	,005	-,038	,034	-,010	-,064	-,031	,041	

(P<0,05; n=100)

Elma için yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre;

Meyve kopma kuvveti ile meyve ağırlığı ve diğer özellikler arasında ilişki bulunmamıştır.

Meyve yüksekliği ile meyve kopma kuvveti ve sap kalınlığı arasındaki ilişki önemsiz, genişlik, kalınlık, ağırlık, yüzey alanı, hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Meyve genişliği ile meyve kopma kuvveti ve sap kalınlığı arasındaki ilişki önemsiz, yükseklik, ağırlık, küresellik, kalınlık, yüzey alanı, hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Meyve kalınlığı ile meyve kopma kuvveti , küresellik, yüzey alanı ve sap kalınlığı arasındaki ilişki önemsiz, yükseklik, genişlik, ağırlık ve hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur($P<0,05$).

Meyve ağırlığı ile meyve kopma kuvveti , küresellik ve sap kalınlığı arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz, yükseklik, genişlik, kalınlık, yüzey alanı ve hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur($P<0,05$).

Meyve küreselliği ile yükseklik ve genişlik arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur($P<0,05$). Meyve küreselliği ve meyve kopma kuvveti, kalınlık, ağırlık, yüzey alanı, hacim ve sap kalınlığı arasındaki ilişki önemsizdir.

Meyve yüzey alanı ile meyve toplama kuvveti, kalınlık, küresellik, sap kalınlığı arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz, yükseklik, genişlik, ağırlık ve hacim arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur($P<0,05$).

Meyvenin hacmi ile meyve kopma kuvveti, küresellik, sap kalınlığı arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz, yükseklik, genişlik, kalınlık, ağırlık ve yüzey alanı arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur($P<0,05$).

Sap kalınlığı ile meyve kopma kuvveti ve diğer özellikler arasında ilişki bulunmamıştır.

Çizelge 4.4.Elma için korelasyon değerleri

	Meyve Kopma Kuvveti (kg)	Yükseklik (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (gr)	Küresellik (%)	Yüzey Alanı (cm ²)	Hacim (cm ³)	Sap Kalınlığı (mm)
Meyve kopma kuv.		-,004	-,119	-,111	-,165	-,127	-,087	-,014	,042
Yükseklik	-,004		<u>,618</u>	<u>,548</u>	<u>,456</u>	<u>-,394</u>	<u>,812</u>	<u>,336</u>	,047
Genişlik	-,119	<u>,618</u>		<u>,690</u>	<u>,485</u>	<u>,476</u>	<u>,959</u>	<u>,473</u>	-,003
Kalınlık	-,111	<u>,548</u>	<u>,690</u>		<u>,469</u>	,199	,297	<u>,423</u>	,147
Ağırlık	-,165	<u>,456</u>	<u>,485</u>	<u>,469</u>		,065	<u>,514</u>	<u>,351</u>	,025
Küresellik	-,127	<u>-,394</u>	<u>,476</u>	,199	,065		,211	-,069	-,040
Yüzey alanı	-,087	<u>,812</u>	<u>,959</u>	,297	<u>,514</u>	,211		<u>,308</u>	,014
Hacim	-,014	<u>,336</u>	<u>,473</u>	<u>,423</u>	<u>,351</u>	-,069	<u>,308</u>		-,028
Sap kalınlığı	,042	,047	-,003	,147	,025	-,040	,014	-,028	

(P<0,05; n=100)

4.2.Meyvelerin Koordinatları, Bulma ve Kesme Durumu

Denemeler için kurulan sistemde kameranın yeri robot kolun maksimum uzanma mesafesine göre yerleştirilmiştir. Maksimum uzanma mesafesi ile dal üzerinde bulunan meyvenin sapına makasın konumlandırılması sağlanmıştır. Deneme sırasında 100 adet kivi ve elma meyvesi dalıyla beraber rastgele yerleşim uygulanarak kurulan düzeneğe yerleştirilmiştir. Görüntü işleme sonucunda elde edilen koordinatlara göre robot kolun hareketi sağlanmıştır. Koordinat değerleri bilgisayar ekranından kameranın ve Robotik sistem kontrol kartına yazılan programın arayüzü vasıtasıyla okunmuştur.

Kivi için robot kolun meyveyi bulma oranı %83, elma için robot kolun bulma oranı %85 olarak yapılan analiz sonunda tespit edilmiştir.

T-testi analizi ile robot kolun bulma koordinatlarının analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları kivi için Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 , elma için Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.5. Kivi için robot kolun bulma oranı

Bulma evet		Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Oranı
Kamkoordx**	1,00*	83	344,792	118,615	13,019
	,00*	17	544,936	29,949	7,268
Kamkoord y**	1,00*	83	313,589	13,512	1,483
	,00*	17	312,038	13,217	3,205

*0=Hayır, 1=Evet

**Kamkoordx=x kamera koordinatı , Kamkoord y=y kamera koordinatı

Çizelge 4.6. Kivi için robot kolun bulma oranı(T.testi)

		Levene's Test için varyans eşitliği		t-test için Ortalama Eşitliği						
		F	Sig.	t	df	Sig.	Ortalama Farklılık	Std. Hata Ayrımı	95% Güven aralığı	
									Üst	Alt
Kamkoordx*	Varsayılan Eşit Varyanslar	19,988	,000	-6,886	98	,000	-200,143	29,064	-257,820	-142,467
	Varsayılan Eşit olmayan Varyanslar			-13,424	94,212	,000	-200,143	14,908	-229,744	-170,542
Kamkoord y*	Varsayılan Eşit Varyanslar	4,073	,051	1,520	98	,132	6,656	4,380	-2,036	15,3495
	Varsayılan Eşit olmayan Varyanslar			1,034	17,957	,315	6,656	6,436	-6,869	20,181

*Kamkoordx=x kamera koordinatı , Kamkoord y=y kamera koordinatı

Çizelge 4.7. Elma için robot kolun bulma oranı

Bulma evet		Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Oranı
Kamkoordx**	1,00*	85	284,197	117,105	12,701
	,00*	15	533,411	35,657	9,206
Kamkoord y**	1,00*	85	331,988	41,872	4,541
	,00*	15	356,141	31,824	8,216

*0=Hayır, 1=Evet

**Kamkoordx=x kamera koordinatı , Kamkoord y=y kamera koordinatı

Çizelge 4.8. Elma için robot kolun bulma oranı(T.testi)

		Levene's Test için varyans eşitliği		t-test için Ortalama Eşitliği						
		F	Sig.	t	df	Sig.	Ortalama Farklılık	Std. Hata Ayrımı	95% Güven aralığı	
									Üst	Alt
Kamkoordx*	Varsayılan Eşit Varyanslar	15,485	,000	-8,145	98	,000	-249,214	30,596	-309,933	-188,496
	Varsayılan Eşit olmayan Varyanslar			-15,886	73,584	,000	-249,214	15,687	-280,475	-217,953
Kamkoord y*	Varsayılan Eşit Varyanslar	2,387	,126	-2,125	98	,036	-24,152	11,367	-46,711	-1,594
	Varsayılan Eşit olmayan Varyanslar			-2,573	23,495	,017	-24,15267	9,38863	-43,551	-4,753

*Kamkoordx=x kamera koordinatı , Kamkoord y=y kamera koordinatı

Bulma değerlerine yapılan T-testine göre x koordinatı değerinin robot kolun meyvenin yerini bulunması için önemli olduğu görülmüştür.

Robot kolun meyveye konumlanmasından sonra meyveyi kesme değerleri için durum değerlerine ait bilgiler istatistiksel olarak analiz edilmiş ve sonuçlar kivi için Çizelge 4.9 , elma için Çizelge 4.10'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.9.Kivi için kesme durumu

Kesme evet		Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
Kamkoordx**	1,00*	72	337,162	123,140	14,512
	,00*	28	485,929	88,294	16,686
Kamkoordiy**	1,00*	72	314,281	9,506	1,120
	,00*	28	306,421	26,872	5,078

*0=Hayır, 1=Evet

**Kamkoordx=x kamera koordinatı , Kamkoordiy=y kamera koordinatı

Çizelge 4.10.Elma için kesme durumu

Kesme evet		Adet	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
Kamkoordx**	1,00*	73	265,121	111,364	13,034
	,00*	27	474,225	89,197	17,166
Kamkoordiy**	1,00*	73	328,275	42,796	5,009
	,00*	27	355,445	29,400	5,658

*0=Hayır, 1=Evet

**Kamkoordx=x kamera koordinatı , Kamkoordiy=y kamera koordinatı

Kivi için robot kolun meyveyi kesme oranı %72, elma için robot kolun kesme oranı %73 olarak yapılan analiz sonunda tespit edilmiştir.

Bağımsız T-testi için koordinatların kesme üzerindeki etkilerinin analizi yapılmıştır. Çizelge 4.11 'da kivi için, Çizelge 4.12'de bulunan analiz değerleri özetlenmiştir.

Çizelge 4.11.Kivi için kesme T-testi

		Levene's Test için varyans eşitliği		t-test için Ortalama Eşitliği						
		F	Sig.	t	df	Sig.	Ortalama Farklılık	Std. Hata Ayrımı	95% Güven aralığı	
									Üst	Alt
Kamkoordx*	Varsayılan Eşit Varyanslar	5,448	,022	-5,829	98	,000	-148,767	25,523	-199,418	-98,115
	Varsayılan Eşit olmayan Varyanslar			-6,727	68,409	,000	-148,767	22,114	-192,890	-104,644
Kamkoordy*	Varsayılan Eşit Varyanslar	10,795	,001	2,170	98	,032	7,860	3,621	,67314	15,047
	Varsayılan Eşit olmayan Varyanslar			1,511	29,665	,141	7,860	5,200	-2,765	18,486

*Kamkoordx=x kamera koordinatı , Kamkoordy=y kamera koordinatı

Çizelge 4.12.Elma için kesme T-testi

		Levene's Test için varyans eşitliği		t-test için Ortalama Eşitliği						
		F	Sig.	t	df	Sig.	Ortalama Farklılık	Std. Hata Ayrımı	95% Güven aralığı	
									Üst	Alt
Kamkoordx*	Varsayılan Eşit Varyanslar	3,938	,049	-8,763	98	,000	-209,103	23,861	-256,456	-161,750
	Varsayılan Eşit olmayan Varyanslar			-9,701	57,697	,000	-209,103	21,553	-252,253	-165,954
Kamkoordy*	Varsayılan Eşit Varyanslar	7,064	,009	-3,039	98	,003	-27,169	8,939	-44,909	-9,430
	Varsayılan Eşit olmayan Varyanslar			-3,595	67,707	,001	-27,169	7,556	-42,250	-12,089

*Kamkoordx=x kamera koordinatı , Kamkoordy=y kamera koordinatı

Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'deki değerlerin analize göre robotik sistemin meyvenin dal üzerinden kesilmesi için gerekli koordinat değerlerinin x ve y koordinat değerleri için anlamlı olduğu, kesmenin yapılması için bu değerlerin doğru olması gerektiği tespit edilmiştir.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Robotik sistem ile meyve hasadı yapılabilmesi için gerekli olan en önemli değişken meyvelerin uzay koordinat eksenlerinin bilinmesidir. Koordinat eksenlerinin bulunması için görüntü işleme tekniği uygulanmıştır. Görüntü işleme için 2D'li kamera modeli kullanılmıştır. Bu kamera ile meyvelerin uzay koordinat eksenindeki yatay eksen (x) ve dikey eksen (y) bulunmuştur. Üçüncü koordinat eksenini olan uzaklık (z) için ultrasonic sensör kullanılmıştır. Bu sensörün kullanımı için C dilinde kod yazılmış, belli mesafeye gelindiğinde robotun ileri gitmesi önlenmiştir. Robotun hareketi için gerekli olan düz ve kinematik hesaplamalar, görüntü işlemenin yapılması için gerekli program C dilinde yazılmıştır. Bu hesaplamalar ve program USB port aracılığı ile robotik sistem kontrol kartındaki işlemciye yüklenmiştir. Programın çalışması için gerekli olan programın yazılması ile görüntü işleme yapan 2D kamera arasındaki iletişim sağlanmıştır. 2D kameranın kodlanması ile görüntü işleme sonucunda elde edilecek koordinat eksenleri bulunmuştur. 2D kameranın arayüzü kullanılarak elde edilen sonuçlar tespit edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Meyveyi bulma ve kesme değerleri 1 (evet), 0 (hayır) olarak analiz edilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda kivi için başarı oranı %83, elma için % 85 olarak bulunmuştur. Robot kolun hareketini sağlayan yatay (x), dikey (y) eksen değerleri yapılan T-testi sonucuna göre kivi ve elma için yatay eksenin (x) anlamlı olduğu görülmüştür. Robot kolun görüntü işleme ile birlikte doğru hareket etmesi için gerekli eksenin yatay eksen (x) olduğu anlaşılmıştır.

Denemeler sonunda, kivi için %17, elma için %15 'lik robot kolun yanlış gitmesi değeri tespit edilmiştir. Bunun sebebi denemeler sırasında yan yana veya arka arkaya duran meyvelerde koordinat bulma sırasında kameranın meyveyi rastgele seçtiğidir. İlk şekli tam olan değil tanıtılan şekle en uygun meyvenin koordinatlarının verildiği tespit edilmiştir. Bunun önlenmesi için kameranın 3 boyutlu görüntü işleyebilen renkli kamera seçilmesi gerektiği görülmüştür.

Diğer bir sebep olarak görüntü işlemede en önemli faktör olan ortam ışık düzeyidir. Işığın meyve üzerinde sabit olmayan seviyede gelmesine sebep olan ortam ışık düzeyi nedeniyle robot kola gelen koordinat değerlerinin yanlış gelebildiği, dolayısıyla robot kolun hareket doğruluğunu etkilediği görülmüştür. 48 Led'li aydınlatma sistemi kullanılmasına karşın ortam ışık seviyesinin sabit olmaması robot kolun yanlış gitmesine neden olmuştur.

Bunun önlenmesi için robotik hasat için ortamın sabit ışık ortamında olması gerektiği görülmüştür.

Meyvenin bulunan koordinatlara göre kopartılma başarı oranı kivi için %72, elma için %73 olarak yapılan istatistiksel sonuçlarda görülmüştür. Bulma ile kesme arasındaki farklılık nedeni meyvenin makas üzerindeki konumu olduğu görülmüştür. Yapılan T-testi sonucunda meyvenin dal üzerinde kopartılması için sadece x eksenini değil ayrıca y ekseninin de önemli olduğu tespit edilmiştir. Makasın konumlanması sırasında y eksen değeri makasın meyvenin sapına konumlanmasını sağladığı görülmüştür. Meyve sapının makasın ucunda olması , makasın meyvenin sapına değil meyve yumrusuna gelmesi, meyve ile meyve sapı başlangıç noktasına gelmesi ve saptaki budağa gelmesi koparma işlemi için hata oluşmasına neden olduğu görülmüştür. Bunun önlenmesi için meyvenin makas ucundan içeri doğru çekilmesi ve sabit tutulması ile kesme işlemindeki başarının artacağı görüşüne varılmıştır. Meyvenin içeriye çekilmesi için kullanılan vakum jeneratörü ucundaki vakum pedinin her meyve için özel dizayn yapılması meyvenin sabit tutulması başarısını arttıracak düşünülmemektedir.

Ortalama robot kolun başlangıç, kesme işlemi ve ilk konuma geliş süresi 14 s.'dir. Bu sürenin kısaltılması için robotik sistemde kullanılan DC servo motorlar yerine, AC güç kullanan motorların kullanılmasının daha iyi randıman vereceği düşünülmektedir.

Robotik sistem üzerine yerleştirilecek , robotla hareket eden kamera sistemiyle çalışan yeni bir sistem tasarımı yardımıyla meyvenin kopartılmasının daha iyi olacağı düşünülmektedir. Kameranın robot üzerine monte edildikten sonra hareketi sağlayan servo motorların kameranın ağırlığını kaldıracak güçte olması gerektiği görülmüştür.

Kullanılacak motorların tüm hareketleri karşılayacak güçte olmasının robotik sistemin performansını arttıracakı tespit edilmiştir. Kullanılan robotik kontrol servo motorları ekonomik olduğu için seçilmiştir. Robotik sistemin sanayi tipi büyük robotik sistemler olduğunda sistemin daha hızlı, daha kuvvetli olacağı anlaşılmıştır.

Meyvenin algılanıp vakumun çalışması için dokunma sensörlerinin kullanılması gerektiği görülmüştür. Meyvenin fazla sıkıştırılmadan tutulması için basınç sensörleri ile yeni tutucu dizayn yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Robotik sistemin kullanılmasında en önemli girdinin kameradan gelen koordinatlar olduğu görülmüştür. Koordinatların belirlenmesinde yüzey alanı kullanılmıştır. Analizler sonucunda ölçülen değerler ile robotik hasadın arasında ilişki olduğu gözlenmiştir.

Yapılan ölçümlere ve hesaplamalara göre yüzey alanı ile yükseklik, genişlik, kalınlık ve küresellik değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu faktörlerin meyvenin yüzey alanına doğrudan etkisi olduğu anlaşılmıştır.

Görüntü işleme için daha önemli olan değer yüzey alanı olduğu anlaşılmıştır. Koordinatların orta noktaya göre belirlenmesinden dolayı her meyvenin x ve y koordinatlarının farklı olduğu tespit edilmiştir.

Bu araştırma sonucunda elde edilen veriler ve verilerin değerlendirilmesi sonucunda;

Kivi ve elma meyvesinin hasadında robotik sistemlerin başarı ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Yeni sistemlerin tasarımına, yapılacak çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Hasat sırasında başarı oranının artırılması için robotik sistemin daha güçlü ve hızlı olan sanayi tipi robotik sistemler veya akım gücü daha yüksek olan AC motorların kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Görüntü işleme için 3 boyutlu renkli kamera sistemlerinin kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Hazırlanan program geliştirilerek, 3 boyutlu algılama bundan sonra yapılacak çalışmaların ana konusu olacaktır.

KAYNAKLAR

- Allotta B, Buttazzo G, Dario P, Quaglia F(1990). A Force/Torque Sensor-Based Technique For Robot Harvesting Of Fruits And Vegetables. Intelligent Robots and Systems '90., "Towards a New Frontier of Applications", Proceedings. IROS '90. IEEE International Workshop on, Volume 1,231-235.
- Anonim (2002), Tarımda Elmanın Yeri, ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-32.pdf (erişim tarihi,16.10.2012).
- Anonim (2011a) . Pnömatik Budama Makası , /www.timewollin.com /tr/pneuw105.html (erişim tarihi,16.10.2012).
- Anonim (2011b). Pnömatik Zeytin Hasat Makineleri, www.kadmec.com /urunler/pnomatik-zeytin-hasat-makineleri-61.html (erişim tarihi,16.10.2012).
- Anonim (2011c). Pnömatik Zeytin Hasat Makinesi Sistem Ucuna Takılan Aparat, www.kadmec.com /urunler/pnomatik-zeytin-hasat-makineleri-61.html (erişim tarihi,16.10.2012).
- Anonim (2012). Endüstriyel Robotlar Ve Uygulama Alanları, http://www.makinateknik.org /robotik/robot_sinif.php (erişim tarihi,16.10.2012).
- Anonim (2012).Robot Nedir, vizyon21yy.com/documan/genel_konular/.../robot/robot _nedir .html (erişim tarihi,16.10.2012).
- Arıkan M.A (1996). Endüstriyel Robotlar ve Üretimde Uygulama Alanları Ders Notları, arxiv.mmo.org.tr/pdf/10948.pdf(erişim tarihi,16.10.2012).
- Arima S, Shibusawa S, Kondo N, Yamashita J (2003). Traceability Based On Multi-Operation Robot Information From Spraying, Harvesting And Grading Operation Robot. Advanced Intelligent Mechatronics, ,IEEE/ASME International Conference on,Valume 2,1204-1209,ISBN: 0-7803-7759-1.
- Arima S, Kondo N, Nakamura H(1996)., Development Of Robotic System For Cucumber Harvesting, JARQ, Volume 30(4), 233-238, ISSN:0021-3551,Japan.
- Arima S, Shichi Y, Jun Y, Tekefumi K (2004). Multi-Operation Robot for Strawberry Cultivation. Development of Spraying and Harvesting Operation Robot. Japan Science and Technology Agency, PAGE Number:.2P2-L2-14,Japan.
- Arima S,Kondo N, Monta M, August 2004, Strawberry Harvesting Robot on Table-top Culture,ASAE Annual Meeting, Page Number: 043089,Canada.
- Bayram B(2001)., Sayısal Görüntü İşleme Ders Notları, www.yildiz.edu.tr /~bayram/sgi/saygi.htm (erişim tarihi,16.10.2012).
- Benson E.R,Reid J.F,Zhang Q(2001).Machine Vision Based Streeing System For Agricultural Combines. ASAE Annual International Meeting, Paper Number:11159, USA.
- Berenstein R, Ben Shahar O, Shapiro A, Edan Y(2010). Grape Clusters And Foliage Detection Algorithms For Autonomous Selective Vineyard Sprayer, Intelligent Service Robotics ,Volume 3(4),233-243.

- Blackmore B.S, Fountas S,Tang L, Have H(2004). Design Specifications for a Small Autonomous Traktor with Behavioural Control. The CIGR of AE Scientific Research and Development. <http://cigr-ejournal.tamu.edu/Volume6.html>.
- Blackmore B.S, Stout B, Wang M, Runov B (2010) . Robotic Agriculture –The Future of Agricultural Mechanisation?. 5 th. European Conference on Precision Agriculture. ed. J. Stafford, V. , Wageningen Academic Publishers. Page Number: 621-628, Netherlands.
- Bulanon D.M, Kataoka T (2010). Fruit Detection System And An End Effector For Robotic Harvesting Of Fuji Apples. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Volume 12(1),203-210.
- Bulanon D.M, Kataoka T , Ota Y, Hiroma T (2001). Estimation Of Apple Fruit Location Using Machine Vision System For Apple Harvesting Robot. Internatioan Commision of Agricultural and Biosystemes Engineering the CIGR Journal of Scientific Research and Development,Valume 3,1-6.
- Bulanon M.,Burks T.F.,Alchanatis V., May 2009, Image Fusion Of Visible And Thermal Images For Fruit Detection,Biosystems Engineering, Published by Elsevie ,Volume 103(1),12-22
- Börklü H.R(1996). Robotik Ders Botu, <http://websitem.gazi.edu.tr/site/rborklu/files> (erişim tarihi,16.10.2012).
- Christensen S(2005). Physical weed control, <http://www.scribd.com/doc/35156493/Field-Robots-in-Agriculture>, Erişim Tarihi:21.12.2011.
- Edan Y, Engel B. A , Miles G.E (1993). Intelligent Control System Simulation Of An Agricultural Robot. Journal of Intelligent & Robotic Systems, Kluwer Academic Publishers, Volume 8(2), 267-284,USA.
- FAO (2009), www.fao.org/corp/statistics/en/ (erişim tarihi,16.10.2012).
- Feng G, Qixin C ,Yongjie C, Masateru N (2008). Fruit Location And Stem Detection Method For Strawberry Harvesting Robot. International Journal of Advanced Robotic Systems,Page Number:89-94,ISSN:17298806.
- Foglia M. M, Reina G(2006). Agricultural Robot For Radicchio Harvesting. Journal of Field Robotics, Volume 23, 363–377.
- Griepentrog H.W,Norremark M, Nielsen H, Blackmore B.S(2005). Seed Mapping of Sugar Beet. Precision Agriculture. Volume 6,157-165, Netherlands.
- Güler M, Kara T(2005). Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisine Genel Bir Bakış. OMÜ Zir. Fak. Dergisi,20(3):110-117,Samsun-Türkiye.
- Gümüşel L(2007). Robot ve Kinematigi ders Notları , [www.vsuk.org/SECMELI/DERSLER/4.Sınıf_1.Donem/ROBOT_VE_KINEMATIGI/Robot_ve_Kinematigi_Ders_Notlar%fd_\(Doc.Dr._Levent_GUMUSEL\).rar](http://www.vsuk.org/SECMELI/DERSLER/4.Sınıf_1.Donem/ROBOT_VE_KINEMATIGI/Robot_ve_Kinematigi_Ders_Notlar%fd_(Doc.Dr._Levent_GUMUSEL).rar) (erişim tarihi,16.10.2012).
- Hannan M.W, Burks T.F (2004). Current Developments in Automated Citrus Harvesting. ASAE Annual Meeting, Page Number: 043087,Canada.
- Hayashi S, Ganno K , Ishii Y, Tanaka I (2002). Robotic Harvesting System For Eggplants. JJARQ., Japan Agricultural Research Quarterly (Jarq, Jpn. Agric. Res. Q.) ISSN 0021-3551.

- Hayashi S, Ota T, Kubota K, Ganno K, Kondo N (2005). Robotic Harvesting Technology for Fruit Vegetables in Protected Horticultural Production. Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production,Page Number:227-236,France.
- Hayashi S, Shigematsu K , Yamamoto S, Kobayashi K , Kohno Y, Kamata J, Kurita M (2010). Evaluation of a Strawberry-Harvesting Robot in a Field Test, Biosystems Engineering, Published By Elsevier ,Volume 105(2),160-171.
- Henten E.J, Hemming J, Van Tuijl B.A.J, Kornet J.G, Meuleman J, Bontsema J, Van Os E.A (2002). An Autonomous Robot for Harvesting Cucumbers in Greenhouses. Autonomous Robots Kluwer Academic Publishers,Valume 13,241-258,Netherlands.
- Henten E.J, Hemming J, Van Tuijl B.A.J, Kornet J.G, Meuleman J, Bontsema J, Van Os E.A (2003). Field Test of an Autonomous Cucumber Picking Robot. Biosystems Engineering, Volume 86, 305-313.
- Henten E.J, Schenk E.J, Willigenburg L.G.,Meuleman J, Barreiro P (2010). Collision-Free Inverse Kinematics Of The Redundant Seven-Link Manipulator Used in a Cucumber Picking Robot. Biosystems Engineering, Published By Elsevier ,Volume 106(2),112-124.
- Henten E.J, Van Tuijl B.A.J, Hemming J ,Achten V.T.J, Balendock J , Wattimena M.R (2005). Cropst-A Mini Field Robot For Research On Precision Agriculture.
- Irtem (2010). Pnömatik Ekim Makinaları, <http://www.irtem.com.tr/pnomatik.htm> (erişim tarihi,16.10.2012).
- Jimenez A.R, Ceres R, Pons J.L (2000). A Vision System Based On A Laser Range-Finder Applied To Robotic Fruit Harvesting. Machine Vision and Applications,Valume 11,321-329.
- Kataoka T, Okamoto H, Hata S (2001). Automatic Detecting System Of Apple Harvest Season For Robotic Apple Harvesting. 2001 ASAE Annual International Meeting. Sacramento Convention Center Sacramento, Paper Number: 01-3132, California, USA.
- Kayhan G(2003). Robot Kinematığının Esasları , (Yüksek Lisans Tezi) , Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Samsun.
- Kaynak O, Denker A, Bekiroğlu N, Özen F, Birol İ, Keküllüoğlu M.O (1993), Tübitak MAM ,Robot Görmesi, Proje Numarası:12-93-01,Gebze,Kocaeli.
- Keicher R, Seufert H (2000). Tomato And Cherry Tomato Harvesting Robot . Automatic Guidance For Agricultural Vehicles In Europe. Computers and Electronics in Agriculture ,Valume 25 (12), 169–194.
- Kılıçkan A(2008) . Design of a Pneumatic Cotton Harvester (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı ,Ankara.
- Kitamura S, Oka K, Takeda F (2005). Development of Picking Robot in Greenhouse Horticulture . SICE Annual Conference,Page Number:3176-3179,Japan.
- Kohan A, Borghae M, Mehran Yazdi M, Minaei S, Sheykhdavudi M.J(2011). Robotic Harvesting of Rosa Damascena Using Stereoscopic Machine Vision, World Applied Sciences Journal , Valume 12 (2), 231-237, ISSN :1818-4952.

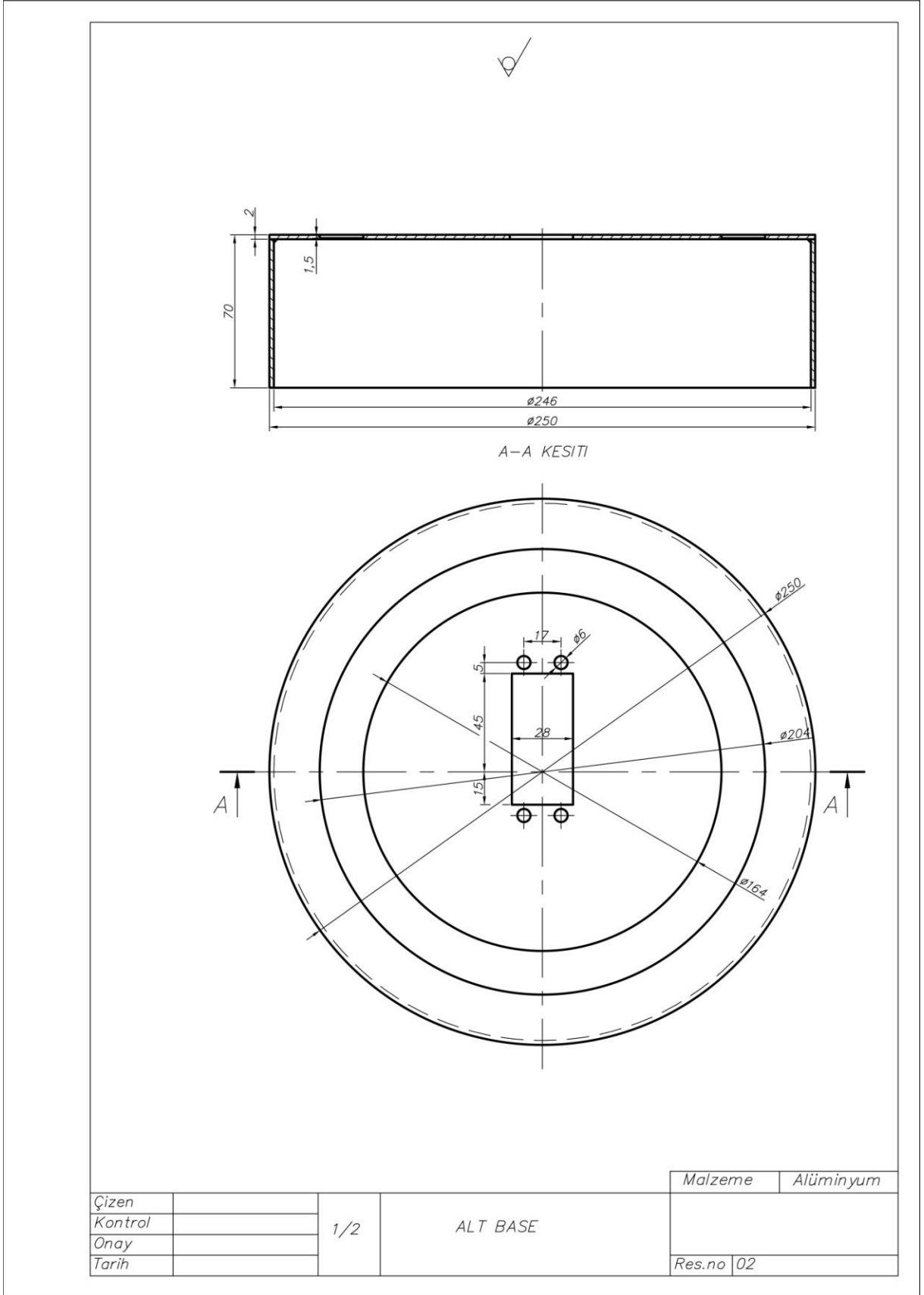
- Kondo N, Ninomiya K, Hayashi S, Ota T, Kubota K (2005). A New Challenge Of Robot For Harvesting Strawberry Grown On Table Top Culture. 2005 Asae Annual International Meeting, Paper Number: 053138,USA.
- Kondo N (1988), Detecting Fruit By Visual Feedback On Hand-Eye System,Scientific Reports Of The Faculty Of Agriculture . Published By The Faculty Of Agriculture, Okayama University , Page Number:69-76, Issn: 0474-0254 , Japan.
- Li J, Chen S, Chen Y, Chiu Y, Tu W, Pan P (2010). Study On Machine Vision System For Tomato Picking Robot. Proceedings of the 5th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB),Japan.
- Li Z, Liu J, Li P, Li W (2008). Analysis of Workspace and Kinematics for a Tomato Harvesting Robot. International Conference on Intelligent Technology and Automation ,Page Number:823-827,Japan.
- Libin Z ,Yan W, Qinghua Y, GuanJun B, Feng G,Yi X (2009). Kinematics And Trajectory Planning Of A Cucumber Harvesting Robot Manipulator. International Journal of Agricultural and Biological Engineering,Volume 2(1),1-7, ISSN.1934-6344.2009.01.001-007.
- Ling P.P, Ehsani R, Ting K.C, Chi Y, Ramalingam N, Kligman M.H, Draper C (2004). Sensing and End-Effector for a Robotic Tomato Harvest,Current Developments in Automated Citrus Harvesting. ASAE Annual Meeting, Page Number: 043087,Canada.
- Liu J, Li Z, Li P, Mao H (2008). Design of a Laser Stem-cutting Device for Harvesting Robot . Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics,Page Number:2370-2374,China.
- Liu J, Li P, Li Z (2007). A Multi-Sensory End-Effector for Spherical Fruit Harvesting Robot. Automation and Logistics, 2007 IEEE International Conference on,Page Number:258-262, ISSN: 978-1-4244-1531-1.
- Lu R, Ariana D (2002). A Near-Infrared Sensing Technique For Measuring Internal Quality Of Apple Fruit. Applied Engineering In Agriculture, Volume 18(5): 585–590. ISSN:0883–8542.
- Lund I,Sogaard H.T(2006). Robotic Weeding-Plant Recognition and Micro Spray on Single Weeds. Biosystem Engineering, Published By Elsevier ,Volume 96(3),315-322.
- Mao W, Ji B, Zhan J, Zhang X, Hu X (2009). Apple Location Method For the Apple Harvesting Robot. Image and Signal Processing, CISP '09. ,2nd International Congress on, ISBN:978-1-4244-4229-7,Chine.
- Mateus D, Avina G, Devy ,M (2005). Robot Visual Navigation in Semi-Structured Outdoor Environments. International Conference On Robotics And Automation, Page Number:4691-4696, ISBN:0-7803-8914-X,Espane.
- MEGEP(2001). Cisimlerin Dayanımı-2 Ders Kitabı, hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/motorlu_araclar/moduller/cisimlerin_dayanimi2.pdf (erişim tarihi,16.10.2012).
- MEGEP (2007) . Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri,Temel Pnömatik Ders Kitabı, hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/endustriyel_otomasyon/moduller/TemelPnomatik.pdf (erişim tarihi,16.10.2012).

- Monta M, Kondo N, Ting K.C (1998). End-Effectors for Tomato Harvesting Robot. *Journal Artificial Intelligence Review*, Kluwer Academic Publishers, Volume 12, 11-25, Netherlands.
- Monta M, Kondo N, Shibano Y (1995). Agricultural Robot in Grape Production System. *Robotics and Automation, IEEE International Conference on*, Volume 3, 2504-2509, Nagoya, Japan.
- Monta M., Namba K., Kondo N (2004). Tree Dimensional Sensing Using Laser Scanner. *ASAE Annual Meeting*, Page Number: 041158, Canada.
- Murakami N, Otsuka K, Inoue K, Sugimoto M (1999). Robotic Cabbage Harvester. *JSAM*, Volume 55(5), 133-40.
- Nagasaka Y , Kunetani Y , Umeda N, Kokuryu T (2002a). High-Precision Autonomous Operation Using An Unmanned Rice Transplanter. [Http://www.Riceworld.Org/Publications /Wrrc/Wrrcpdf/Session7-06.Pdf](http://www.Riceworld.Org/Publications/Wrrc/Wrrcpdf/Session7-06.Pdf)
- Nagasaka Y, Taniwaki K, Otani R, Shigeta K(2002b). An Automated Rice Transplanter with RTKGPS and FOG. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript PM 01 003. Vol. IV. October, 2002.
- Noguchi N, Will J, Reid J, Zhang Q (2002). Development Of Master-Slave Robot System For Farm Operations, In *Automation Technology For Off-Road Equipment*. *Proceedings Of The Conference*, Page Number: 432-441, USA.
- Pederson B.B (2001). Weed Density Estimation from Dijital Images in Spring Barley. Unpublished Msc thesis KVL, Page Number: 1-26, Denmark.
- Pilarski T, Happold M, Pangels H, Ollis M, Fitzpatrick K., Stentz A (2002). The Demeter System for Automated Harvesting. *Autonomous Robots* Kluwer Academic Publishers, Volume 13, 9-20, Netherlands.
- Pla Bañón F , Moltó E (1991). An Approach to Citrus Vision Systems in Robotic Harvesting. *On-Machine Vision Systems for Agricultural and Bio-Industries*, Page Number: 47-59 , ISBN: 2853622977.
- Plebe A, Grasso G (2001). Localization Of Spherical Fruits For Robotic Harvesting, *Machine Vision And Applications*, Volume 13, 70-79.
- Rath T, Kawollek M (2009). Robotic Harvesting Of Gerbera Jamesonii Based On Detection And Three-Dimensional Modeling Of Cut Flower Pedicels. *Computers and Electronics in Agriculture Archive*, Volume 66(1), 85-92, ISSN: 01681699.
- Rece M, Taylor J, Plebe A, Tropiano G (1996). Vision and Neural Control For an Orange Harvesting Robot. *NICROSP '96 Proceedings of the 1996 International Workshop on Neural Networks for Identification* ,Page Number: 467-475, ISBN: 0-8186-7456-3, Washington, USA.
- Sakai S, Iida M, Osuka K, Umeda M (2008). Design And Control Of A Heavy Material Handling Manipulator For Agricultural Robots. *Autonomous Robots*, Kluwer Academic Publishers Hingham, Volume 25, 189-204, USA.
- Scarfe A ,Flemmer C, Flemmer R (2009). Development of An Autonomous Kiwifruit Picking Robot. *Autonomous Robots and Agents, ICARA 2009. 4th International Conference on*, Page Number: 380-384, ISBN: 978-1-4244-2712-3, New Zealand.

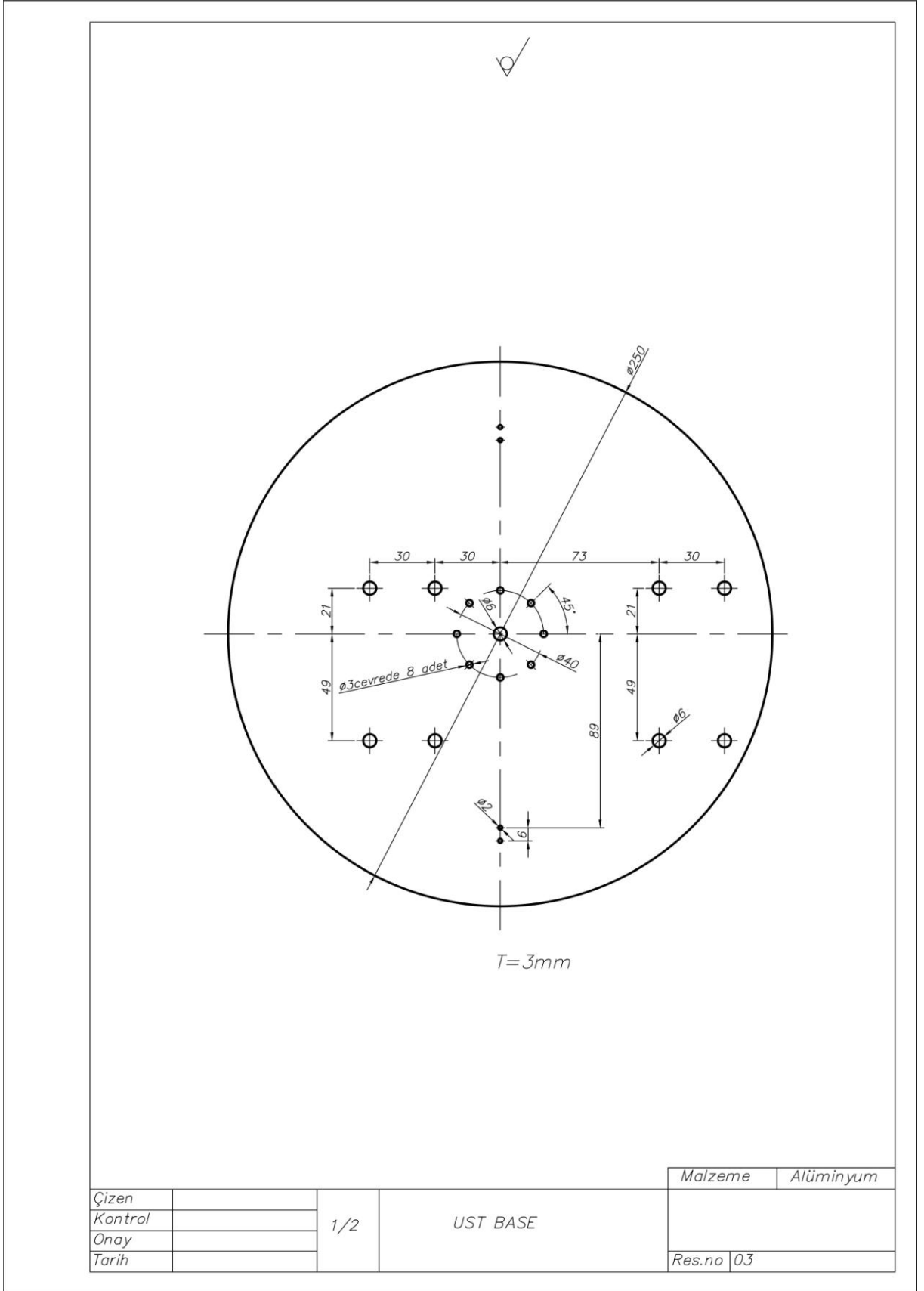
- Subrata I.D.M , Fujiura T ,Nakao S, Yamada H, Hida M, Yukawa T (1997). 3-D Vision Sensor For Cherry Tomato Harvesting Robot. JARQ, Volume 31(4), 257-264,ISSN:0021-3551,Japan.
- Tanigaki K, Fujiura T, Akase A, Imagawa J (2008). Cherry-Harvesting Robot. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 63,65-72.
- Türkoğlu İ (2003).Örüntü Tanıma Sistemleri Ders Notları, tr.scribd.com/doc / 90572310 / knn-parzen-pencereleri (erişim tarihi,16.10.2012).
- TÜİK (2010), www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=45 (erişim tarihi,16.10.2012).
- Umeda M, Kubota S, Lida M (1999). Development of “STORK”, A Watermelon-Harvesting Robot. Artificial Life and Robotics, Volume 3, 143-147,ISSN:1433-5298,Japan
- Yaman K, Sarucan A, Atak M, Aktürk N(2001). Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme Ve Arama Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama, Gazi Univ. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 16, No 1, sayfa No: 19-40, Ankara(erişim tarihi,16.10.2012).
- Yıkar E(2003). Elma, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Sayı 4, Nüsha 7, ISSN 1303-8346 , Ankara (erişim tarihi,16.10.2012).
- Yıldırım K.S, İnce C, Kalaycı T.H (2003). Görüntü işleme, yzgrafik.ege.edu.tr /~tekrei / dosyalar /sunum/gi.pdf (erişim tarihi,16.10.2012).
- Zazueta F.S, Smajstrla A.G,Clark G.A (2008), Irrigation System Controllers, Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Page Number :1-11, America
- Zhaoxiang L,Gang L (2007). Apple Maturity Discrimination And Positioning System In An Apple Harvesting Robot. New Zealand Journal of Agricultural Research ,Page Number:103-1113.
- Zhi-Guo L, Ji-Zhan L, Ping-Ping L, Yin Jian-Jun Y (2009). Study On The Collision Mechanical Properties Of Tomatoes Gripped By Harvesting Robot Fingers, African Journal of Biotechnology ,Volume 8 (24), 7000-7007, ISSN 1684–5315.

EKLER

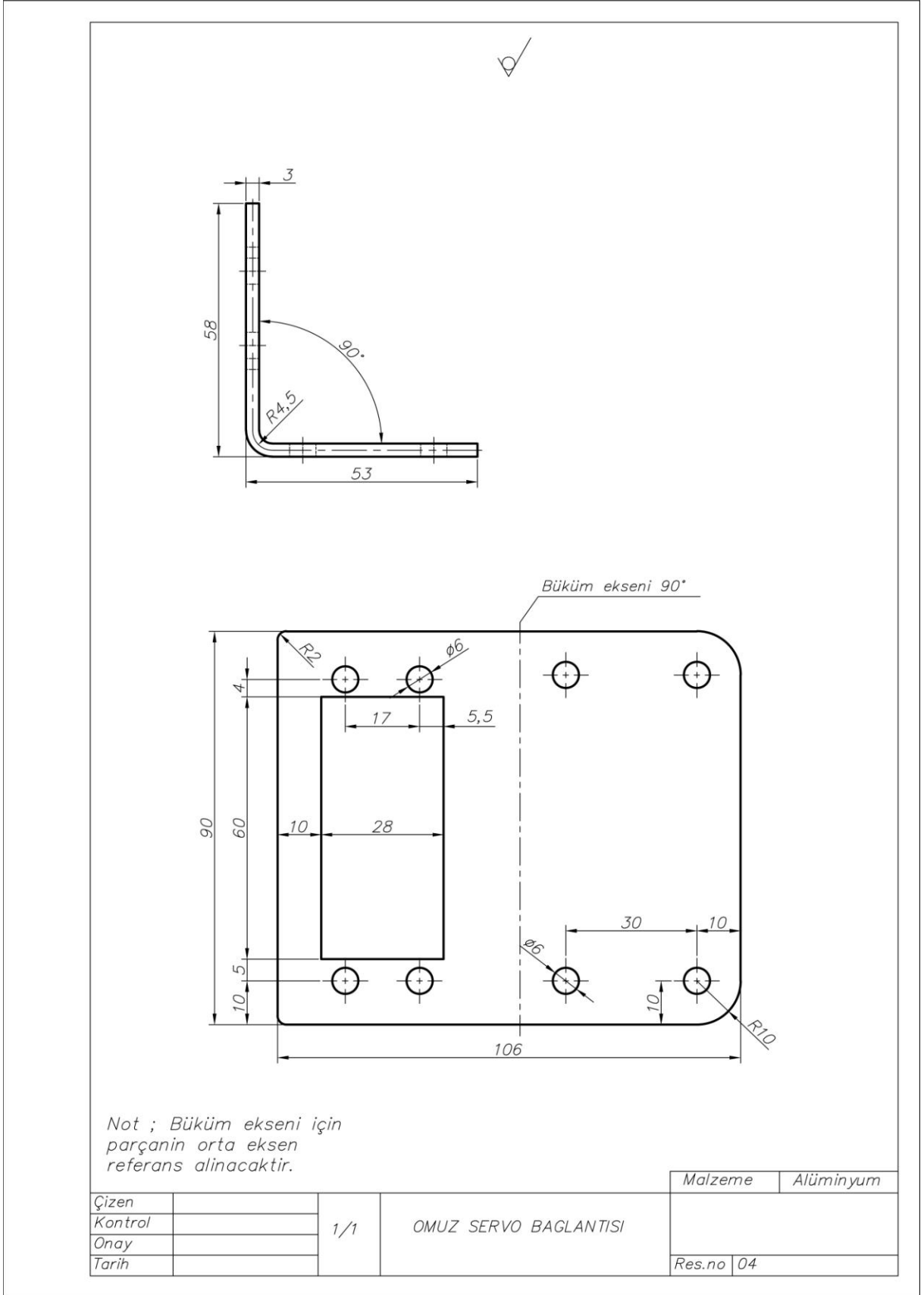
Ek-1 Alt Base Teknik Çizimi.



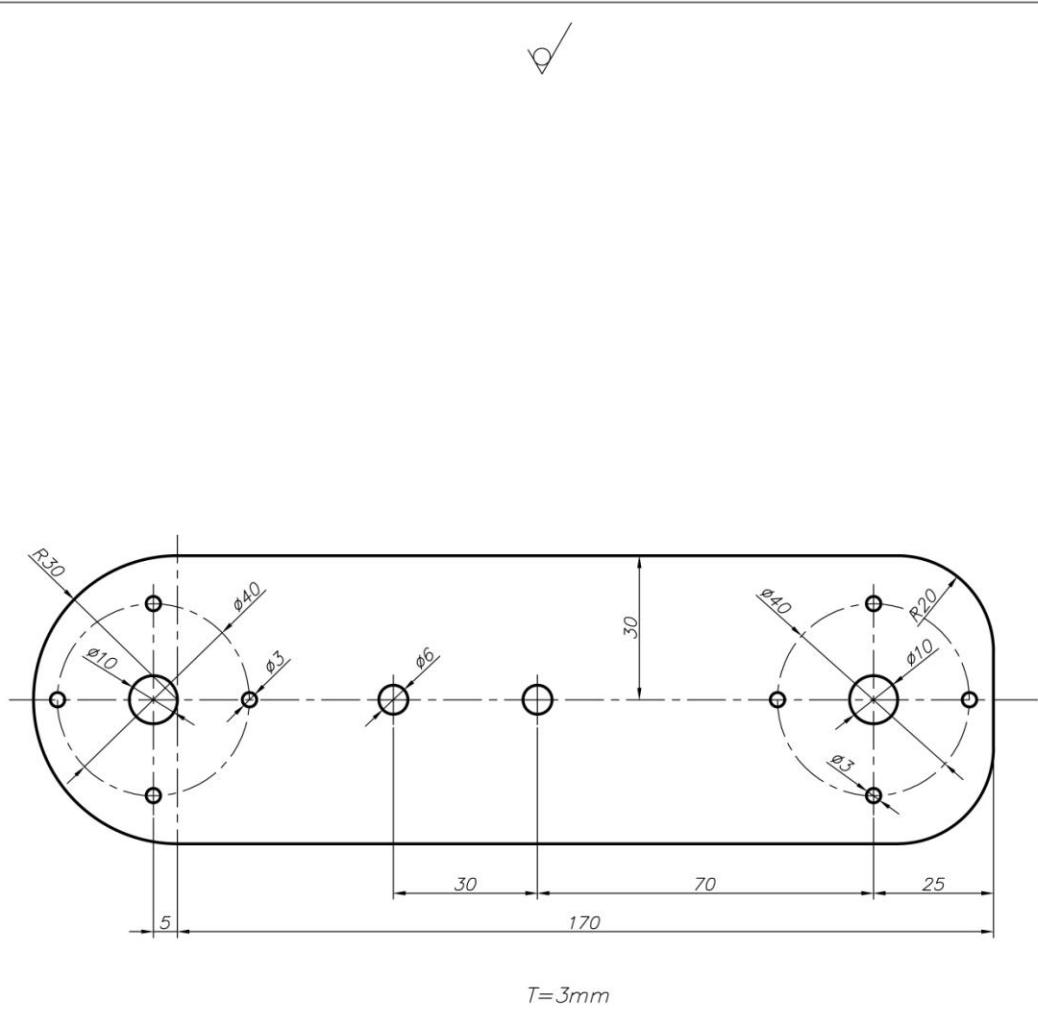
Ek-2 Üst Base Bağlantısının Teknik Çizimi.



Ek-3 Omuz Servo Bağlantısının Teknik Çizimi.

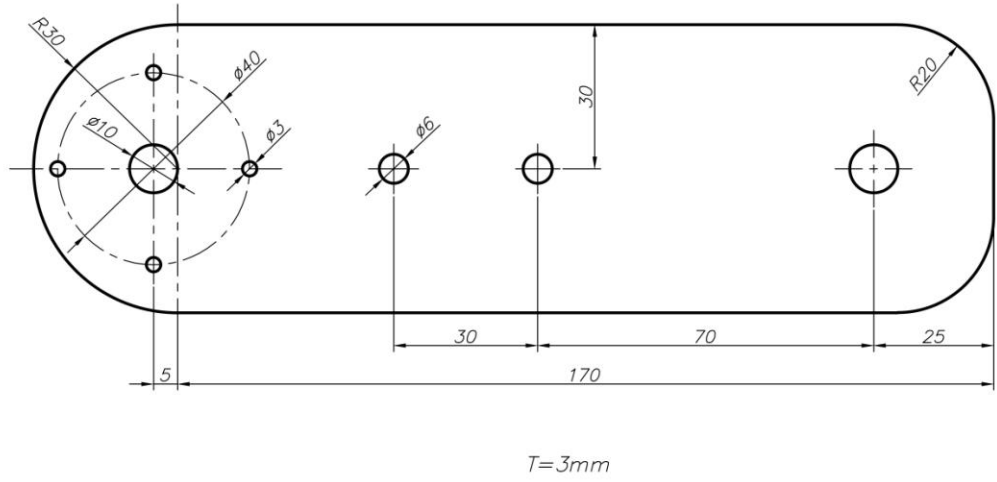


Ek-4 Link Bağlantısı-1-1'in Teknik Çizimi.



Çizen		1/1	LINK1-1	Malzeme	Alüminyum
Kontrol					
Onay					
Tarih					
				Res.no	05

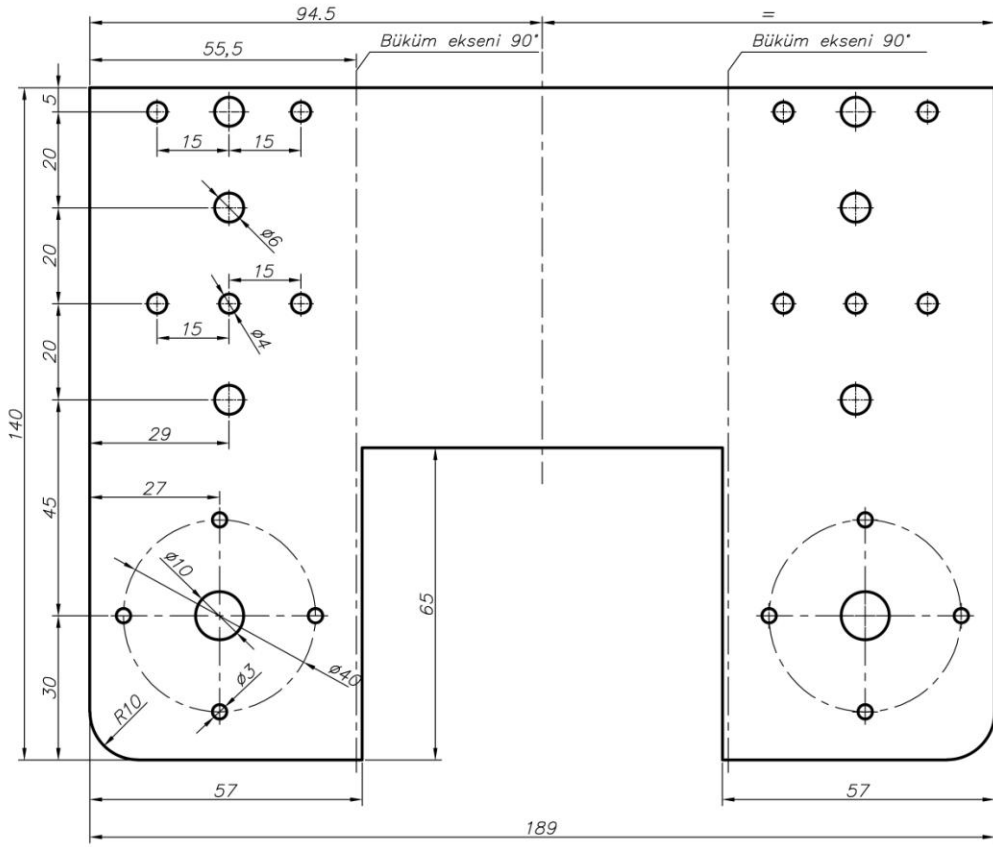
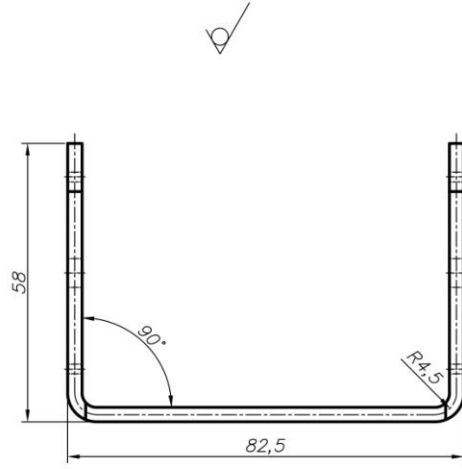
Ek 5 Link Bağlantısı-1-2'nin Teknik Çizimi.



Çizen		1/1	LINK1-2	Malzeme	Alüminyum
Kontrol					
Onay					
Tarih				Res.no	06

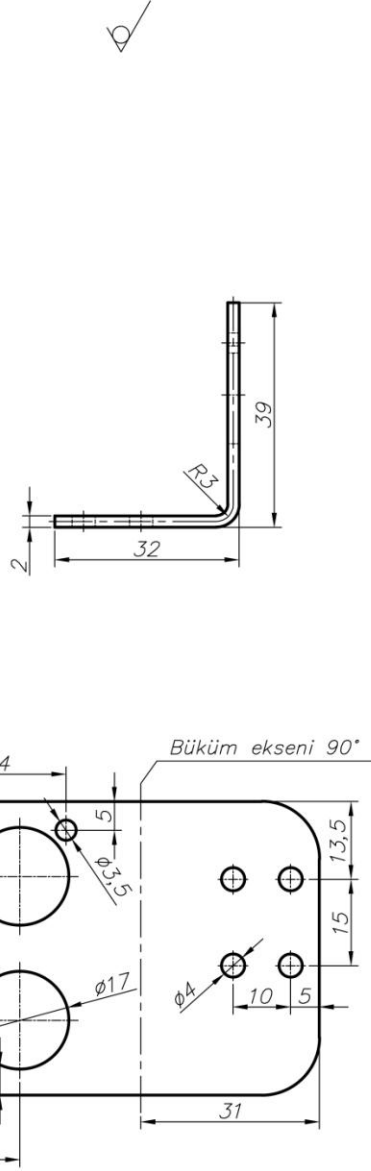
Ek-6 Link Bağlantısı-1-3'ün Teknik Çizimi.

Not ; Büküm eksenini için parçanın orta eksen referans alınacaktır.



Çizen		1/1	LINK 3	Malzeme	Alüminyum
Kontrol					
Onay					
Tarih				Res.no	08

EK- 7 Ultrasonic Sensor Bağlantısının Teknik Çizimi.



Not ; Büküm eksenini için
parçanın orta eksen
referans alınacaktır.

			Malzeme	Alüminyum
Çizen		1/1	ULTRASONIC SENSOR BAĞLANTISI	
Kontrol				
Onay				
Tarih				
			Res.no	

ÖZGEÇMİŞ

28.11.1970 tarihinde Kırklareli'nde doğdu. İlk, orta öğrenimimi Konya'da tamamladı. Lise öğrenimimi Malatya'da tamamladı. 1989 yılında üniversite sınavına girerek G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Sistemleri Bölümünü kazandı. 1995 yılında bu fakülteden mezun oldu. 1997 Mart ayında T.Ü. Tekirdağ Meslek Yüksekokulu'nun açmış olduğu Öğretim Görevlisi sınavını kazanarak T.Ü. Tekirdağ Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. 1998 yılında T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları A.B.D. 'da yüksek lisansa başladı. 2001 yılında mezun oldu. 2006 yılında Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu göreve devam etmekte. Evli ve üç çocuk babası.