



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Havuç Sınıflandırmada Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme Makinası Tasarımı ve Bazı Mekanik Sınıflandırma Makinaları İle Boylama Etkinliklerinin Karşılaştırılması

Mustafa Nevzat ÖRNEK

DOKTORA TEZİ

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Eylül-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

HAVUÇ SINIFLANDIRMADA GERÇEK ZAMANLI GÖRÜNTÜ İŞLEME MAKİNASI TASARIMI VE BAZI MEKANİK SINIFLANDIRMA MAKİNALARI İLE BOYLAMA ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mustafa Nevzat ÖRNEK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

2014, 104 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI
Prof. Dr. Fikret DEMİR
Prof. Dr. Cevat AYDIN
Doç.Dr. Mehmet TOPAKCI
Doç.Dr. Adem Alpaslan ALTUN

Ülkemizde Konya-Kaşınhanı Bölgesi havuç üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'deki 2013 yılı verilerine göre havuç üretim alanlarının yaklaşık %46'sı ve üretim miktarının ise yaklaşık %60'ı Konya Bölgesinden karşılanmaktadır. Bölgede birçok yıkama ve paketleme tesisi bulunmaktadır. Bu tesisler tamamen benzer özellikler göstermekte ve bölgenin ihtiyacını karşılamaktadır. Yıkama havuzundan gelen havuçlar, bazı tesislerde önce mekanik sınıflandırma makinelerine sonra paketleme bölümüne ya da direk paketleme bölümüne gelmektedir. İnsan iş gücü kullanılarak sınıflandırma ve paketleme işlemi yapılmaktadır.

Bu çalışmada, enine merdaneli, boyuna merdaneli ve geliştirilen gerçek zamanlı görüntü işleme sistemli sınıflandırma makinesinin sınıflandırma etkinliği belirlenmiştir. Denemeler sonucunda kendi çap aralıklarına göre enine merdaneli sınıflandırma makinesinde hatalı bölüme düşen havuç oranları %0.65 ile %99.33 arasında ve boyuna merdaneli sınıflandırma makinesinde hatalı bölüme düşen havuç oranları %18.39 ile %88.90 arasında değişmiştir. Gerçek zamanlı görüntü işleme makinesinde ise ekstra sınıfta hatalı bölüme düşen havuç oranları %5.42 ile %9.03 arasında bir değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre mekanik sınıflandırma makinelerinin sınıflandırma etkinliğinin yeterli olmadığı, gerçek zamanlı görüntü işleme sistemli sınıflandırma makinesinin ise sınıflandırma etkinliğinin yeterli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerçek zamanlı görüntü işleme, havuç, meyve sınıflandırma, tarımsal otomasyon

ABSTRACT

Ph.D THESIS

COMPARISON OF SORTING EFFECTIVENESS BETWEEN DESIGNED REAL TIME IMAGE PROCESSING MACHINE AND SOME MECHANIC CLASSIFICATION MACHINERIES IN CARROT CLASSIFICATION

Mustafa Nevzat ÖRNEK

SELCUK UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY

Advisor: Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

2014, 104 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr. Haydar HACISEFEROGULLARI
Prof. Dr. Fikret DEMIR
Prof. Dr. Cevat AYDIN
Assoc. Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI
Assoc. Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

In our country, Kasınhanı district of Konya province ranks first in the production of carrots. According to data from the year 2013 in Turkey, Konya Province has approximately 46% of carrot production areas and it is obtained approximately 60% of the amount of carrot production from Konya region. There are many washing and packing facility in the region. These facilities show similar features and fully meet the needs of the region. Carrots that came from the washing pool comes firstly to the mechanical grading machines and then to the packing department or directly to the packing department in some facilities. Grading and packing process is carried using manpower.

In this study, it was determined classification efficiency of a cross-roller, a longitudinal roller and an improved classification machine which has real-time image processing system. As a result of experiments, according to their wide range, rates of carrot falling to faulty section ranged from between 0.65% and 99.33% in cross-roller and between 88.90% to 18:39% in longitudinal roller. Also, in real-time image processing machinery, rates of carrot falling to faulty section in the extra-class showed a change between 5.42 and 9.03%. According to these results, the classification efficiency of mechanical classification machines is not sufficient, also the classification efficiency of classification machine which has real-time image processing system was determined as sufficient.

Key words: agricultural automation, carrot, fruit classification, real time image processing

ÖNSÖZ

Gelişen bilgi teknolojileri ve tarımsal üretimin artması ile üretilmiş meyve ve sebzelerin sınıflandırılma ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Gelişmiş ülkelerde gerçek zamanlı görüntü işleme sistemleri ile tarımsal ürünlerin sınıflandırılması yapılmaktadır. Bu konuda araştırmalar artarak devam etmektedir. Ülkemizde ise yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışma ile havuç sınıflandırılması konusunda bölgesel makine imalat teknolojisine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Havuç sınıflandırılması konusunda tez fikrinin ortaya konmasından bitimine kadar tüm doktora eğitimimin her sürecinde bilgisini, yardımını ve emeğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI' na, tez izleme komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Fikret DEMİR ve Sayın Doç. Dr. Adem Alparslan ALTUN'a, çalışmamı maddi olarak destekleyen Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinatörlüğüne, prototipin mekanik kısmının imalatında emeği geçen Örnek Alüminyum Genel Müdürü Sayın Fatih ÖRNEK'e, elektronik kısımlarına desteklerini esirgemeyen Sayın Ersin ELKİN ve Detay Elektronik'ten Sayın Yusuf ÖNER'e, yazılım geliştirmem de Sayın Mert ÇÖTELE'ye, denemeler süresince yardımlarını esirgemeyen Tarım Makinaları Yüksek Lisans öğrencileri Sayın Salih ŞEFLEK'e ve Sayın Aykut ALCAYIR'a ve çalışmalarım boyunca sabır gösteren ve maddi ve manevi olarak destekleyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa Nevzat ÖRNEK

KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **7**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **26**

3.1. Materyal 26
3.1.1. Sınıflandırma makineleri 26
3.1.1.1. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesi (M_1) 26
3.1.1.2. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesi (M_2) 28
3.1.1.3. Gerçek zamanlı görüntü işleme makinesi (M_3) 29
3.1.1.3.1. Bant sistemi 30
3.1.1.3.2. Bant hareket sistemi 32
3.1.1.3.3. Enkoder ve elektronik sistemi 33
3.1.1.3.4. Servo motor ve kontrolü 35
3.1.1.3.5. Kabin ve ekipmanları 39
3.1.1.3.6. Kamera sistemi 40
3.1.1.3.7. Dijital fotoğraf makinesi ve düzenek 40
3.1.2. Ölçme cihazları 42
3.1.2.1. Dijital kumpas 42
3.1.2.2. Hassas terazi 42
3.1.2.3. Devir ölçüm cihazı 43
3.1.2.4. Işık siddeti ölçüm cihazı 43
3.1.2.5. Bilgisayar 44
3.1.2.6. Kamera Kalibrasyon Kâğıtları 45
3.1.3. Denemelerde kullanılan havuçlar 45
3.1.3.1. Mekanik sınıflandırma makinelerde kullanılan havuçların özellikleri 45
3.1.3.2. Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinde kullanılan havuçların özellikleri 47

3.2. Yöntem 49
3.2.1. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesi (M_1) 50
3.2.2. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesi (M_2) 51
3.2.3. Gerçek zamanlı görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinin tasarımı (M_3) 52
3.2.3.1. Kullanılan yazılımlar ve kütüphaneler 53
3.2.3.2. Geliştirilen gerçek zamanlı görüntü işleme programı ve bölümleri 53

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 66

4.1. Araştırma Sonuçları 66
4.1.1. Paketlenmiş havuçların özellikleri 66
4.1.2. Sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuçların fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler 66
4.1.3. Silindir Aralık Açıklığı İlerleme ile Değişen Sınıflandırma Makinesinin (M_1) Sonuçları 67
4.1.4. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesinin (M_2) sonuçları 68
4.1.5. Gerçek zamanlı sınıflandırma makinesinin (M_3) sonuçları 69
4.2. Tartışma 74

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 77

5.1. Sonuçlar 77
5.2. Öneriler 78
KAYNAKLAR 80

EKLER 86

KISALTMALAR

Bit	En küçük veri depolama birimi
$BÇH_{1,2,3}$	Bant çevre hızı 1, 2, 3
BMP	Bitmap image file, resim biçimi
BPW-21	Osram opto semiconductors photodiodes
Byte	8 bitlik veri
CCD	Charge coupled device
CMOS	Complementary metal oxide semiconductor, bütünleyici metal oksit yarı iletken
C-Mount	Lens montaj standardı
CPU	Central processing unit, merkezi işlem ünitesi
DDR	Double data rate, hafıza tipi
DF	Degrees of freedom, serbestlik derecesi
DVM	Destek vektör makineleri
DWF	Drawing, Autocad dosya biçimi
F	F-distribution, F-dağılımı
FFT	Fast fourier transform
FPS	Frame per second, saniyedeki görüntü karesi sayısı
GB	Gigabyte, 1024MB veri depolama birimi
GDDR	Graphics double data rate memory
GLCM	Gray level co-occurrence matrix
GHz	Giga hertz, frekans sıklık birimi
GPU	Graphics processing unit, grafik işleme ünitesi
Hz	Hertz, frekans sıklık birimi
IP54, IP30	International protection marking, uluslararası koruma işareti
ISO	International organization for standardization, uluslar arası standart organizsayonu
JPG, JPEG	JPEG, joint photographic experts group, resim biçimi
KB	Kilobyte, 1024 adet byte, veri depolama birimi
$KA_{1,2}$	Kamera ayarı 1, 2
k-EYK	En yakın komşuluk ilişkisi
LCD	Liquid crystal display, sıvı kristal ekran
LDC	Linear discriminant classifie, doğrusal sınıflandırma
LED	Light Emitting Diode
Lüks	Aydınlatma şiddeti
$M_{1,2,3}$	Denemeye alınan makine numaraları
MB	Megabyte, 1024 KB veri depolama birimi
MP	Mega piksel
MS	Mean square, kareler ortalaması
NDVI	Normalized difference vegetation Index
NIRS	Near-infrared spectroscopy, yakın kızıl ötesi spectroscopy
P	P-distribution, P-dağılımı
PDF	Portable document format, taşınabilir belge biçimi
PIC	Peripheral interface controller
Pixel	Sayısal görüntülerin en küçük birimi
PLC	Programlanabilir mantıksal denetleyici, Programmable logic controller
PVC	Polivinil klorür
RAM	Random Access Memory

RAL	Reichsausschuß für lieferbedingungen
RGB	Red, green, blue, Kırmızı, yeşil, mavi
RS-232	Seri port veri iletişim protokolü
RS-485	Seri port veri iletişim protokolü
SBFS	Ardışık geri yönde kayan seçim
SCADA	Supervisory control and data acquisition
SCM	Sistemin kontrolünü, mikro işlemci
SS	Sum of squares, kareler toplamını
SVM	Support vector machine, destek vector mekanizması
TB	Terabyte, 1024GB veri depolama birimi
TIFF	Tagged image file format, resim dosya biçimi
USB	Universal serial bus, evrensel seri veri yolu
YSA	Yapay sinir ağı

Yazılımlar

ACD Photo Editor	Resim işleme ve görüntüleme programı
Adobe Photo Shop	Adobe firmasına ait görüntü araçları programı
PASCAL	Programlama dili
Delphi 5	Borland firmasına ait programlama dili
Global Lab Image	Global Lab Image ait görüntü işleme Programı
HALCON	Machine Vision Tec Software Görüntü işleme kütüphanesi
IMPROFIG	Görüntü işleme programı
Matlab	Matrix Laboratory Matworks
Myriad 8.0	Görüntü alma programı
OpenCV	Open Source Computer Vision Library Açık kaynak kodlu görüntü işleme kütüphanesi
Visual Studio 2012 C++	Microsoft Firmasına ait C++ programlama dili
Visual Studio 2012 C#	Microsoft Firmasına ait C# programlama dili
UTHSCSA	UT Health Science Center San Antonio

Markalar ilgili firmaların tescilli ürünleridir.

1. GİRİŞ

Havuç, Maydanozgiller (Umbelliferae) familyasına mensup *Daucus carota* L. türüne giren kökleri etli (yumru) kültür bitkisidir. Günümüzde dünyanın pek çok yeri ile Türkiye'de yetiştirilmektedir. Patatesten sonra havuç dünyada en fazla üretilen kök sebzedir. Sofralık olarak taze tüketildiği gibi vücut ve güneş yağı, kozmetik sanayinde, havuç konservesi, havuç dondurması, havuç reçeli ve havuç suyu olarak değerlendirilmektedir.

Dünyada üretilen havuçların tamamına yakın kısmı portakal renkli havuçlardır. Çeşitleri arasında Nantes (Nants), Chantenay (Şantenay), Imperial (İmperyal), Danvers (Denvirs), Little finger (küçük parmak) sayılabilir. Ülkemizde en çok üretimi yapılan havuç Nantes çeşididir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Nantes çeşidi havucun genel görünümü

Dünyada havuç üretimi yapan ülkeler ve üretim miktarlarını gösteren Çizelge 1.1 incelendiğinde, üretim miktarı açısından ilk sırayı Çin'in aldığı görülmektedir. 2012 verilerine göre dünyada yaklaşık 36.9 milyon tonluk havuç üretimi yapılmışken, Türkiye bu üretiminin yaklaşık %1.93'lük oranını karşılamaktadır ve üretim büyüklüğü bakımından dünyada 7. sırada bulunmaktadır.

Ülkemizde Hatay, Ankara ve Konya illeri havuç üretimi yapılan önemli üretim merkezlerdir. Türkiye'deki havuç üretim alanları Çizelge 1.2'de havuç üretim miktarları

ise Çizelge 1.3'de görülmektedir. Konya bölgesinde 2013 yılında 50 305 da'lık alanda havuç üretimi yapılmış ve 344 401 tonluk üretim gerçekleşmiştir.

Çizelge 1.1. Dünyadaki havuç üretim miktarları (ton) (Anonymous 2014)

	Yıllar				
Ülkeler	2012	2011	2010	2009	2008
Çin	1 680 000	16 115 000	15 554 000	15 057 000	14 767 000
Rusya	1 565 032	1 735 030	1 303 300	1 518 650	1 530 170
A.B.D.	1 346 080	129 800	1 341 700	1 326 830	1 478 680
Özbekistan	1 300 000	122 000	1 107 000	995 000	910 000
Polonya	834 698	887 374	764 585	913 304	817 824
Ukrayna	915 900	864 200	714 600	686 400	739 600
Türkiye	**714 000**	**602 078**	**533 253**	**593 628**	**591 538**
İngiltere	663 700	694 104	763 100	718 700	719 270
Japonya	619 000	617 300	595 700	650 100	656 800
Hindistan	560 000	514 889	488 655	441 105	446 433
Fransa	544 979	624 459	388 880	320 022	301 495
Hollanda	511 000	482 000	481 000	561 000	496 000
Almanya	592 761	533 717	553 972	570 239	547 073
İtalya	482 302	542 691	489 171	523 330	594 800
Dünya toplam üretimi	**36 917 246**	**35 830 269**	**33 664 631**	**33 397 365**	**32 991 424**

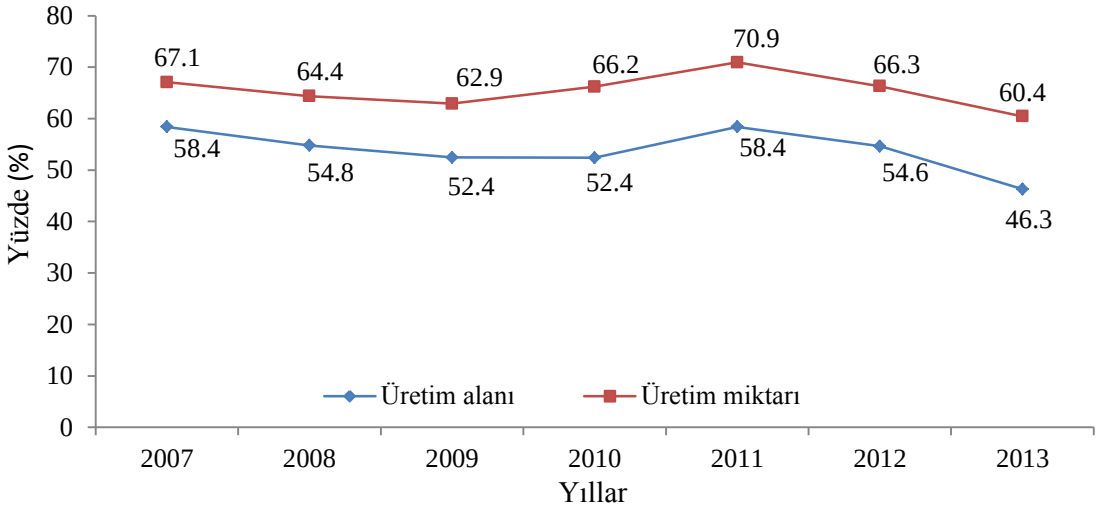
Çizelge 1.2. Türkiye'de havuç üretim alanları (da) (Anonim 2014)

	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
Ankara	23 550	23 820	22 740	22 740	22 900	23 860	23 213
Hatay	20 200	24 491	11 632	12 492	13 682	10 910	11 040
Konya	50 305	77 425	71 505	58 600	64 720	70 755	83 745
Türkiye	**108 643**	**141 695**	**122 458**	**111 876**	**123 403**	**129 171**	**143 367**

Çizelge 1.3. Türkiye'de havuç üretim miktarları (ton) (Anonim 2014)

	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
Ankara	131 800	132 965	110 005	109 955	110 030	111 450	109 540
Hatay	60 300	73 153	34 031	36 666	65 655	51 920	52 850
Konya	344 401	473 525	427 093	353 020	373 405	380 733	430 668
Türkiye	**569 855**	**714 280**	**602 078**	**533 253**	**593 628**	**591 538**	**641 953**

Konya Kaşınhanı bölgesi havuç üretimi açısından Türkiye'de ilk sırayı yer almaktadır. 2013 yılı verileri incelendiğinde Türkiye'deki havuç üretim alanlarının %46.3'ü ve üretim miktarının ise %60.4'ü Konya Bölgesinden karşılanmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Türkiye'de havuç üretiminde Konya bölgesinin havuç üretim alanını ve üretimini karşılama oranları

Dünya nüfusunun artışıyla pazara sunulan tarım ürünlerinin sınıflandırılması ve paketlenmesi konuları önem kazanmaya başlamıştır. Ürünün tarladan paketleme işlemi yapılacak tesislere taşınmasından sonra ürünlerin kendi özelliklerine göre sınıflandırılması gerekmektedir. Tesislerde farklı özellik gösteren birçok ürünün standartlara uygun olarak işlenmesi mümkündür. Bu tesislerde "ayırma, sınıflandırma, yıkama, paketleme ve depolama" gibi işlemler gerçekleştirilmektedir. Ürünün boy, çap, şekil, renk gibi özelliklerine göre sınıflandırılması, paketlenmesi ürünün piyasa değerini artırmakta, ürün kayıpları azalmakta, zedelenmiş ürünler ayrıldığı için raf ömürleri artmaktadır. Bu şekilde tarımsal ürünlerin belli standartlara uygunluğu sağlanmaktadır. Böylece elde edilen standart ürünün fiyat ve satış üstünlüğü artmış olur.

Tarımsal ürünlerin ihracatında, ithalatçı ülkelerin talepleri doğrultusunda standartlara uygun bir paketleme yapılması zorunluluğu bulunmaktadır. Ülkemizde ise iç pazarlara ürünler genellikle paketleme yapılmadan ya da uygun olmayan paketlerle piyasaya sunulmaktadır.

Yaş sebze meyve paketleme tesislerinde, yatırım maliyeti en yüksek olan işlemi sınıflandırma aşaması oluşturmaktadır. Özellikle elektronik sınıflandırma yapılan paketleme tesislerinde hat sayısı arttıkça, yatırım maliyetleri de o oranda yükselmektedir. Paketleme tesisine sahip olan birçok firma yüksek yatırım maliyetlerinden dolayı mekanik tip sınıflandırma ünitelerini (roller tip, piyano tip, pantolon tip, tamburlu tip ve paralel yerleştirilmiş silindir tip) tesislerinde kullanmaktadırlar. Bu tip sınıflandırma üniteleri sadece boyut özelliklerine göre

sınıflandırma yapılabilmekte ve bu durum istenen standartları yakalamada yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, ürünlerde oluşan mekanik hasar riski ve yeterli kapasiteye ulaşılamaması, mekanik sınıflandırma ünitelerinin olumsuzlukları olarak karşımıza çıkmaktadır. Elektronik sınıflandırma ünitelerinin en büyük avantajları renk, boyut, şekil, kusur ve içsel özelliklerine göre ürünleri sınıflandırabilmesi, yüksek çalışma kapasitesine sahip olması (10-12 meyve s^{-1}) ve ürünlerde oluşabilecek mekanik hasar riskini minimum düzeye indirmesi olarak sayılabilir (Kabaş 2002; Söyler ve Özcan 2009).

Ülkemizde meyvelerin ambalajlanması ve sınıflandırılmasında teknolojik seviye yakalanamamaktadır. Bunun sonucu olarak piyasa koşullarının gerektirdiği rekabet gücü oluşmamaktadır.

Sınıflandırma ile ilgili atılımlar ve talepler incelendiğinde, teknoloji ithalatı yoluna gidilmektedir. Bu yaklaşım sonucu yerli teknolojilerin geliştirilmesi mümkün olmamaktadır. İthalat yolu ile karşılanan elektronik sınıflandırma hatları çok pahalı olup, ülkemize katma değer kaybı yaşatmaktadır. Ayrıca teknik destek ve yedek parça bağımlılığı nedeniyle bu makinelere sahip firmalar, yurt dışına bağımlı kalmaktadırlar. Bu durum paketleme maliyetlerini artırmakta, paketleme tesislerinin uluslararası rekabet gücünü ise azaltmaktadır.

Görüntü işleme teknikleri bilgisayar teknolojisinin ilerlemesiyle geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Görüntü işleme sadece görünebilir ışık bandında sınırlı kalmayıp, tüm elektromanyetik banttan elde edilen görüntüler (X-ışınları, morötesi, kızılötesi) için de tıp, malzeme, biyoloji, üretim, kalite kontrol, tekstil, tarım, uzay ve havacılık, insansız araçlar gibi uygulama alanlarında da kullanılmaktadır. Bu alanları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Karakoç 2012);

- Askerî endüstri (denizaltı ses dalga taramaları) ve sualtı görüntüleme,
- Güvenlik ve suç laboratuvarları,
- Fizik, sanat, biyomedikal ve tıp görüntüleme sistemleri,
- Uzaktan algılama / izleme uygulamaları; uydu görüntüleri üzerinde nüfus yoğunluğu, yerleşim yerleri, çevre kirliliği, çevresel şartlarının tespiti, hava gözlem ve tahmin uygulamaları,
- Robotik, trafik, astronomi, radar, gazete ve fotoğraf endüstrisinde,
- Hayvancılık (sığır eti kalite tayini) ve petrol arama,
- Yüz, parmak izi, karakter, kâğıt para (banknot), plaka ve görüntü tanıma,

- Bir fabrikada üretilen ürünün görüntü kalitesini test ile belli boyuttaki ya da hatalı ürünleri ayırmak,
- Bozuk para sayma makinesi yapıp paraları ayırma,
- Şekillerin kenarları arasındaki açıları ölçme,
- Bir kamera ve basit birkaç motor ile program kontrollü herhangi bir şeyi takip eden robot kolu tasarımı,
- Kalite kontrol testleridir.

Tarımda ise yaprak alanlarının ölçülmesinde, meyvelerin renk analizinde, ilaçlama uygulamalarında ilaç damla büyüklüğünün, damla yoğunluğunun ve ilaç kaplama oranının belirlenmesinde, yabancı otların saptanmasında, öğütme derecelerinin belirlenmesinde, bitki büyümesinin izlenmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Ayrıca toprak inceleme, sulama gereksinimi, yüzey ölçme, verim izleme, sınıflandırma, ayıklama ve robotik hasat sistemlerinde de kullanılmaktadır.

Görüntü işleme uygulamalarını geliştirmek, gerçekleştirmek, eğitimini vermek klasik programlama dilleri ve teknikleri ile mümkündür. Uygulamada çok çeşitli görüntü işleme programları vardır. UTHSCSA Image Tool, Nih Image, Scion Image, ImageJ, Optimas, Win/MacCAM, MATLAB, PC Image, Mac and Windows Lispix, VayTek Image bunlardan bazılarıdır. Bu programlar değişik amaçlar için tasarlanmış programlardır. Bu nedenle görüntü işleme algoritmalarına yönelik fonksiyon kütüphaneleri bazı programlama dillerine eklenmiş ve hazır araçlar geliştirilmiş, hatta bu işlemlere yönelik özel programlama dilleri geliştirilmiştir (Gonzalez ve Woods 2008).

Konya Kaşınhanı bölgesinde havuç üretimi yapan tarımsal işletmelerin bazılarında kendi yıkama ve paketleme tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerde aynı zamanda üreticilerin havuçlarını da paketlemektedir ve tamamen benzer özellikler göstermektedir. Özellikle yıkamadan gelen havuçlar paketleme bölümüne gelmekte ve tamamen insan iş gücü kullanılarak sınıflandırma ve paketleme işlemi yapılmaktadır. Bazı tesislerde ise mekanik sınıflandırma makineleri bulunmaktadır. Bu makinelerden geçirilen havuçlar sınıflandırılmakta ve daha sonra bu havuçlar işçiler tarafından tekrar gözle kontrolleri yapılarak çaplarına veya uzunluklarına göre paketlere yerleştirmektedirler. Bu paketlemeler, genellikle 5, 10 ve 15 kg şeklinde yapılmakta, kırık, çatallanmış, küçük boyutlu (çıtır) ve büyük boyutlu (takoz) olanlar ayrılarak paketlenmemektedir. Şekil 1.3'de bir paketlenme tesisinde yapılan işlemler görülmektedir.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 1.3. Yıkama ve taşıyıcı bant (a), dağıtıcı fırça (b), işçilerin havuçları seçerek paketlemesi (c, d)

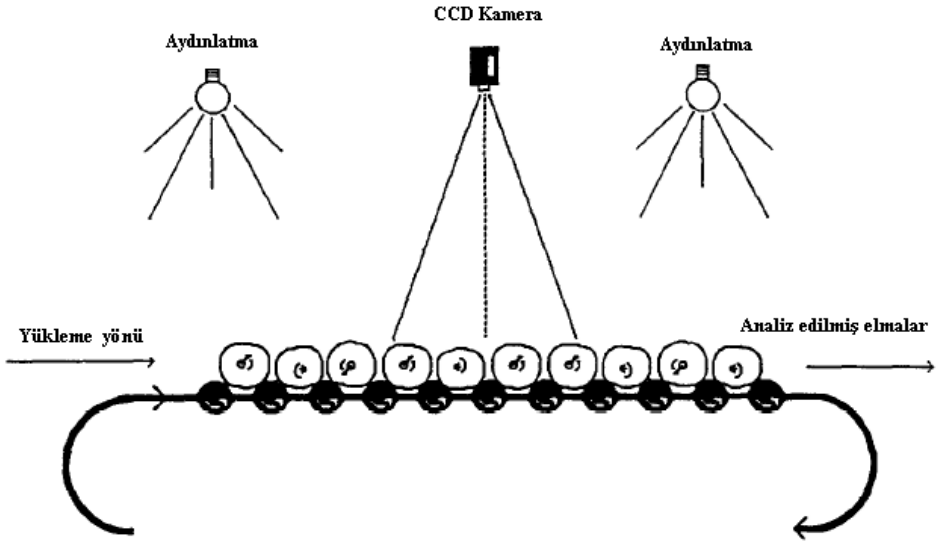
Tarımsal işletmeler kendi büyüklüklerine göre günde 50 tona kadar olan havucu, 15 ile 50 arasında işçi yardımıyla sınıflandırarak, paketlemektedirler. Bu işlem tamamen işçilerin dikkatine ve yeteneğine bağlı kalmaktadır. Bu koşullarda paketlenen havuçlar, ilgili standartta belirtilen, kütle ve boy sınıfında olmamakta, istenmeyen kütle, şekil ve boyda havuçlarda paketlerde bulunmaktadır.

Bu araştırmayla, TS 1193'de belirtilen kriterler dikkate alınarak, yatay merdaneli (silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen) ve düşey merdaneli (silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli) mekanik boylama makineleriyle ve geliştirilmiş olan gerçek zamanlı görüntü işlemeyle çalışan elektronik sınıflandırma makinasıyla havuçların sınıflandırma etkinlikleri belirlenmiştir. Böylece gerçek zamanlı görüntü işleme makinesinin geliştirilmesi ile bölgesel makine imalat teknolojisinin ilerlemesi ve üretilen havuçların ilgili standartlarda paketlenmesi, mevcut tesislerin iş verimliliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca bu araştırmanın sonucunda değişik bölgelerden gelen taleplere uygun olarak paketleme teknolojisi konusunda da adımlar atılması sağlanacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mohsenin (1980), biyolojik malzemelerin fiziksel, mekanik, termal, elektriksel ve optik özelliklerini açıklamıştır. Şekil, boyut, hacim, yüzey alanı, yoğunluk, boşluk oranı ve renk gibi fiziksel özelliklerin tarım makinelerinin tasarımında kullanılan değerler olduğunu vurgulamıştır.

Davenel ve ark. (1988), Golden Delicious elmaları, Şekil 2.1'de görülen bant sistemi üzerindeki fotoğraflarını (dört adet) kamera ile çekmişledir. Sistemin saniyede beşten fazla elmayı analiz ettiğini ve elmaların %69 oranında doğru olarak sınıflandırıldığını, ayrıca bu sistemin depolama öncesi boyuta göre sınıflandırmada kullanılabileceğini belirtmektedirler.



Şekil 2.1. Elma sınıflandırma sistemi (Davenel ve ark. 1988)

Öztürk (1988), bantlı-pervazlı ve elekli boylama makineleri ile ağırlığa göre sınıflandırma yapan makinelerin karakteristiklerini belirlemiştir. Bantlı-pervazlı boylama makinesinde güç tüketimini minimize etmek için 40 min^{-1}'lik boylayıcı kasnak devrinde ve 15^0'lik boylayıcı bant eğiminde çalışılması gerektiğini, bu çalışma koşullarında saatlik enerji tüketimi değerlerini kuru soğan için 0.62 kWh, Amasya elma çeşidi için 0.58 kWh ve Golden elma çeşidi için ise 0.58 kWh olarak tespit etmiştir. En yüksek boylama etkinliği değerini ise 40 min^{-1}'lik kasnak devrinde ve 35^0'lik bant eğiminde, yanlış sınıfa giren materyallerin ağırlık yüzdelerini kuru soğan için 1.6, Amasya ve golden elma çeşitleri için ise 1.2 olarak saptamıştır. Elekli tip boylama makinesinde en yüksek kapasite değerlerine 220 min^{-1}'lik krank devrinde, 70 mm'lik

strokta ve 12^0'lik elek eğiminde çalışılması gerektiğini, bu koşullarda patates için 11.04 t/h ve kuru soğan için ise 11.40 t/h çalışma kapasitesi değerlerine ulaşmıştır.

Ostrozlik (1990), Nantes, Olympia ve Schantenay türü havuçları el ile ve sınıflandırma makinesi ile sınıflandırmış ve sonuçları karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda bilgisayar destekli sınıflandırmanın el ile yapılan ya da makineyle yapılan sınıflandırmaya göre daha az işgücü gerektirdiğini ortaya koymuştur.

Pla ve ark. (1997), paketleme hattı üzerine monte edilmiş bir CCD kamera ile elmaların görüntülerinin işlenerek hem renk hem de boyut özelliklerine göre sınıflandırılabileceğini belirtmişlerdir. Bu amaçla geliştirmiş oldukları iki hatlı prototip sınıflandırma hattında RGB renk uzayında meyvelerin 15 meyve/s olacak şekilde hem renk hem de boyut özelliklerine göre sınıflandırılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

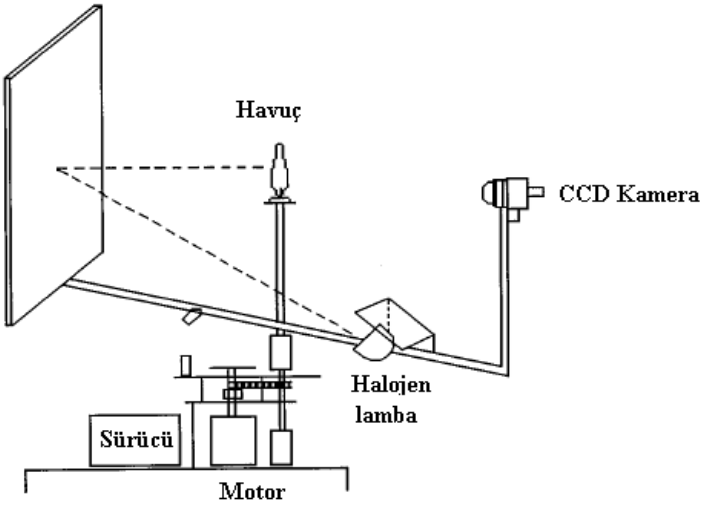
Taşeri (1998), konveyör üzerinde tek tek ilerleyen domatesleri aydınlatma düzeneğinin önünden geçerken fotodiyot tarafından rengine göre algılatmıştır. Algılanan rengin sinyale dönüştürülmesini elektronik bir devrede gerçekleştirmiştir. Bilgisayarda yazdığı programda değerlendirdiği renk sinyalini, yönlendirme mekanizmasının plakalarına hareket vererek domateslerin sınıflandırılmasını sağlamıştır. Çalışmasında renk algılama elemanı olarak BPW-21 fotodiyodunu seçmiştir. Aydınlatma düzeneğinde ise 100 W'lık soft ampul kullanımının kırmızı ve yeşil domatesleri, diğer güçteki ampullere göre daha iyi ayırt ettiğini bildirmektedir.

Çolak ve Öztürk (2000), havuçların boylanması için V kayışlı bir boylama makinesinin prototipini yapmışlardır. Makinenin boylama hassasiyetini ve kapasitesini belirlemek için 2° ve 4° 'lik besleme düzeni eğimlerinde ve beş ayrı boylayıcı kayış hız kademesinde denemeleri yürütmüşlerdir. Yanlış gruba giren havuç sayılarına göre yapılan değerlendirmede her iki besleme ünitesi eğiminde, birinci ve üçüncü bölmelerde sınıflandırma kalitesi yönünden en iyi sonuçları almışlardır. 2-4 cm arasındaki çaplarda boylama işleminde ise istenilen düzeyde sonuçlar elde edememişlerdir. Genel olarak boylama kalitesi yönünden değerlendirildiğinde, çapı 2-4 cm olan ikinci bölmede yanlış gruba giren materyalin birinci ve üçüncü bölmeye oranla daha fazla olduğunu, bunun nedenini ise birinci gruba giremeden ikinci gruba birbiri üzerinde taşınarak geçen havuçların ikinci bölmeye girmesinden kaynaklandığını saptamışlardır. Bu olumsuz durumun boylayıcı ünite uzunluğunun büyütülmesi ve kasnak kademe sayılarının çoğaltılarak V kanal eğiminin arttırılmasıyla giderilebileceğini belirtmişlerdir.

Taşeri ve ark. (2000), farklı renkteki domateslerin sınıflandırılması için bilgisayar sisteminin oluşturulmasını amaçlamışlardır. İlk olarak, bilgisayara domatesin rengi hakkında bilgileri taşıyacak sinyalin üretilmesi amacıyla algılamalar yaptırmışlardır. Fotodiodlarla algılanan sinyallerin, karakterlerini kaybetmeden bu dönüştürücülerde analog karakterli elektriksel sinyallere dönüştürülmesini sağlamışlardır. Elde ettikleri elektriksel sinyali, kuvvetlendirilmesi ve diğer özelliklerinin de uygun değerlere getirilmesi için sinyal uyarıcıyı, bu arabirime vermişlerdir. Sinyal uyarlayıcı arabirim, bu elektriksel sinyali yükselterek ve Analog / Digital dönüşüm gibi bir takım işlemlerden geçirdikten sonra bilgisayarın yazıcı portlarına ulaştırmışlardır. Böylece uygun forma dönüştürüp bilgisayara gönderilen sinyalleri PASCAL dilindeki programda değerlendirilip, yorumlanarak, domatesin kırmızı ya da yeşil renkte olduğuna karar vermesi ve domatesin rengi doğrultusunda bilgisayarın çıkış portlarından alınan renk sinyali ile yönlendirme mekanizmasının hareketini sağlamışlardır. Böylece yönlendirme mekanizmasının harekete geçirilmesiyle sınıflandırma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda ortalama %75 verimle sınıflandırmada doğruluk yüzdesi elde etmişlerdir.

Dursun ve Göknur-Dursun (2000), görüntü işleme tekniği yardımıyla sıra üzeri tohum dağılımını belirlemişledir. Denemelerde buğday, mısır, havuç, domates ve şeker pancarı tohumlarını kullanarak, sıra üzeri uzaklıkları farklı olan örnekler hazırlamışlardır. Görüntü işlemek için UTHSCSA görüntü işleme programı ve Borland's C++ programlama dili kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre elle ölçülen ve görüntü işlemeden elde edilen sıra üzeri tohum dağılımları arasındaki ilişkiyi, istatistiki olarak önemli ($P < 0.01$) bulmuşlardır ve bu ilişkiye ait korelasyon katsayılarının ise tohum çeşidine bağlı olarak (R) 0.925 ile 1 arasında değiştiğini saptamışlardır.

Hahn ve Sanchez (2000), meyve hacminin, meyvenin gelişimi ve kalitesinin değerlendirilmesi açısından önemli bir parametre olduğunu bildirmektedirler. Bu amaçla kurdukları hacim ölçüm prototipinin şematik görünüşü Şekil 2.2'de verilmiştir. Orthonormal görüntülemeyle havuç hacminin değerlendirilmesi için iki yöntem kullanmışlardır. Gerçek ölçümle ve görüntüyle elde edilen ölçüm arasında 0.98 oranında regresyon katsayısı elde etmişlerdir.



Şekil 2.2. Hacim ölçüm prototipinin şematik görünüşü (Hahn ve Sanchez 2000)

Günaydın (2001), yerel soğan çeşitlerinden Yarım İmralı ve Tekirdağ Kantartopunun bazı fiziksel özelliklerini belirlemiş ve geliştirdiği sınıflandırma makinesinin tasarım parametreleri olarak elek eğim açısını, devir sayısını ve stroğu seçmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek sınıflandırma etkinliğine Yarım İmralı soğan çeşidinde %88.05 ve Tekirdağ Kantartopu çeşidinde ise %81.1'lik bir başarıya ulaşmıştır.

Doğan ve ark. (2001), Bursa siyahı inciri meyvelerinin optik algılama tekniğiyle yerlerini belirlemişlerdir. Olgunlaşma periyodunda, dal, yaprak sapı ve meyve kabuğunun renk okumalarını renk ölçer ile yapmışlardır. Renk ölçümlerinde Hunter Lab yöntemini kullanmışlardır. Meyve ağaçlarının görüntülerini, dijital video kamera ile almışlar ve görüntüleri yapraklı ve yapraksız olarak kaydetmişlerdir. Bu hareketli görüntülerde meyve yerini belirlemek amacıyla Delphi 5 programlama dilinde IMPROFIG adlı yazılımı hazırlayarak, Bursa siyah incirinin konumlarını x ve y koordinatlarına göre hesaplanmışlardır.

Göknur-Dursun (2001), taneli ürünlerin iz düşüm alanlarını görüntü işleme tekniği ile ölçülmesinde "UTHSCSA Image Tool IT Version 2.0" görüntü işleme programı kullanmıştır. Programın doğruluğunu kontrol etmek için bilinen bazı geometrik şekillerin alanlarını elle ve görüntü işlemeyle ölçmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda elle ve görüntü işleme tekniğiyle bulunan alanlar arasındaki hata oranlarının %0.228 ile %2.69 arasında değiştiğini bulmuştur. Ayrıca elle ve görüntü işlemeyle bulunan alanlar arasındaki ilişkinin R^2'sini 0.999 olarak belirlemiştir.

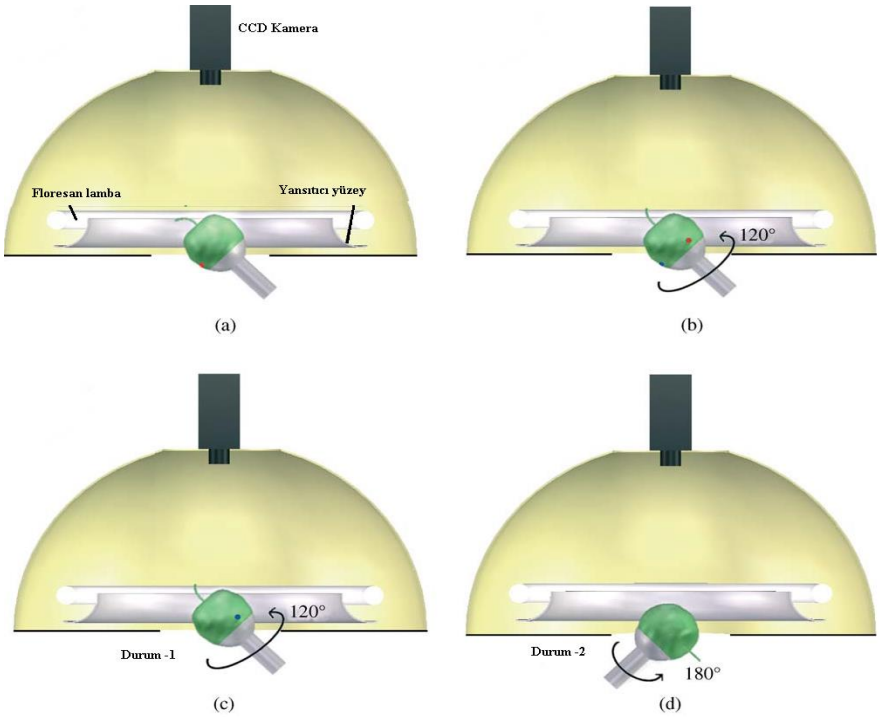
Njoroge ve ark. (2002), elektronik meyve sınıflandırma sistemlerinde tarımsal ürünlerin iki farklı özelliklerine göre sınıflandırılabileceğini belirtmişlerdir. Temel olarak tarımsal ürünlerin renk, boyut ve şekil gibi yüzey özelliklerinin belirlenmesinde renkli CCD kameraların kullanıldığını, şeker oranı ve asitlik içeriği gibi içsel özelliklerinin ölçülmesinde ise X ışınları ve yakın kızıl ötesi (NIRS) sistemlerinin kullanılabildiğini ifade etmişlerdir.

Kavdır ve Guyer (2002), geri propagasyon sinirsel çalışmaları kullanarak, Empire ve Golden elmalarını yüzey kalite şartları temelinde sınıflandırmışlardır. Elmanın bütün görüntüsünden elde edilen doku özelliklerini ve gri piksel özelliklerini yapay sinirsel çalışma sınıflayıcısına bilgi olarak kullanmışlardır. Araştırmalarında iki sınıflama uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Kusurlu bir elma grubu ve iyi bir elma grubunu içine alan a-2 sınıfı ve tüm kusurlu elmalar ile iyi elmaları içeren a-5 sınıfını oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda yapay sinirsel çalışma sınıflandırıcılarının kusurlu çanak ve gövdeleri karıştırmaksızın, kusursuz elmaları kusurlulardan başarı ile ayırdığını bildirmektedirler. Sınıf-2'deki sınıflandırma başarısını %89.2 ile %100, sınıf-5'deki sınıflandırma başarısını ise Empire elması için %93.8 ile %100, Golden elması için ise %89.7 ile %94.9 arasında saptamışlardır.

Shahin and Symons (2002), baklagil tohumlarının boyut ve renk analizleri için tohumların görüntülerini bilgisayara aktararak, bir görüntü işleme programıyla analiz etmişlerdir. Elle ve görüntü işleme tekniğiyle ölçülen değerler arasında %95'in üzerinde ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

Yılmaz ve Başçetinçelik (2003), sera ortamında yetiştirilen turunç fidelerinin yaprak görüntülerini, kamera yardımı ile haftalık olarak kaydetmişler ve bunların üzerinde çeşitli görüntü işleme yöntemleri uygulayarak, yaprak alanlarını hesaplanmışlardır.

Blasco ve ark. (2003), portakal, şeftali ve elmanın kalite özelliklerini (boyutu, dış lekeleri, sap konumu) belirlemişlerdir. Segmentasyon yönteminin hızlı ve on-line işlemler için uygun olduğunu, ancak test edilecek meyvelerin rengini bağlı olduğunu, bu nedenle sistemin bir uzman operatör tarafından sık sık eğitilmiş olması gerektiğini bildirmektedirler. Görüntüleri Şekil 2.3'de görüldüğü gibi almışlardır. Dış lekelerin çoğu portakal, şeftali ve elmanın sap konumlarında yapay görme sisteminin iyi sonuçlar verdiğini, hasarlı alanında elmada %86 oranında doğru tespit edildiğini, ancak algoritmaların portakal ve şeftalide daha kapsamlı test edilmesi gerektiğini bildirmektedir.



İlk görüntü alımı (a), ikinci görüntü meyve 120^0 döndürülerek alınır (b), üçüncü görüntü için 120^0 döner (c), dördüncü görüntü meyve yakalar ve 180^0 döner (d)

Şekil 2.3. Bir meyvenin tüm yüzeylerinin görüntüsünü alımı (Blasco ve ark. 2003)

Işık ve Güler (2003), Golden Delicious elma çeşidinin yüzey alanını belirlemek için elmaların görüntülerini, Sony DSC-P20 marka 1,3 MPixel çözünürlükte dijital kamerayla, bilgisayara aktarmışlardır. Görüntüleri, Pentium III 1 GHz, 512 Mb SD-RAM, 32 Mb Asus GeForce 2 ekran kartı, özelliklerine sahip bilgisayarda işlemişlerdir. Görüntüleri işlemede "Photoshop 6.0 CE", "Global Lab Image 2-Streamline" ve Windows işletim sisteminde kurulu olarak gelen "Paint" yazılımlarını kullanmışlardır. Planimetre ve görüntü işlenerek belirlenen alanların arasında ortak varyans değerini 207.261 ve t-testi sonucunu ise 0.578 değeriyle önemsiz olarak bulmuşlardır.

Feng ve Qixin (2004), tek sıralı prototip meyve sınıflandırma hattı üzerinde yapmış oldukları çalışmada Crystal Fuji elmaları kullanarak meyvelerin renk özelliklerine göre sınıflandırılmasını gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar elmaların HSI renk uzayı ile meyvelerin renk oranlarını hesaplamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre %90 başarı ile meyvelerin sınıflandırılabileceği sonucuna varmışlardır.

Kavdır ve ark. (2004), tarla koşullarında buğday bitkisindeki azot durumunun dijital görüntü kullanarak bilgisayar aracılığı ile tahminini amaçlamışlardır. Tarla içerisinde küçük alt bölgelerde alana özel azot durumunun belirlenmesi için elde edilen

görüntülerden tahmin edilen azot durumunu, görüntü alınan bölgelerdeki bitkilerden ölçülen klorofil değerleri ile karşılaştırmışlardır.

Kırkaç (2005), sıvı ilaç uygulamalarında ortalama damla çapı, damla dağılım tekdüzeliği, damla sıklığı ve kaplama oranı gibi ilaç damla dağılımına ilişkin karakteristikleri görüntü işleme yöntemiyle değerlendirmiştir. Çalışmada, örnekleme yüzeyi olarak hem suya duyarlı kartları, hem de yağ banyolu yöntemi kullanmışlardır. Örnekleme yapıldıktan sonra suya duyarlı kartların görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılmasında bir tarayıcı, yağ banyosundaki damla görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılmasında ise dijital bir fotoğraf makinesinden yararlanmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan örnekleme yüzeylerini görüntü işleme programıyla analiz etmiştir.

Kleynen ve ark. (2005), korelasyon tabanlı örüntü tanımlama ile Jonagold elmaların multispectral (çoklu ışık tayfları) görüntü sistemi ile hatalarını belirlemişlerdir. Elmaları iki grupta incelenmişler ve doğrusal ayırt edici (linear discriminant) sınıflandırıcılar kullanarak %90 doğruluk oranına ulaşmışlardır.

Kitamura ve ark. (2005), sera içindeki tatlı biberlerin robot yardımıyla toplanması için yüksekliği 1400 mm ve genişliği 1000 mm olan robot kullanmışlardır. Kesme aletini iki kamera ile sabitlenmiş bir kesiciden oluşturmuşlardır. Görüntü işleme uygulamasında iki renkli CCD kamera, bir görüntü yakalama kartı çözünürlüğü 1/4 inc, 450 TV satırlı ve görüntü kalitesi 680 000 pikseldir. Görüntü yakalama kartı olarak PicPort of Leutron, program olarak Halcon of MVTec. yazılımını kullanmışlardır.

Jafari ve ark. (2006), şeker pancarındaki yabancı otları görüntü işleyerek belirlemişlerdir. Ancak yaprakların üst üste binmesi ve onların üstünü kapaması yüzünden yabancı otları belirlemede zorluklar çekmişlerdir. Çalışmalarında farklı bitkilerin doğru renklerini oluşturan 3 temel bileşenin (mavi, kırmızı, yeşil görüntü) arasındaki bağlantı ayırma analizinde, kullandıkları görüntü bilgisinden faydalanmışlardır. Şeker pancarı bitkisinin 300 dijital görüntüsünü ve farklı normal ışıklı koşullarda yaygın şeker pancarı bitkisinin 7 tipi ayırıcı analiz prosedürünü görmek ve yeterli bilgi sağlamak için kullanılmışlardır.

Tonguç (2007), sabit bir platformda ön çalışma ve incelemeler yapmış, buradan elde edilen verilerle çalışmasını hareketli bir platforma taşımıştır. Hareketli platform, dış ortamın ışık etkilerinden etkilenmemesi için kapalı bir kutu ile çevrelemiş ve kendi içinden kontrollü olarak aydınlatmıştır. Platformdan yüksek çözünürlüklü kamera ile aldığı görüntüleri C# programlama diliyle hazırladığı yazılım tarafından işlemiştir. Yazılımın hazırlanması sırasında çeşitli Image Process tekniklerinden yararlanarak

oluşturduğu algoritmayı kullanmıştır. Sisteme bağlı bir sensör, kamera önüne bir nesne geldiği zaman bilgisayarın paralel portu aracılığıyla bilgisayara bilgi vermiştir. Yazılımla, 1ms'lik periyotlarda bu portu kontrol ederek sensörden bilgi gelip gelmediğini kontrol etmiştir. Sensörden bilgi gelmesi durumunda kameradan aldığı görüntüyü işleyerek ekranda incelemiş, meyvenin boyutu ve rengi hakkında sayısal ve görsel bilgiler elde etmiştir. Bu işlemleri gerçek zamanlı (real-time) olarak yapmış, ayrıca oluşturduğu yazılımla bilgisayarda kayıtlı görüntüleri açarak onlar üzerinde de algoritmada kullandığı işlemleri yapmıştır. Sonuç olarak yaptığı boyut ve renk analiz işlemlerinin yaklaşık olarak 1.3 s sürdüğünü, çalışma kapsamında çeşitli programlama ve aydınlatma tekniklerinin de kullanılabileceğini bildirmektedir.

Mustafa ve ark. (2007), yabancı ot çeşitlerini dar ve geniş olarak tanımlama ve ayırma için görüntü işleme yöntemi kullanan, zeki bir yabani ot kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Görüntü işlemede yabancı otların tanınması ve sınıflandırılması için GLCM ve FFT tekniklerini kullanmışlardır. Çevrimdışı görüntüleri ve kaydedilmiş videoları test ederek başarı oranını %80'in üzerinde elde etmişlerdir.

Karabacak (2007), tarla yüzeyindeki bitki yüzey artığı kaplama oranının belirlenmesinde görüntü işleme tekniğinden yararlanarak buğday, mısır ve ayçiçeğinde denemeler yapmıştır. Görüntülerin değerlendirilmesinde "UTHSCSA Image Tool 3.0" görüntü işleme programından yararlanmıştır. Görüntü işleme programıyla bulunan sonuçların karşılaştırılmasında kesişen hat yöntemini kullanmıştır. Ölçüm yapılan alanların resimlerini, dijital fotoğraf makinesi kullanarak toprak yüzeyine dik olacak şekilde çekmiş ve JPEG formatında kaydetmiştir. Elde edilen görüntüler, bilgisayar ortamına aktarılarak, "ACD Photo Editor 3.1" programı yardımıyla yeniden düzenlemiştir. UTHSCSA programıyla, gri formattaki resimlerin siyah-beyaz noktalarını belirgin hale getirmiştir. Görüntü işleme programından elde edilen siyah-beyaz alanların oranından, yüzey artığı kaplama oranlarını bulmuştur. Araştırma sonucunda, ayçiçeğinde görüntü işleme ve kesişen hat yöntemiyle bulunan değerler arasındaki korelasyon katsayısını 0.67, buğdayda 0.91 ve mısırda ise 0.70 olarak belirlemiştir. Kesişen hat yöntemi ve görüntü işleme tekniği ile elde edilen sonuçlar arasında çok az bir farklılık olduğunu saptamıştır. Sonuç olarak elle ve görüntü işlemeyle yapılan ölçüm sonuçları arasındaki farkın düşük olması nedeniyle, yüzey artığı kaplama oranının belirlenmesinde görüntü işleme tekniğinden başarıyla yararlanılabileceği vurgulamıştır.

Atay (2007), birkaç sistemin birleşmesinden oluşan kombine bir sınıflandırma makinesinin imalatı için tasarım yapmıştır. Tasarlanan sistemin görüntü işleme ve analizi kısmında antepfıstıklarının bazı özelliklerine göre Matlab ortamında sınıflandıran bir program yazmıştır. Bu program sayesinde antepfıstığı görüntüleri üzerinde çalışılmış ve sınıflandırma yapmıştır.

Değirmencioğlu (2008), elma meyvesinin ağırlığa bağlı sınıflandırılması için bir prototip geliştirmiştir. Dört ayrı ağırlık grubu oluşturarak, pnömatik alt yapılı bir sistem, PLC (programmable logic controller) koordineli olarak SCADA (supervisory control and data acquisition) yazılımı ile veri haberleşme ve veri depolama uygulamalarını gerçekleştirmiştir. Sınıflandırma uygulamaları sırasındaki deneysel çalışmalarda sürme, tartma ve sınıflandırmanın genel işlem basamağı olduğunu, ayrıca sınıflandırma toleranslarının tartım aşamasındaki titreşim etkilerinden doğrudan etkilendiğini belirlemiştir. Bu nedenle ağırlık duyarlı sınıflandırma uygulamalarında sınıflandırma toleransının tartım ve sistemdeki titreşime bağlı olarak 20 g'lık hata payı ile gerçekleştirilmesi sonucuna ulaşmıştır.

Beyaz (2008), elmaların zedelenmelerine ilişkin oksidasyon alanı ve kabuk rengi değişimini görüntü analiz tekniğini kullanarak belirlemiştir. Araştırmasında, Golden Delicious, Granny Smith ve Stark Krimson elma çeşitlerini kullanmıştır. Çarpma işlemini özel bir çarpma test ünitesinde yapmıştır. Çarpma sonrası oluşan gözlenebilir oksidasyon alanlarını dijital fotoğraf makinesi kullanarak belirlemiştir. Elde ettiği görüntüleri Myriad 8.0 programı görüntüleme, karşılaştırma, işaretleme, PDF/TIFF/DWF formatlarında kayıt, yazıcıdan baskı alma imkanı sağlayan güvenli olarak ölçüm ve doğrulama işlemlerinin gerçekleştirilebileceği bir görüntü analiz programında gerçekleştirmiştir. Araştırma sonucunda görüntü analiz tekniğinin elmalar ve benzer ürünlerin renk değerlerini belirlemede kullanılabileceğini bildirmektedir.

Vursavuş ve Özgüven (2008), görüntü işleme tekniğini kullanarak portakalın kütle tahmini üzerinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Görüntü işleme tekniği yöntemi kullanılarak ve portakalın farklı geometrik özelliklerini dikkate alarak kütlelerinin ölçülebileceğini ifade etmişledir. Araştırmacılar portakalların izdüşüm alanlarını, boyut özelliklerini ve hacim özelliklerini dikkate alarak geliştirmiş oldukları matematiksel modellemeler yardımıyla %85-90 oranlarında iyilik dereceleri ile portakalların kütlelerinin tahmin edilebileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Neuman ve ark. (2009), buğdayın sınıf ve türlerine bağlı olarak taneleri ayırt etmek için video renk ölçümü ile ölçülen buğday renklerini incelemişlerdir. Dijital

görüntü analizi ile elde edilen RGB özelliklerine bağlı olarak farklılık analizleri yapmışlardır. Farklılık modellerini geliştirmek için altı buğday türünü temsil eden 10 adet buğday tanesinden toplanan renk verilerini kullanmışlardır. Araştırma sonucunda farklı buğday sınıflarını temsil eden türler arasındaki ikili farklılıkları başarıyla ortaya koymuşlardır. Tüm hepsinin ikili denemelerde ortalamanın üzerinde %88 olarak saptamışlardır.

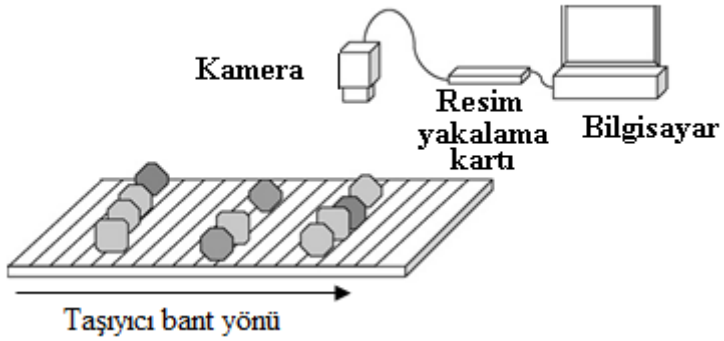
Tonguç ve Yakut (2009), bilgisayarlı görüntü işleme yöntemleri ile elmaların sınıflandırılmasına yönelik bir laboratuvar çalışması yürütmüşlerdir. Bu çalışmada elmaların renk ve boyut özelliklerine göre ayrımı yapılmaya çalışılmış ve oluşturulan düzeneğin temel olarak işlevlerini yerine getirdiğini ancak, gelişmeye açık olduğunu ifade etmişlerdir.

Özgüven ve Vursavuş (2009), renk ve çap özellikleri kullanılarak yapılan sınıflandırma işlemlerinde bilgisayar sistemi, optik okuyucu, kamera ve lamba bulunduğunu, ürünlerin dönerek ilerlemesi ve bu sayede kamera ve optik okuyucu önünden geçerek ürünlerin tüm yüzeylerinin algılanabilmesi için makaralı götürücülerin kullanılması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Optik okuyuculu tip sistemlerde okuyucular mavi rengi algılayamadığından dolayı makaraların mavi renkte olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Mao ve ark. (2009), robotik elma hasadında Fuji elmaların ağaç üzerinde yerinin belirlenmesi için algoritma geliştirmişlerdir. 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. Elmaların yerinin tespit işleminde hata oranını %9.4 olarak bulmuşlardır.

Söyler (2009), meyvelerin sınıflandırılmasında kullanılan düz bantlı sistemlerin, ürünün bant üzerinde taşınırken sabit olarak durduğundan (kendi etrafında dönerek ilerlemediğinden) sınıflandırıcının ürünün tüm yüzeyini göremediğini ve düzgün bir ayırma gerçekleştiremediğini bildirmektedir. Ters dönen makaralı sistemlerde ise makaraların geriye doğru dönerken, meyvelerinde makaraların üzerinden ileriye doğru hareket ettiğini, bu şekilde ürünün makine üzerinde daha uzun süre kaldığını ve kendi etrafında döndüğünden, işçilere daha iyi bir seçme olanağı sağlandığını vurgulamaktadır.

Al-Mallahi ve ark. (2010), patateslerin yabancı maddelerden ayrılması için hasat konveyörü üzerinde, Şekil 2.4'de görüldüğü gibi bir sistem kullanarak, görüntü işlemişlerdir. Taşıyıcı bant üzerinden geçen yumru ve yabancı maddeleri ikişerli ve dörderli, birbirinden ayrı ve yapışık olarak video görüntülerini almışlardır. Video görüntülerini monokrom ultraviyole bir kamerayla alarak, video karelerini işlemişlerdir. Geliştirdikleri algoritmayla 380 adet birbiriyle temas eden yumru ve 112 adet yumrularla yabancı maddeler arasında temas noktası olan ürünleri denemişlerdir. Sonuç olarak %99 oranında temas eden noktaları tespit etmişlerdir. Buradaki %1'lik hatanın nedenini ise yumrularla yabancı maddeler arasında keskin köşelerin olmamasından kaynaklandığını bildirmektedirler.

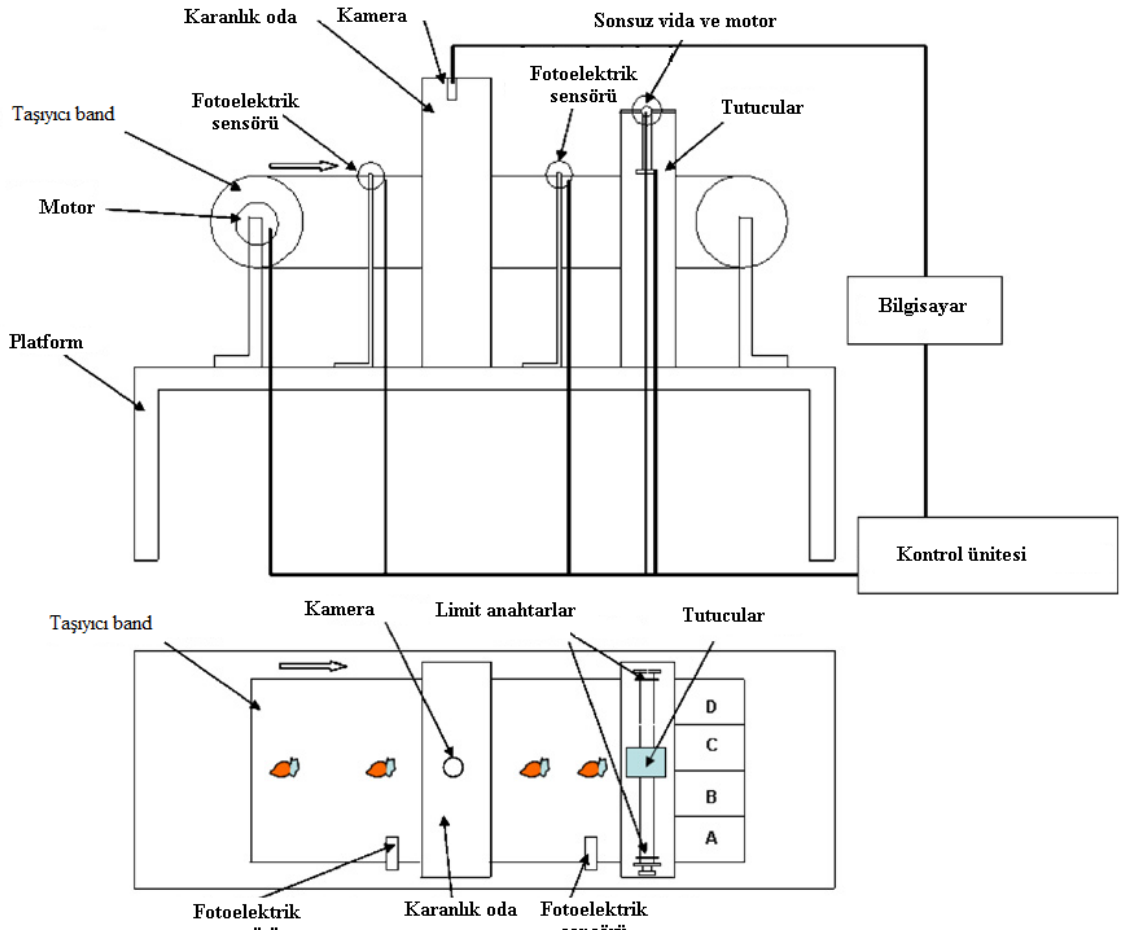


Şekil 2.4. Patates konveyöründeki görüntünün işlenmesi (Al-Mallahi ve ark. 2010)

Kabaş ve Özmerzi (2010), Balo tipi dolmalık biberin uzunluk, genişlik, kalınlık ve izdüşümü alanı gibi fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniği yardımıyla belirlemişlerdir. Haziran, ekim ve şubat aylarında hasat ettikleri dolmalık biberleri yere paralel ve dik gelecek şekilde, iki farklı eksende ölçümlerini yapmışlardır. Ürünlerin uzunluk, genişlik, kalınlık ve izdüşümü alanlarının görüntü işleme tekniğine göre belirlenmesinde Adobe 6.0 Photo Shop programı ile Global Lab image programı kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, elle ve görüntü işlemeyle yapılan ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon katsayılarının 0.998 ile 0.987 arasında bir değişim gösterdiğini saptamışlardır.

Liming ve Yanchao (2010), çilekleri şekil, büyüklük ve renk özelliklerine göre sınıflandırmada Şekil 2.5'de görülen düzeneği kullanarak, sınıflandırmışlardır. Bunun için geliştirdikleri sistem; bantlı bir iletici, kamera, karanlık oda (aydınlatma odası), iki fotoelektrik sensör ve elektrik motorundan oluşmuştur. Sistemin kontrolünü mikro işlemci (SCM) ve bilgisayar ile kontrol etmişlerdir. Sonuç olarak çilek boyutuna göre

sınıflandırmadaki hata oranını %5'in altında olduğunu tespit etmişlerdir. Renge göre sınıflandırmada %88.8 ve şekle göre sınıflandırmada ise %90 oranında doğruluk belirlemişlerdir. Ayrıca bir çilek için ortalama işlem süresini 3s'nin altında olduğunu bildirmektedirler.



Şekil 2.5. Çilekleri renk ve boyutlarına göre ayırması (Liming ve Yanchao 2010)

Li ve ark. (2010), domateslerin toplanması için bir robot tasarlamışlardır. Çalışmalarında, sistemi iki bölümden oluşturmuşlardır. Sistemin ilk bölümünde görüntü işleme programı, diğer bölümünde ise binocular stereo sistemiyle çalışan programı kullanmışlardır. Sistemin ilk bölümünde görüntü işleme ile domateslerin yerinin tespitini yaparak, görüntüyü üç boyutlu olarak kaydetmişlerdir. İkinci bölümde ise üç boyutlu olarak aktardıkları ve yerini tespit ettikleri domateslerin koordinatlarını bulmuşlardır. Operasyon aralığı 600-800 mm arasında gerçekleşmiş, X ve Y eksenleri için hata oranını 1.50 mm ve Z ekseni için 4.4 mm olarak belirlemişlerdir, ayrıca sistemin doğruluk oranını ise %93.3 olarak bildirmektedirler.

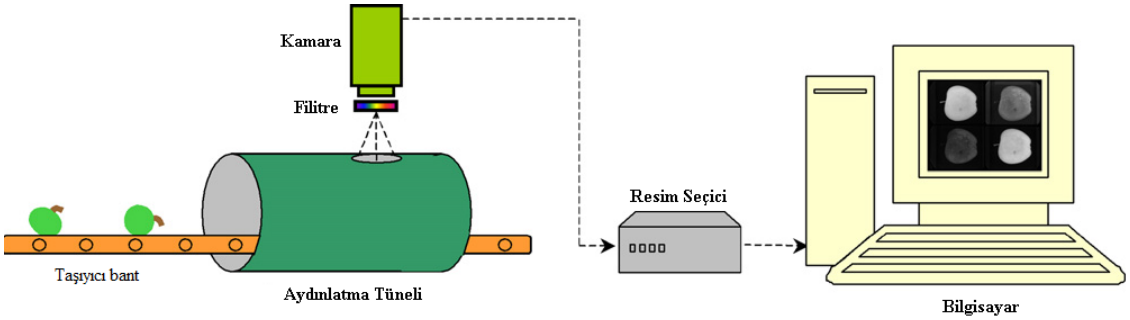
Sert ve ark. (2010), TS 42 ve TS 100 referans alınarak elektronik donanım ve yazılım kullanarak elma ve şeftalinin sınıflandırılmasını yapmışlardır. Donanım olarak, yük hücresi, A/D dönüştürücü, USB kamera elemanları, yazılım olarak da Matlab ortamında geliştirilen uygulama kullanılarak bir sınıflandırma sistemi tasarlamışlardır.

Xiao-bo ve ark. (2010), birden fazla renkli kamera kullanarak iki renkli elma yüzeyini eşikleyerek, çok renkli elmaların otomatik olarak sınıflandırılmasında %96 doğruluk oranına ulaşmışlardır.

Bulanon ve Kataoka (2010), kırmızı Fuji elmasının hasadı için gerçek zamanlı bir makine görme sistemi geliştirmişlerdir. CCD kamera yardımıyla elma bahçesinden görüntüleri almışlardır. Deney sonucunda, meyve tespiti ve mesafenin ölçümünde hassasiyeti ±3 mm olarak, %90'lık bir başarı oranıyla ve 7.1 s'lik ortalama bir süre ile meyve hasadını yapmışlardır.

Jeon ve ark. (2011), tarla yüzeyindeki yabancı otların tespiti için görüntü işleme algoritması geliştirmişlerdir. Yabancı otların tespiti işlemi, standartlaştırılmış aşırı yeşillik dönüşümü, istatistikî eşik değeri tahmini, uyarlanabilir görüntü segmentasyonu, medyan filtre, morfolojik özellik hesaplama ve yapay sinir ağı uygulamalarını içermektedir. Tarla görüntülerini kontrolsüz ışık şartları altında tarla robotu (PC3-AT, ActivMedia Inc., Amberst, NH, USA) üzerine yerleştirilmiş stereo kamera (STH-MDCS2-VAR-C, Videre Design, Menlo Park, CA, USA) kullanrak elde etmişler ve herhangi bir elle ayarlama yapmadan görüntü işleme algoritmasını otomatik olarak çalıştırmışlardır. Çalışmada, kamera örüntülerinin toplanması ve robotun manuel olarak hareket edilmesi için Microsoft C++ programı geliştirmişlerdir. Ayrı zamanlarda, ışık şartları ve bitki büyüme süreçleri içerisinde 2 276 adet resim elde etmişlerdir. Resimler üzerinde yabancı otların tespiti için Matlab ortamında resim normalleştirme, adaptif resim segmentasyonu, gürültü filtreleme ve tekil bitki tanımlama metotlarını kullanmışlardır. Geliştirdikleri algoritmanın hata sınırlarının %2.1 ile %2.9 arasında olduğunu ve kullanılan algoritma ile yabancı otların %72.6 oranında tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Unay ve ark. (2011), doğrusal fark sınıflandırma (LDC), yakın komşuluk sınıflandırması (k-NN)i bulanık en yakın komşuluk sınıflandırması (fuzzy K-NN), destek vektör mekanizması (SVM) ve C4.5 metotlarını kullanarak elma sınıflandırma sistemi üzerinde çalışmışlardır. Kullandıkları deney düzeneği Şekil 2.6'da verilmiştir. Sonuç olarak en gelişmiş yöntemle karşılaştırıldığında, ikili kategori de elde edilen tanıma oranlarının daha iyi sonuç verdiğini (%93.5 genel doğruluk) bildirmektedirler.



Şekil 2.6. Görüntü elde etme sisteminin görünüşü (Unay ve ark. 2011)

Er (2011), Matlab programı ile kameradan görüntü alarak ortalama 0.5 s'lik sürede bir elmanın sınıflandırılmasını yapmıştır. Elma cinsine göre değişmekle beraber ortalama %95.52 sınıf tahmini, %99 renk tahmini ve yüksek oranlarda boyut ile ağırlık tahmini başarısı elde etmiştir.

Wiles (2011), nadasa bırakılan alanlarda oluşan yabancı otların yüzeyde kapladığı miktarı, görüntü işleme yöntemi yardımıyla belirleyen bir program geliştirmiştir. Yüzeye ait görüntüleri, Canon EOS 10D kamera ve Canon TC-80N3 uzaktan kumanda ile doğal gün ışığında toplamıştır. Resimler 2040x1360 piksel çözünürlükte kamera içerisindeki flash kart içerisine depolamıştır. Elde ettiği renkli resimlerin her bir pikselinde bulunan RGB (Red Green Blue) bilgisi kullanılarak NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) değerini belirlemiştir. Bu değerin toprak ile yeşil bitki ayrımında kullanılan bir değer olduğunu ve araştırma sonucunda yabancı ot kaplama miktarının elde edilen resimler üzerinden %96 hassasiyetle tahmin edilebildiğini saptamıştır.

Patel ve Jain (2012), görüntü işleme tekniğini kullanarak çeşitli bahçe ürünlerinin on-line kalite değerlendirmesinin hızlı, doğru, tutarlı ve gerçekçi olarak belirlendiğini bildirmektedirler. Bahçe ürünlerinin boyut, şekil, renk ve yüzey kusurlarının, yapay görme teknolojisiyle uygun optik ve görüntüleme sistemi kullanarak tüm bu parametreler hakkında bilgi toplandığını vurgulamışlardır. Araştırmanın sonucunda, sınıflandırma verimini %99.24 olarak ve kalitesini ise %98 olarak bulmuşlardır. Ayrıca 3D görüntü kullanılarak ürünün hacminin hesaplanabileceğini saptamışlardır.

Örge ve ark. (2012), ayçiçeği, domates ve hıyar bitkilerinin renk ölçümlerini, renk ölçüm cihazı ve kamerayla yapmışlardır. Bitkiler ait görüntüler, RGB renk uzayında tanımlanarak, Matlab yazılımında (Image processing TOOLBOX) incelenmişlerdir.

Aydınlıktaki değişimin ve yaprak üzerine düşen gölgelerin etkilerini ortadan kaldırmak için R (kırmızı), G (yeşil) ve B (mavi) kanallarına ait değerlerin kromasite değerlerini R, G, B hesaplamışlardır. Araştırma sonucunda ayçiçeği bitkisinin R değerlerinin 0.06 ile 0.69 arasında, G değerlerinin 0.04 ile 0.77 arasında ve B değerlerinin ise 0.009 ile 0.69 arasında değiştiğini vurgulamışlardır. Renk ölçüm cihazında alınan sonuçlarda R değerlerinin 0.33 ile 0.38 arasında, G değerlerinin 0.34 ile 0.41 arasında ve B değerlerinin ise 0.21 ile 0.32 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayçiçeği bitkisinde kamera ve renk ölçüm cihazında belirlenen R, G ve B değerleri arasında önemli derecede farklılıklar bulunduğunu domates ve hıyar bitkilerinde ise farklılığın sadece B değerlerinde olduğunu saptamışlardır.

Kahya (2012), elma ve kivinin robotla hasadı için gelen görüntünün işlenerek meyvenin orta noktasının koordinatlarının bulunmasını gerçekleştirmiştir. Bunun için 640x480 piksel siyah beyaz sensörle 30 fps görüntü yakalama hızına sahip 2D kamera modelini seçmiştir. Bu kamera ile meyvelerin uzay koordinat eksenindeki yatay ekseni (x) ve dikey ekseni (y) bulmuştur. Üçüncü koordinat ekseni olan uzaklık (z) için ultrasonik sensör kullanmıştır. Bu sensörün kullanımı için C dilinde kod yazmış, belli mesafeye gelindiğinde robotun ileri gitmesini önlemiştir. Robotun hareketi için gerekli olan düz ve kinematik hesaplamaları, görüntü işlemenin yapılması için gerekli programı C dilinde yazmıştır. Bu hesaplamalar ve program USB port aracılığı ile robotik sistem kontrol kartındaki işlemciye yüklemiştir. Programın çalışması için gerekli olan programın yazılması ile görüntü işleme yapan 2D kamera arasındaki iletişimi sağlamıştır. 2D kameranın kodlanması ile görüntü işleme sonucunda elde edilecek koordinat eksenlerini bulmuştur. 2D kameranın arayüzü kullanılarak elde edilen sonuçları tespit etmiş ve kayıt altına almıştır. Meyveyi bulma ve kesme değerlerini 1 (evet), 0 (hayır) olarak analiz etmiştir. Yaptığı denemeler sonucunda kivi için başarı oranını %83, elma için ise %85 olarak bulmuştur. Görüntü işleme için 3 boyutlu renkli kamera sistemlerinin kullanılması gerektiğini bildirmektedir.

Sarıca (2012), roller ve tabaklı tip taşıyıcı sisteme sahip tek ve dört sıralı elektronik meyve sınıflandırma makinelerinin sınıflandırma performanslarını test etmiştir. Denemelerde Stark Krimson ve Golden Delicious elma çeşitlerini kullanmıştır. Roller tip taşıyıcı sisteme sahip tek hatlı elektronik meyve sınıflandırma makinesinde, 10 meyve/s sınıflandırma hızında her iki elma çeşidi için sınıflandırma performansını ortalama %90 olarak belirlemiştir. Tabaklı tip taşıyıcı sisteme sahip dört hatlı elektronik meyve sınıflandırma makinesinde ise iki farklı çap grubu (75-65 mm ve 64-55 mm) için

4 farklı sınıflandırma hızında (3, 5, 7 ve 10 meyve/s), sınıflandırma hızındaki artışın sınıflandırma yüzdesini düşürdüğünü bulmuştur. 75-65 mm sınıflandırma aralığında en yüksek sınıflandırma yüzdesi değerini %96 ile 3 meyve/s sınıflandırma hızında elde ederken, en düşük sınıflandırma yüzdesini 10 meyve/s sınıflandırma hızında %86 olarak belirlemiştir.

Ünal (2012), tarla ortamında hareket edebilen, diferansiyel sürüş sistemine sahip bir mobil robot tasarlamıştır. Mobil robota işlevsellik kazandırmak amacıyla anız yoğunluğu tespiti için görüntü işleme yazılımı geliştirmiştir. Mobil robotun üzerine yerleştirilen dijital fotoğraf makinesini kullanılarak tarla üzerindeki anız görüntülerini elde etmiştir. Elde ettiği görüntüleri grayscale formata çevirmiştir. Böylece, anızı tanımlayan renk değerini belirlemiştir. Anıza ait renk değerinin toplam görüntü içerisindeki yoğunluğunu belirleyerek, o görüntüye ait anız yoğunluğu değerini hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerin doğruluğunu test etmek için bilinen bir yöntem olan kesişen hat yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Deneme yaptığı birinci tarlada 30 nokta üzerinden görüntü işleme yöntemi ile %91.16 oranında, kesişen hat yöntemi ile %93 oranında anız yoğunluğu saptamıştır. İkinci tarlada ise yine 30 nokta üzerinden görüntü işleme yöntemi ile %92.28 oranında, kesişen hat yöntemi ile %93 oranında anız yoğunluğu belirlemiştir.

Kurtulmuş (2012), şeftali meyvesinin verim haritalamasına yönelik olarak, elde ettiği sıradan renkli görüntülerden meyveleri tespit ederek sayabilecek algoritmaların geliştirilmesini ve en iyi algoritma performanslarının ortaya koyulmasını amaçlamıştır. Denemelerde Elegance Lady çeşidi şeftali bahçesinden alınan görüntüleri kullanmıştır. Histogram eşitleme ve logaritma dönüşümü gibi görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak doğal koşullarda alınmış görüntülerin aydınlanma koşullarını zenginleştirmiştir. Görüntü işleme tekniklerinden yararlanarak geliştirilen algoritmaları renk, şekil ve doku bilgisini öznitelik çıkarma yöntemleriyle görüntülerden çıkarmıştır. Çıkardığı özniteliklerle farklı sınıflandırıcıların performanslarını ortaya koymak amacıyla 7 adet sınıflandırıcıyı eğiterek denemiştir. Diskriminant analizi, K-en-yakın komşu, naive Bayes, regresyon ağaçları, sınıflandırma ağaçları, yapay sinir ağları ve destek vektör makinesini bu çalışmada sınıflandırıcı olarak kullanmıştır. Görüntülerde arka plan elemesi yapmak ve potansiyel meyve bölgelerini saptamak amacıyla üç farklı görüntü tarama yöntemi geliştirmiştir. Algoritmaların meyve olarak sınıflandırdığı alt-pencereleri blob analiziyle tekilleştirilip meyve sayılarını tespit etmiştir. Geliştirdiği algoritmaların performanslarını farklı aydınlanma koşullarını içerecek şekilde

karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda geliştirdiği algoritmaların bazılarında %85 oranında saptama başarısı elde etmiştir.

Toylan (2012), fonksiyonel bir elma sınıflandırma sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen elma sınıflandırma sisteminde renk ve boy, yüzey kalitesi ve kütlesine göre üç farklı sınıflandırma uygulaması için donanıma uygun olarak algoritma tasarlamıştır. Özellikle elmaların renk/boyuna ve yüzey kalitesine göre sınıflandırılması işlemi üzerinde durmuş ve gerçek zamanlı çalışan makine görme sistemi geliştirmiştir. Bununla birlikte makine görme sisteminde bulunan kullanıcı tercihli bu iki yazılım, Matlab GUI kullanılarak yazılan arayüz ile desteklemiştir. İlk yazılımda, elmaları renk ve boylarına göre dört farklı sınıfa ayırmıştır. Bu işlem görüntünün elde edilmesini takiben, çoklu renk uzayı kullanarak, arka plan ayırmayla (maskeleme), elmanın rengini ve boyunu belirlemiştir. Tasarladığı sistemle Golden, Starking ve Jonagold türü elmalar renklerine göre iki (kırmızı-sarı) ve boylarına göre de iki (normal-iri) olmak üzere toplamda dört sınıfa ayırmıştır. Bu sınıflandırma işleminde %100' e yakın bir başarı oranı ile bir dakikadan daha az bir sürede 95 adet elmanı sınıflandırabilme başarısı gösterdiğini saptamıştır. İkinci yazılımda, starking türü elmaların yüzey kalitesine göre sınıflandırılmasını sağlayan, görüntü işleme temelli zeki bir örüntü tanıma algoritması gerçekleştirmiştir. Örüntü tanıma algoritması, arka plandan ayrılan elma görüntüsünün bölütlenmesi, örüntülerin özniteliklerinin çıkarılması, öznitelik seçimi ve örüntünün sınıflandırılması basamaklarından oluşturmuştur. Elde ettiği öznitelikleri, ardışık geri yönde kayan seçim (SBFS) öznitelik seçim yöntemi ile ayırt ediciliği daha yüksek on bir elemanlı öznitelik alt kümesine indirgemiş ve bu öznitelikler alt kümesini sınıflandırıcıya girdi sağlamasında kullanmıştır. Örüntüleri tanımlama aşamasında ise destek vektör makineleri (DVM) ve k-En Yakın Komşuluk (k-EYK) sınıflandırma algoritmalarını test etmiştir. Bu testler sonucunda, sınıflandırma hassasiyeti bakımından Gaussian yarıçap temelli fonksiyon çekirdekli, DVM öne çıkarak, farklı eğitim ve test gruplarında en yüksek %90 doğruluk oranı ile örüntüleri, kusurlar ve diğerleri (elma sapı, çiçek çukuru ve sağlıklı dokular) olarak iki grupta sınıflandırma başarısı elde etmiştir. Sonuç olarak, elma yüzeyinde bulunan ve kusur olarak tanımlanan örüntülerin toplam alanına göre elmalar, ekstra, sınıf-1, sınıf-2 ve reddedilen şeklinde dört sınıfa ayırmıştır. Ayrıca makine görme sisteminden bağımsız üçüncü bir elma sınıflandırma tercihi olarak kütleye duyarlı elma sınıflandırma sistemi geliştirmiştir. Bu sistemde kütlesi belirlenmiş elmaları, programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC) 'de yazılan

algoritma yardımıyla, kütlenin oluşturduğu ağırlık kuvveti yük hücresi tarafından ölçerek, dört farklı kütle sınıfına ayırmıştır.

Masoumi (2013), Cumhuriyet-75 ekmeklik buğday çeşidinin bazı kalite kriterlerini Matlab programı yardımıyla görüntü işleme ve yapay sinir ağı (YSA) tekniklerini kullanarak belirlemiştir. Bu amaçla, farklı oranlarda yabancı madde, kırık tane ve diğer hububatların bulunduğu bir birinden ayrı olarak yerleştirilmiş 100 taneden oluşan buğday örneklerinin görüntülerini bir dijital kamera (10.0MP çözünürlüğe sahip) yardımıyla, 3 farklı arka plan ve 3 farklı ışık ortamında alarak, Matlab programında yapay sinir ağları yöntemiyle değerlendirmiştir. Araştırma sonuçlarına göre buğdayın kırık tane, yabancı otlardan ve diğer hububatlardan ayırt edilmesinde hata oranını buğday için 3.11, arpa için 3.22, kırık taneler için 0.11 ve diğer taneler için sıfır hata değerinde bulmuştur. Kırık tanelerin belirlenmesinde hata oranını 0.11 ile sıfıra yaklaşırken mısır, yabani yulaf ve yabani hardalın ayırt edilmesinde sıfır hata ile %100 başarı elde etmiştir. Ayrıca aydınlatmanın segmentasyonun oldukça önemli olduğunu vurgulamıştır ve aydınlatmada dairesel florasan lambanın kullanılmasının tohum kalitesinin belirlenmesinde başarıyı arttıracağını bildirmiştir.

Sabancı (2013), şeker pancarının sıra arası ve sıra üzerinde bulunan yabancı otların ilaçlanması için bir robot tasarlayarak, imal etmiştir. Sıra arasındaki yabancı otları görüntü işleme teknikleriyle ve sıra üzerindeki yabancı otları ise görüntü işleme ve yapay sinir ağları kullanılarak belirlemiştir. Denemelerde, sirken (Chenopodium album), yabani marul (Lactuca serriola), deve dikeni (Carduus nutans) ve darıcan (Echinochloa crus-galli) otlarını tarlada fotoğraflamıştır. Bu fotoğrafların çıktısını aldıktan sonra PVC ile kaplayarak denemelerde kullanılan kültür bitkisinin ve yabancı ot resimlerini elde etmiştir. Laboratuvar koşullarında yürüttüğü denemelerde ilaçlama robotunun 8 farklı hız değerinde yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısının yabancı otu örtme yüzdelerini, uygulanan ilaçlama sıvısı miktarlarını ve sistemin yabancı otu tanıma performansını belirlemek için deneyler yapmıştır. Çalışmada sonucunda, hassas ilaçlama robotu ile yapılan uygulamada, uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında geleneksel ilaçlama uygulamasına göre %53.96 oranında tasarruf edildiğini bildirmektedir.

Sofu ve ark. (2013), elmalar üzerindeki renk, boyut ve lekelerin tespit edilmesi ve lekelerin sınıflandırılması amacıyla görüntü işleme yöntemi kullanarak çeşitli elmalar üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Toplam 201 elma fotoğrafı üzerinde yaptıkları çalışmalarda renk tahminlerinde sınıflandırma başarısını %99, elma cinslerine göre

sınıflandırma başarısını %95.52 olarak belirlemişlerdir. Leke üzerinde ise 10 adet lekeli elma üzerinde yaptıkları çalışmada 7 adet lekeli elmayı tespit etmişlerdir. Ayrıca, literatür çalışmalarında genel olarak gerçek zamanlı çalışma yerine, çekilen fotoğraflar üzerinden görüntü işleme yapılığını vurgulayarak, araştırmanın sürekli akan bir bandın üzerinden gerçek zamanlı olarak fotoğraf çekilip sınıflandırma işleminin yapıldığını, yazılımın işleme süresinin işleme yapan bilgisayarın kalitesine göre değiştiğini, i7 işlemcili Laptop'ta 1 ile 1.5 s arası bir elmanın sınıflandırma süresinin tuttuğunu bildirmektedirler.

Clement ve ark. (2013), araştırmalarında 360 adet hıyarı sınıflandırmışlardır. Sınıflandırmada elipsoit ve kenar belirleme yöntemlerini kullanmışlardır. Sınıflandırma yazılımını görüntü işleme, OpenCV 2.3.1 (OpenCV, 2012) için açık kod kütüphaneleri kullanmışlar ve C++ dilinde geliştirmişlerdir. Grafik arabirimi için grafik fonksiyonları bulunan Nokia QT Kütüphanesi (QT, 2012) kullanarak geliştirmişlerdir. Sonuç olarak kenar belirleme (aktif kontur) metoduyla yapılan sınıflandırmada hata oranını %15, elipsoit yaklaşım ile kullanılan metotta ise hata oranını %16 olarak belirlemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada, Konya Kaşınhanı Bölgesinde yaygın olarak üretimi yapılan Nantes çeşidi havuç kullanılmıştır. Havuçların sınıflandırılmasında mekanik olarak çalışan silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen ve silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makineleri denenmiştir. Ayrıca gerçek zamanlı görüntü işleme makinesinin tasarımı yapılmış ve prototipi geliştirilmiştir.

3.1.1. Sınıflandırma makineleri

3.1.1.1. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesi (M_1)

Yumru tipli, yuvarlak şekilli meyvelerin ve patates ile havuç gibi tarımsal ürünlerin çaplarına göre boylanmasında kullanılan bir sınıflandırma makinesidir. Yıkama ünitesinden gelen ürünler, boylama silindirleri üzerine bırakılarak, bu silindirlerin üzerinde taşınır. Üst ve alt silindirler arasında bulunan ürünler, ilerlemeye bağlı olarak silindirler arasındaki mesafelerin açılması ile ürünler çaplarına göre alt bölümlerdeki hareketli banda düşerek, kendi sınıf aralığında ayrılmaktadır (Şekil 3.1).

Makine dört farklı çap aralığına göre sınıflandırma yapmaktadır. Silindirlerin açıklığı Şekil 3.1(d)'de görülen tekerleklerin, yüksekliği düşey olarak ayarlanabilen sac üzerindeki hareketleri nedeniyle, silindirler farklı açıklığa ayarlanabilmektedir. Böylece en küçük çaptan başlayarak, en büyük çapa kadar sınıflandırma yapılmaktadır. Silindirlerin altındaki taşıyıcı banda düşen havuçlar, paketlenecek bölümlere iletilmektedir. Makinanın iş kapasitesi 5 ton/h dir. Bu makinenin bazı teknik özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesinin teknik özellikleri

Boy	: 3600 mm
En	: 1200 mm
Yükseklik	: 1970 mm
İş genişliği	: 298 mm
Silindir çapı	: 76.6 mm
Silindir adedi	: 44 adet
Tambur çapı	: 960 mm
Tambur devri	: 15 min^{-1}
Tahrik motoru	: AGM 90L4; 2.2 kW; 380V; 1380 min^{-1}; 1/50
Besleme bant motoru	: Gamak AMG90-L6; 1.1 kW; 380 V; 915 min^{-1}; 1/50
Taşıyıcı bantların motorları	: 1.Bant: Gamak AMG 63-4b; 0.18 kW; 380V ;1340 min^{-1}; 1/50
	2.Bant: Gamak AMG 70-4b; 0.37 kW; 380V ;1396 min^{-1}; 1/50
	3.Bant: Gamak AMG 80-4D; 0.75 kW; 380V ;1370 min^{-1}; 1/50
	4.Bant: Gamak AMG 63-4b; 0.18 kW; 380V ;1340 min^{-1}; 1/50



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Makinanın genel görünüş (a), tahrik motorunun görünüşü (b), silindirlerin alttan görünüşü (c), silindirlerin hareket yörüngesinin yükseklik ayarının görünüşü (d), alt ve üst merdaneler (e), merdanelerin üsten görünüşü (f)

Şekil 3.1. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesi

3.1.1.2. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesi (M_2)

Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesinin genel görünüşü, tahrik ünitesi ve havuçların akış sacı Şekil 3.2'de görülmektedir. Alt ve üst silindir mesafeleri ayarlanabilen sınıflandırma makinesinde, besleme ağzındaki (üst bölüm) silindir mesafeleri ile alttaki bölümdeki silindir mesafeleri, aşağıya doğru araları açılarak şekilde yataklandırılmıştır.



(a)



(b)



(c)

Genel görünüşü (a), merdanelerin tahriki (b), silindirlerin ve akış sacının üsten görünüşü (c)

Şekil 3.2. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesi

Hareketini ayrı olarak bir elektrik motorundan alan besleme ağzı, eksantrik mekanizması ile titreşim hareketi de yapmaktadır. Gelen havuçlar, besleme ağzından boyuna silindirler üzerine düşmektedir. Silindirlerin aşağı doğru eğimi yardımıyla ilerleyen havuçlar, kendi çap aralığına geldiği zaman alt bölüme düşerek, kendi sınıf aralığına ayrılmaktadır. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesinin teknik ölçüleri Çizelge 3.2'de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesinin teknik özellikleri

Boyu	: 3400 mm
Eni	: 1440 mm
Ön yüksekliği	: 1500 mm
Arka yüksekliği	: 2050 mm
Eğimi	: 9^{0}
İş genişliği	: 870 mm
Üst silindir sayısı	: 8 adet
Alt silindir sayısı	: 8 adet
Üst silindir çapı	: 67 mm
Alt silindir çapı	: 96 mm
Silindirler arası mesafe (Üst)	: 12.6 mm; 13.0 mm; 13.5mm; 12.9 mm
Silindirler arası mesafe (Alt)	: 10.4 mm; 10.6 mm; 11 mm; 11 mm
Tahrik motoru ve redüktörü	: Gamak AG80 1370 min^{-1}; 0.75 kW; 2.1A; 380V Yılmaz redüksiyon 1/17.94 redüksiyon oranı
Titreşim (sarsak) motoru	: Gamak AMG 80-4a; 1365 min^{-1}; 0.55 kW; 1,6A; 380V

3.1.1.3. Gerçek zamanlı görüntü işleme makinesi (M_3)

Gerçek zamanlı görüntü işleme teknolojisi ile çalışan sınıflandırma makinesinin çatısı alüminyum sigma profiller kullanılarak imal edilmiştir. Sisteme bantı tahrik eden redüktörlü bir motor ve hızı ayarlanabilen bir frekans değiştirici monte edilmiştir. Bandın ilerleme değişimini tespit edebilmek için bir enkoder düzeneği yerleştirilmiştir. Görüntüler üzerinde gölge olmaması için bir karanlık oda tasarlanmıştır. Işık sistemi ve kameranın içinde bulunduğu karanlık odanın (kabin), banttan düşey olarak mesafesinin ayarlanabilmesi için uygun aparatlar monte edilmiştir. Bilgisayar ve ekran bağlantı kabloları ile sistemin kontrol ünitesi oluşturulmuştur. Makinenin genel görünüşü Şekil 3.3'de, teknik özellikleri ise Çizelge 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinin genel görünüşü

Çizelge 3.3. Görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinin teknik özellikleri

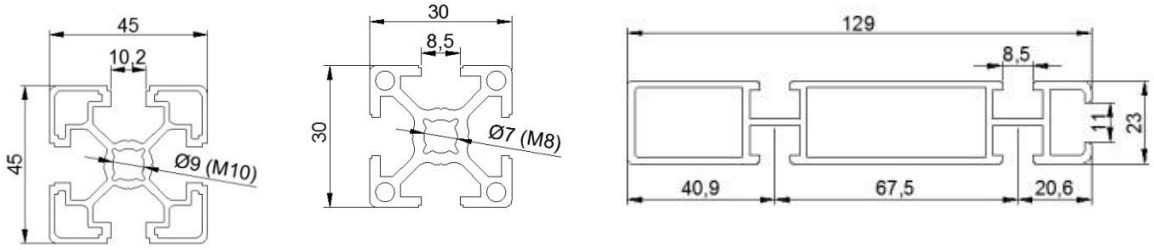
Boyu	: 6500 mm
Eni	: 410 mm
Yüksekliği	: 790 mm
Karanlık oda ölçüleri	: 880 mm x 750 mm x 440 mm
İş genişliği	: 4000 mm
Servo motor montaj uzunluğu	: 3550 mm
Servo motor sayısı	: 1 ile 8 adet bağlanabilir
Ayırma plaka sayısı	: 1 ile 8 adet
Ayırma plaka boyutları	: 200 mm x 110 mm
Plastik kasa sayısı	: 8 adet
Plastik kasa boyutları	: 600 x 400 x 320 mm

3.1.1.3.1. Bant sistemi

Tarımsal ürünlerinin, yıkanması, taşınması, doldurulması ve paketlenmesi gibi bölümlerde taşıyıcı bant sistemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Taşıyıcı bant sistemini oluşturan bölümler bant, tamburlar, tahrik sistemi ve gergi düzeneğidir. Şekil 3.4'de kullanılan sigma profillerin teknik çizimleri ve ölçüleri verilmiştir.

Bant sistemin çatısı taşıyıcı bant (konveyör) profili ve 45x45'lik sigma profillerden oluşturulmuştur. 45x45'lik sigma profillerden kabin (karanlık oda), 30x30'luk sigma profillerden ise servo motorların bağlantı yerleri ile diğer elektronik malzemelerinin bağlantıları yapılmıştır. Sigma profillerin köşe bağlantılarında ve

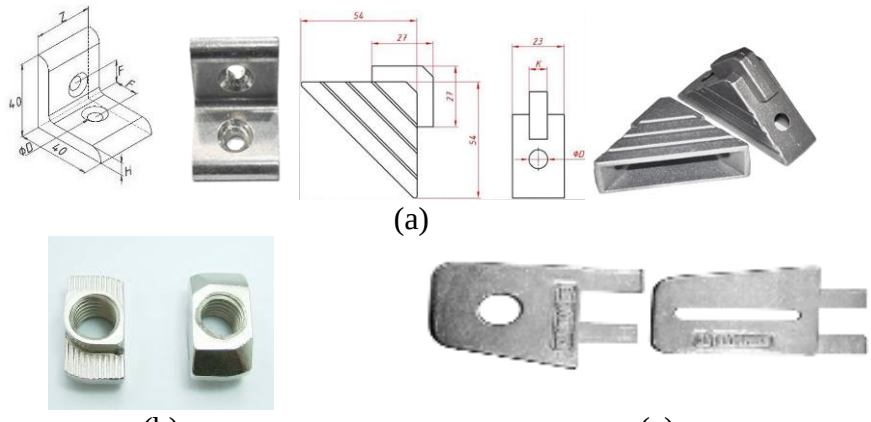
sabitlenmesinde köşe profiller, döküm bağlantı parçaları kullanılarak montajı yapılmıştır. Sistemin bant tamburunun yataklanması ve tahrik sistemin montajı için alüminyumdan üretilmiş döküm parçalar kullanılmıştır. Kullanılan bu parçalar Şekil 3.5'de verilmiştir.



(a) (b) (c)

45x45 mm (a), 30x30 mm (b) ve 129 x 23 mm (c) ölçülerindeki taşıyıcı bant profilleri

Şekil 3.4. Sigma profiller ve ölçüleri



(a)

(b) (c)

köşe bağlantı parçalar (a), tırtıllı somunlar (b), sağ ve sol gergi plakaları (c)

Şekil 3.5. Sigma profillerin bağlantı elemanları

Tarımsal amaçlı kullanılan bantlar poliüretan/polyester kaplı malzemeden seçilmiştir. Bant -30^{o} ile +100^{o} dereceler arasında çalışabilecek özelliktedir. Banda ait teknik özellikler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Bandın teknik özellikleri

Bant boyu	: 12 840 mm
Bant genişliği	: 345 mm
Bant malzemesi	: Poliüretan /Polyester
Bant Rengi	: Beyaz
Renk kodu	: RAL 9013

3.1.1.3.2. Bant hareket sistemi

Banda hareket veren elektrik motoru 0.37 kW güce sahip olup, 90^0 dik olarak bağlanmıştır. Elektrik motoru 1/50 redüksiyon oranındaki redüktör (ESV40) ile akuple edilmiştir. Hareket polyamid malzemeden üretilmiş tambura iletilmektedir. Sistemin teknik özellikleri Çizelge 3.5'de verilmiştir. Bandın dönüş yönünü ve hızının kontrolü için bir AC frekans değiştiricisi kullanılmıştır. Frekans değiştiricinin teknik özellikleri Çizelge 3.6'da ve resmi ise Şekli 3.6'da verilmiştir. Üzerindeki potansiyometreyle 0 -500 Hz arasında frekans değişimi sağlanarak, motorun devir sayısı ayarlanmıştır.

Çizelge 3.5. Bant hareket sisteminin teknik özellikleri

Bant tambur çapı	: 125 mm
Bant tambur mil çapı	: 50 mm
Bant tambur boyu	: 350 mm
Bant tambur malzemesi	: Polyamid
Tahrik motoru	: Gamak AG71-2a; 2800 min^{-1}; 0.37 kW; 220/380V
Redüktör	: Öztekfen ESV40; 1/50

Çizelge 3.6. AC Hız kontrolü için frekans değişimli hız denetleyicisinin teknik özellikleri

Şebeke gerilimi	: 1 fazlı, 200 - 240 V ±%10 0.37 – 2.2 kW
Çalışma sıcaklığı	: -10 – 40 °C
Şebeke frekans aralığı	: 48 - 63 Hz
Güç faktörü	: 0.98
Motor frekans aralığı	: 0 - 500 Hz
Hızlanma süresi	: 0.1 – 1800 s
Yavaşlama süresi	: 0.1 – 1800 s
Motor kontrol metodu	: Scalar U/f
Üreticisi	: ABB ACS150



Şekil 3.6. AC Hız kontrolü için frekans değişimli hız denetleyicisi

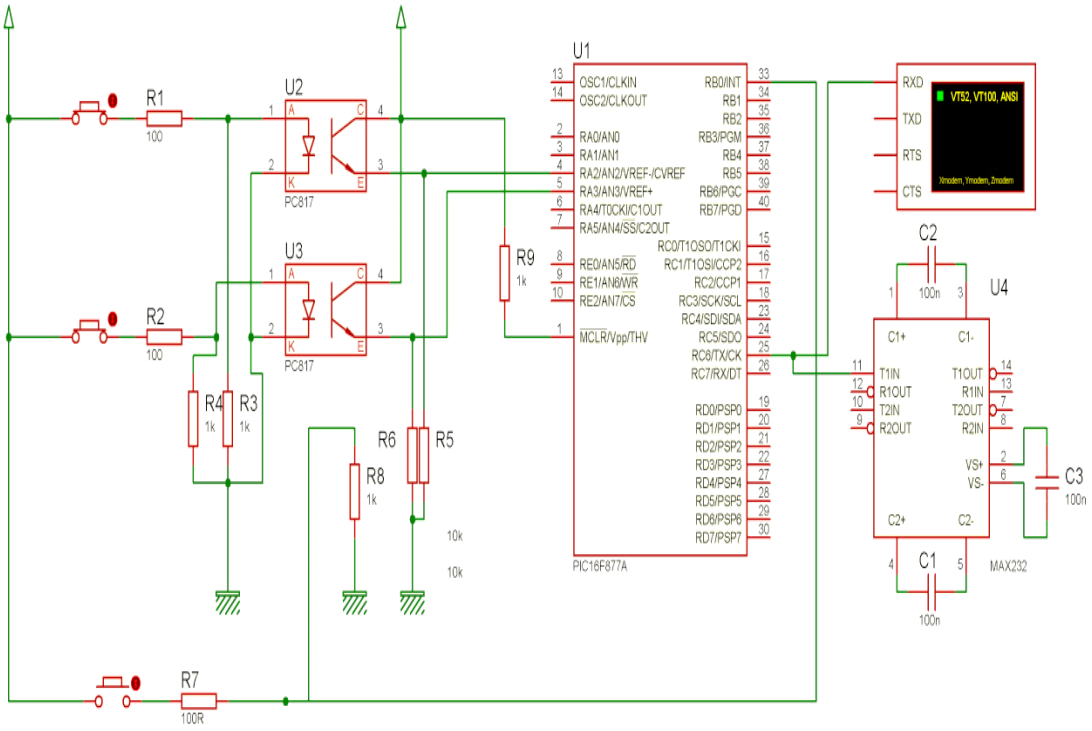
3.1.1.3.3. Enkoder ve elektronik sistemi

Sistemin, geri dönüş bildirimleri için bir enkoder ve bir ahşap tekerlek kullanılmış olup, enkoderin teknik özellikleri Çizelge 3.7'de verilmiştir. Gelen sinyaller Şekil 3.7'de verilen elektronik devre yardımı ile RS-232 iletişim protokolüne çevrilerek bilgisayarda hazırlanan programa okunmuştur. Enkoder kartı üzerinde 16F877 mikrodenetleyici kullanılmıştır. Enkoder ile ilgili PIC programı EK 1'de verilmiştir. Enkoderin bant sistemine montajı ise Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Enkoder görünüşü ve teknik özellikleri

Gövde çapı	: 50 mm
Mil çapı	: 8 mm
Modeli	: Incremental encode
Besleme voltajı	: 5 - 30 VDC
Darbe sayısı	: 500 pulse/tur
Akım tüketimi	: 60 mA
Çıkış tipi	: 5 VDC Line Driver
Koruma sınıfı	: NEMA 17 / IP54
Kablo uzunluğu	: 2.5 m
Kablo çıkış tipi	: Axial (Arkadan çıkış)
Çalışma sıcaklığı	: -10 °C ile 70 °C
Üreticisi	: KOYO-TRD J500 5V-30D





Şekil 3.7. Enkoder devre şeması



Şekil 3.8. Enkoder ve tekerleğin bant üzerinde görünüşü

Kameranın aldığı görüntü içinde havucun bulunup - bulunmadığının tespitini kolaylaştırmak için hareketli bant üzerine Çizelge 3.8'de teknik özellikleri verilen fotosel yerleştirilmiştir. Fotosel ile enkoder aynı kart (Şekil 3.7) üzerinde bulunmakta ve bilgiler bir COM portu üzerinden bilgisayara aktarılmıştır. Şekil 3.9'da fotosel ve reflektörün bant üzerinde montajı gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Fotoselin teknik özellikleri

Etkili algılama aralığı	: 0- 6.5 m
Reflektör mesafesi	: 0.05- 6.5 m
Reflektör	: H85 ile eşik algılama aralığı 9 m
Işık kaynağı	: LED, kırmızı 640 nm
Yaklaşık ışık noktasının çapı	: 5.5 m -200 mm
Yaklaşık sapma açısı.	: 2°
Ortam ışığı sınırı	: 30 000 Lüks
Çalışma gerilimi	: 10 - 30 V DC
Yüksüz besleme akımı	: 10 < 20 mA
Anahtarlama akımı max.	: 100 mA
Tepki süresi	: ≤ 1 ms
Ortam sıcaklığı	: -25 - 60 °C
Depolama sıcaklığı	: -40 - 70 °C
Ürün Adı	: Pepperl Fuchs GLV18 55-73-120



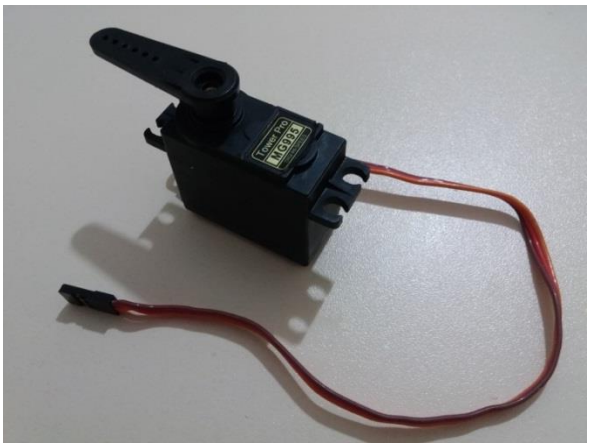
Şekil 3.9. Fotosel ve reflektörün montajı

3.1.1.3.4. Servo motor ve kontrolü

Gerçek zamanlı görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinde, havuçların yönlendirilmesi için servo motorlar kullanılmıştır. Böylece havuçlar hareketli kapaklar yardımıyla kendi sınıf aralıklarının bulunduğu kasalara yönlendirilmektedir. Kullanılan servo motorların teknik özellikleri Çizelge 3.9'da ve görünüşü ise Şekil 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Servo motor teknik özellikleri

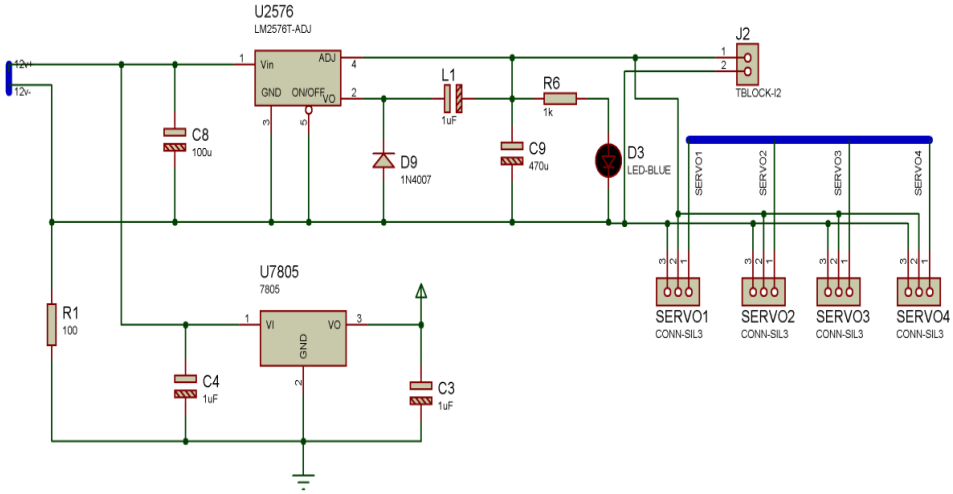
Boyutları	: 40 x 20 x 36.5mm
Ağırlık	: 48 g
Çalışma hızı	: 0.17 s / 60^o (4.8V yüksüz)
	: 0.13 s / 60^o (6.0V yüksüz)
Birim uzunluktaki itme değeri	: 4.8V ile 13 kg/cm
	: 6.0V ile 15 kg/cm
Çalışma sıcaklığı	: -30 ^{0}C ile +60 ^{0}C
Çalışma voltajı	: 3.5V - 8.4V
Gecikme süresi	: 4 µ saniye
Kullanılan servo motor	: 8 adet
Üreticisi	: TowerPro MG995 Metal Gear Torque Digi High Speed Servo Motor



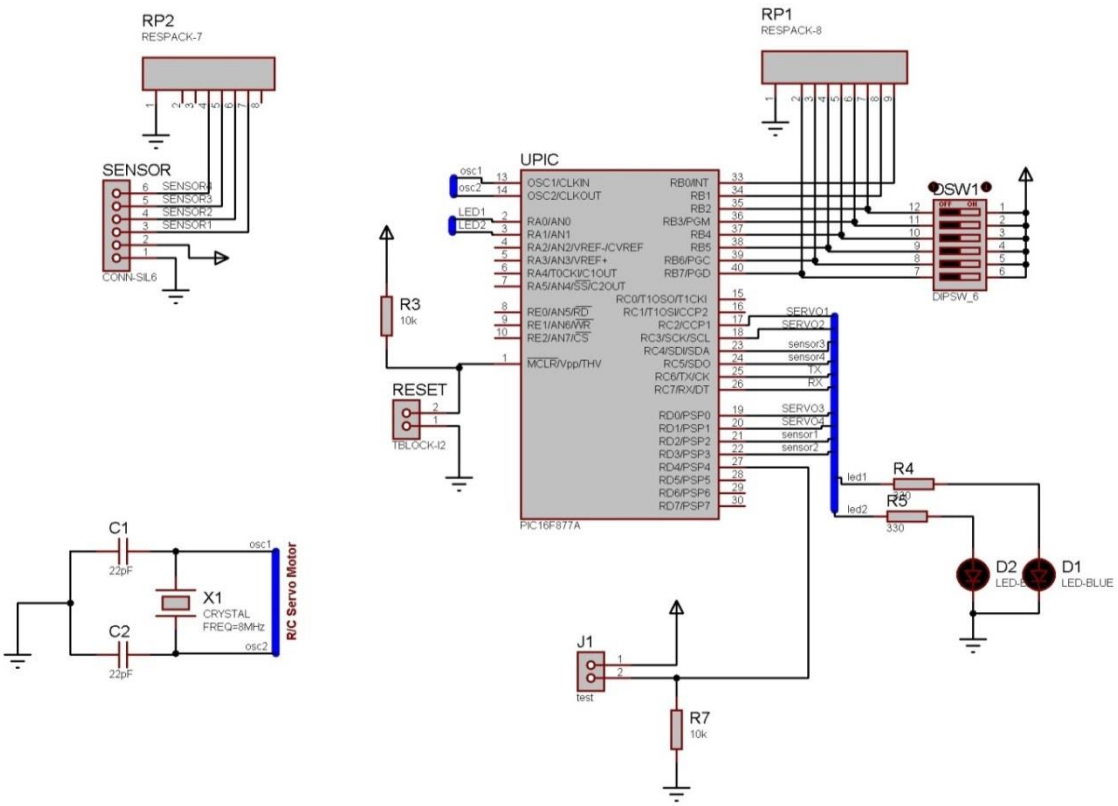
Şekil 3.10. Servo motorlar

Her servo motor sürücü kartı dört adet servo motor sürebilecek şekilde tasarlanmıştır. Elektronik kartlar birbirine eklenerek sayıları artırılmıştır. Bu kartların üzerindeki dipswitch yardımı ile kart adresleri ayarlanmıştır. Bilgiler ilgili karta bağlı servo motoru harekete geçirip, bağlı bulunduğu kapakları açıp kapatabilmektedir. Servo motor sürücü devresinin şeması Şekil 3.11'de ve Şekil 3.12'de verilmiştir. Şekil 3.13'de ise servo motorların sürücüsünden gelen verilerin RS-485 iletişim protokolü kullanarak bilgisayara aktaran devreye ait şema verilmiştir. İletişim entegresi olarak MAX487 kullanılmıştır. Servo motor kartlarda 16F877 mikrodenetleyici kullanılmış ve elektronik

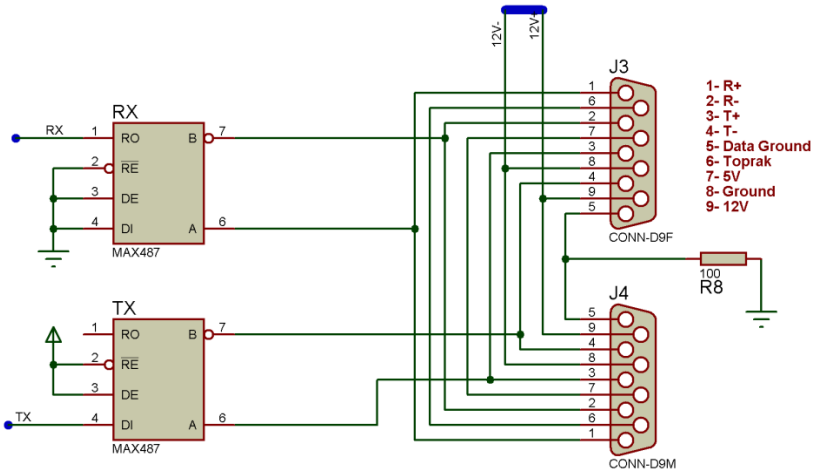
kart 5 V ve 12 V doğru akım ile beslemesi sağlanmıştır. Kartların sisteme montajı Şekil 3.14'de verilmiştir. Bu kartlara ait PIC programı ise EK 2'de verilmiştir.



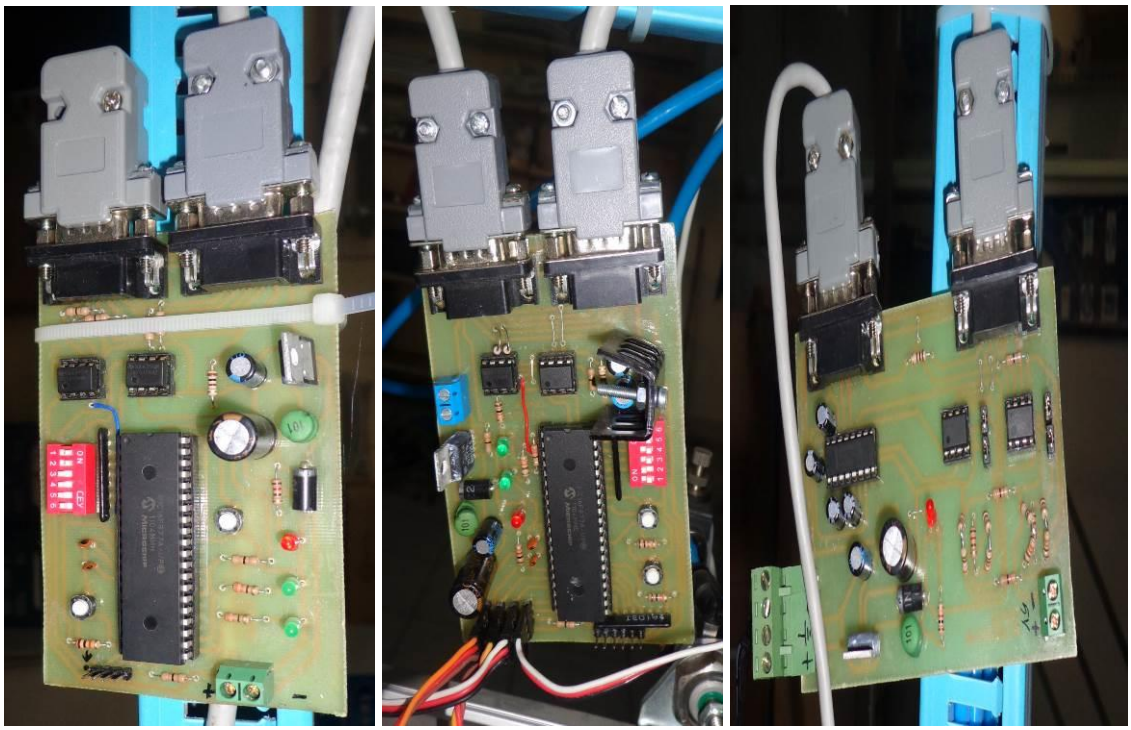
Şekil 3.11. Servo motorların besleme ve kontrol devresi



Şekil 3.12. Servo motorların PIC kontrol devresi



Şekil 3.13. Servo motorların çalıştırılabilmesi için RS-485 protokolü devre şeması

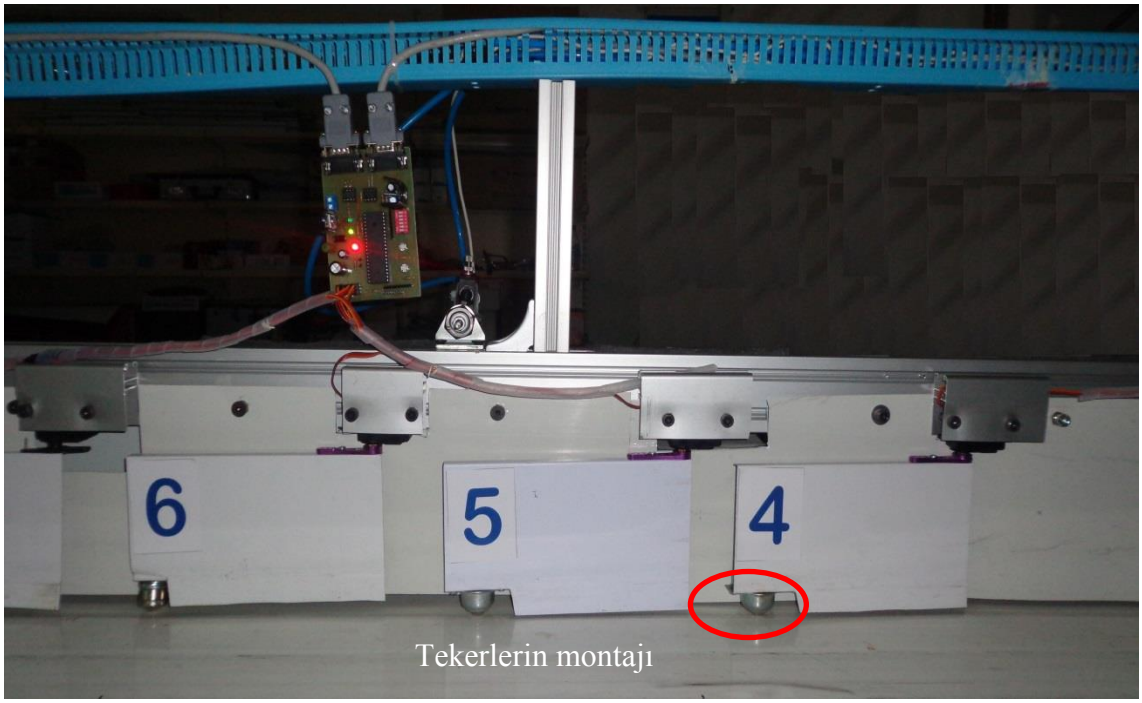


(a) (b) (c)

enkoder sürücüsü (a), servo motor sürücü kartı (b), tüm kartların besleme ve iletişim devresi (c)

Şekil 3.14. Devre kartları ve montaj durumları

Ön denemeler sonucunda kapakların banda sürtünmesinden dolayı oluşan problemleri önlemek için yönlendirme kapak uçlarına, 360^{o} derece dönebilen bilyalı tekerleklerin montajı yapılmıştır. Şekil 3.15'de servo motorların ve yönlendirme plakalarının montaj durumu gösterilmiştir.



(a)



(b)

Yönlendirme kapaklarının montaj durumu (a), yönlendirmek kapaklarını çalışması (b)

Şekil 3.15. Servo motorların ve yönlendirme kapaklarının montajı

3.1.1.3.5. Kabin ve ekipmanları

Kabin içerisine ışık kaynakları ve kamera sistemi yerleştirilmiştir. Böylece görüntünün net olarak alınması ve gölgelemenin az olması sağlanmıştır. Ön denemelerde sonucunda kabin içinde ışık dağılımının homojen olması için ışık kaynağının önüne kumlanmış cam monte edilmiştir. Kabin içerisindeki aydınlatma ledlerinin önünde bulunan kumlanmış cam ve kamera sistemi Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Kabin içerisindeki aydınlatma kutusu, kumlanmış cam ve kamera sistemi

Kabin içerisinde beyaz ışık veren led ile aydınlatma sistemi kullanılmıştır. Led ışıklandırma sistemi doğrusal şekilde sıralı olarak dizilmiştir. Led ışığı doğru akım ile 12 V verilerek beslenmektedir. Aydınlatma sisteminde kullanılan ledlere ait teknik özellikleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Aydınlatma sisteminde kullanılan ledlerin teknik özellikleri

Işık akısı	: ≥ 900 lm
RA değeri	: ≥ 70
Çalışma gerilimi	: 12 VDC
Güç faktörü	: > 0.85
Çalışma sıcaklığı	: $-20^0 \leq T \geq +45\ ^0C$
Renk sıcaklığı	: 6000K
Koruma sınıfı	: ≥ IP20
Led açısı	: 1200
Led teknolojisi	: SMD LED
Led ömrü	: 20 000 h
Gövde materyali	: Alüminyum

3.1.1.3.6. Kamera sistemi

Görüntü işleme sisteminde kullanılan kameranın teknik özellikleri Çizelge 3.11'de verilmiştir. Kamera, taşıyıcı bant sistemini tam dik görecek şekilde ve aydınlatma ışıklarının ortasına yerleştirilmiştir. Kameranın görünüşü Şekil 3.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Kameranın teknik özellikleri

Sensor teknolojisi	: CMOS Mono Sensor Model EV76C560ABT
Sensör üreticisi	: e2v
Çözünürlük	: 1280 x 1024 pixel
Renk derinliği	: Sensörde 10bit, Kamera da 12bit
Pixel sınıfı	: 1 x MP
Sersor boyutu	: 1/1.8
Shutter	: Rolling shutter / Global shutter / Global start shutter
Maksimum. fps in freerun	: Mode 60.0
Binning modes	: M/C otomatik
Pixel size	: 5.3 µm
Optical size	: 6.784 mm x 5.427 mm
İletişim arayüzü	: USB 3.0
Lens	: Azure C-Mount, 2MP, 12 mm, 16 mm, 25 mm
Lens bağlantı tipi	: C-Mount
Giriş / Çıkış birimi	: In 1 x opto-decoupled : Out 1 x opto-decoupled
Power supply	: USB 3.0 Cable
Protection class	: IP30
Ağırlık ve boyutlar	: 44 g ve 29.0 mm x 29.0 mm x 29.0 mm
Ürün marka ve modeli	: Ueye UI-3240CP-M



(a) (b) (c)

Şekil 3.17. Ueye UI-3240CP-M Kameranın ön görüşü (a), arka girişleri (b), Azure lens (c)

3.1.1.3.7. Dijital fotoğraf makinesi ve düzenek

Mekanik ayırıcılarda kullanılan havuçların özelliklerinin belirlenmesi için havuçların görüntüleri alınmıştır. Bunun için teknik özellikleri Çizelge 3.12'de ve görüşü Şekil 3.18'de verilen dijital fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Ayrıca çekimler esnasında havuçların, çevresel ışıklardan etkilenmemesi için 400 x 600 x 420 mm ölçülerinde plastik bir kabin kullanılmıştır (Şekil 3.19).

Çizelge 3.12. Fotoğraf makinasının teknik özellikleri

Sensör türü	: CCD
Sensör ölçüsü	: 1/2.5” 5.8 x 4.3mm
Işık hassasiyeti	: 1600 ISO
Çözünürlüğü	: 7.1 MP
Resim ölçüleri	: 3072 x 2304 pixel
Pixel ölçüsü	: 3.5 µm²
Zoom	: 4 X
Geniş açısı	: 35 mm f /2.6
Telephoto	: 140 mm f /5.5
Macro focus	: 5 cm
Ön izleme ekranı	: LCD
Üreticisi	: Sony Power Shot A560



Şekil 3.18. Dijital fotoğraf makinesi



Şekil 3.19. Havuç fotoğraflarının çekildiği kabin

3.1.2. Ölçme cihazları

3.1.2.1. Dijital kumpas

Havuçların boy ve çaplarının ölçümünde teknik özellikleri Çizelge 3.13'de verilen ve Şekil 3.20'deki dijital kumpas kullanılmıştır.



Şekil 3.20. Sürmeli dijital kumpas

Çizelge 3.13. Sürmeli dijital kumpasın teknik özellikleri

Ölçüm aralığı	: 0-150 mm
Boyutu	: 235 x 80 x 15 mm
Doğruluk	: <100 mm: ± 0.02 mm
	: ± 0.03 mm > 100-150mm
Üreticisi	: Stainless Hardereed

3.1.2.2. Hassas terazi

Havuçların ağrılıklarının ölçülmesinde 5 ile 200 g arasında tartabilen, 10 mg hassasiyetinde Sartorius GP5202 marka dijital terazi kullanılmıştır. Terazinin teknik özellikleri Çizelge 3.14'de verilmiştir.



Şekil 3.21. Tartımlarda kullanılan hassas terazi

Çizelge 3.14. Hassas dijital terazinin teknik özellikleri

Hassasiyet	: 10 mg
Tartı kapasitesi	: 5 - 200 g
Dara aralığı (eksiltme)	: -5 - 200 g
Tekrarlanabilirlik	: 6
Tipik dengeleme zamanı	: ≤ 0.8 s
Tipik ölçüm zamanı	: ≤ 1 s
Ürünün adı	: Sartorius GP5202

3.1.2.3. Devir ölçüm cihazı

Motor ve bant devir hızlarını ölçmek için Şekil 3.22'de görülen DT-6236C devir ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 3.15'de verilmiştir.



Şekil 3.22. Devir ölçüm cihazı

Çizelge 3.15. Devir ölçüm cihazının teknik özellikleri

Devir ölçme tekniği	: Optik veya Temaslı Takometre
Ölçüm aralığı	: 5 ile 99.999 rpm
Optik ölçme mesafesi	: 50 mm - 500 mm
Doğruluk	: ±0.05 ±1 hane
Max. rpm çözünürlüğü	: 0.1 rpm
Boyutları	: 210 mm x 74 mm x 37 mm
Ağırlık	: 200 g
Ürünün adı	: DT-6236C

3.1.2.4. Işık siddeti ölçüm cihazı

Çalışma ortamındaki ışık şiddetlerini ölçmek için Şekil 3.23'de görülen DT-8120 ölçme cihazı kullanılmıştır. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.23. Işık şiddeti ölçüm cihazı

Çizelge 3.16. Işık şiddeti ölçüm cihazının teknik özellikleri

Işık şiddet ölçüm aralığı	: 0.01 lüks-20000 lüks, 20; 200; 2.000; 20.000 lüks (2000 x 10 lüks)
Doğruluk	: ±5% rdg +10 dgts (2856k renkli ısıda kalibre olmuştur)
Çözünürlük (ışık)	: 1 - 0.1- 0.01
Hassasiyet (ışık)	: ± (5.0%+10 digit)
Işık sensörü	: Silikon foto diyot filtre
Ürün adı	: DT-8820

3.1.2.5. Bilgisayar

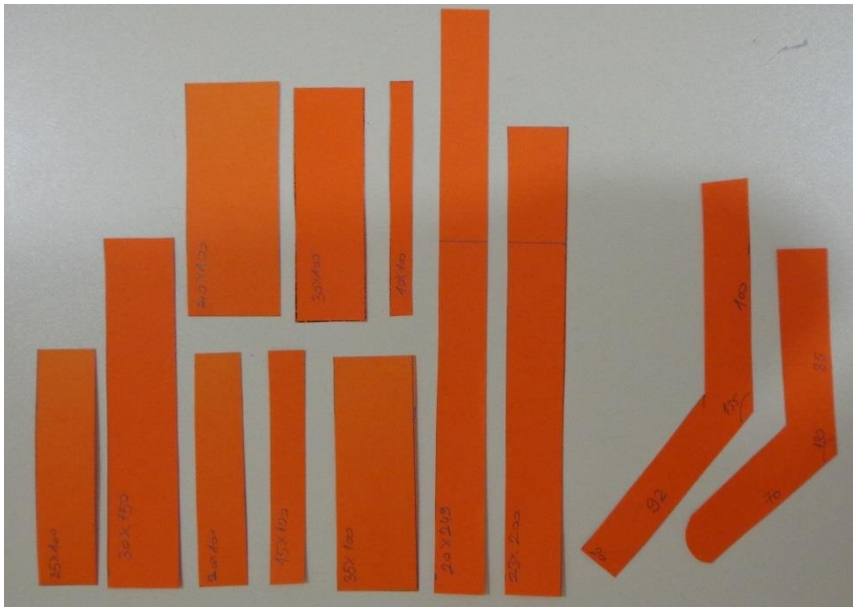
Görüntü işleme ve sınıflandırma makinasını kontrolü için Çizelge 3.17'de teknik özellikleri verilen bilgisayar kullanılmıştır.

Çizelge 3.17. Bilgisayarın teknik özellikleri

İşlemci	: Intel® Core™ i7 3770K
İşlemci hızı	: 3,5 GHz Maksimum Turbo Frekansı 3.90 GHz
Chipset	: Intel Z75
Ön bellek	: 8 MB
Bellek tipi	: DDR3 16 GB 1333 MHz
Disk kapasitesi ve arabirimi	: 2 TB SATA 7200 RPM SATA 6Gb/s
Ekran kartı	: AMD Radeon HD7950 2GB
Seri iletişim (RS-232)	: Digitus PCI kart (2 adet)
Monitör	: 23" LCD ekran
İşletim sistemi	: Windows 7 Ultimate
Kullanım tipi	: Masaüstü Bilgisayar
Üretici adı ve modeli	: HP Pavilion HPE h9-1100et

3.1.2.6. Kamera Kalibrasyon Kâğıtları

Denemelere başlamadan önce kameranın ölçümlerinin oranın tespit etmek için Şekil 3.24'de verilen çeşitli boyutlarda turuncu renkli kâğıtlar ile yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre 1cm'in kaç adet pixel değeri ile ifade edildiği bulunmuş bu değer program içindeki ilgili bölüme yazılarak kalibrasyon tamamlanmıştır.



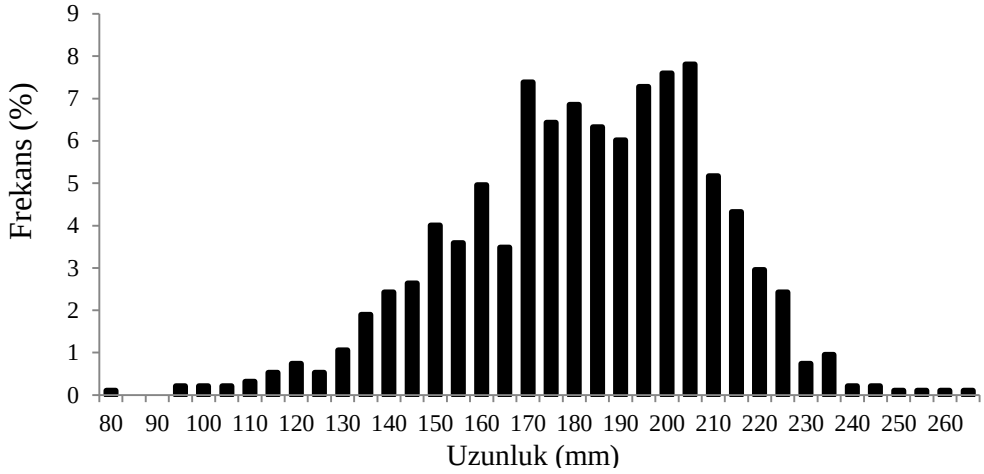
Şekil 3.24. Kalibrasyon kâğıtları

3.1.3. Denemelerde kullanılan havuçlar

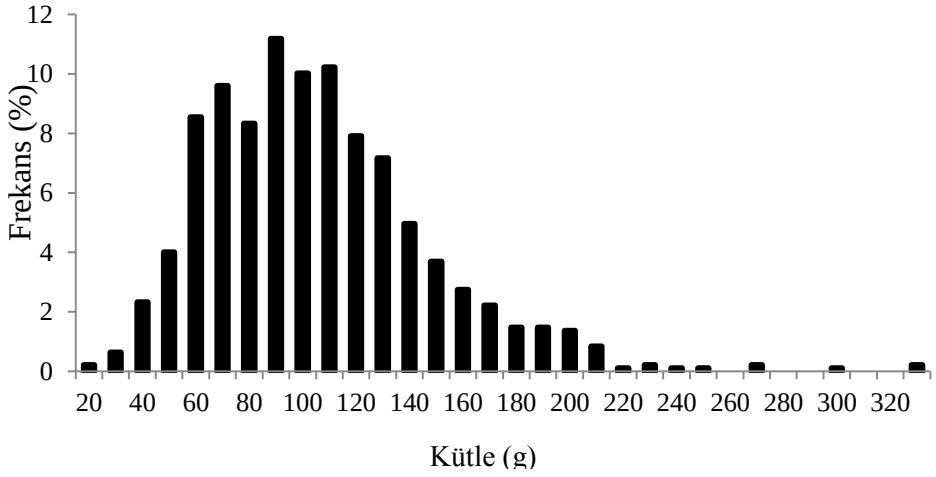
Mekanik ve gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesi ile yapılan denemeler farklı yıllarda yapıldığından dolayı her denemede kullanılan havuçların fiziksel özellikleri aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

3.1.3.1. Mekanik sınıflandırma makinelerde kullanılan havuçların özellikleri

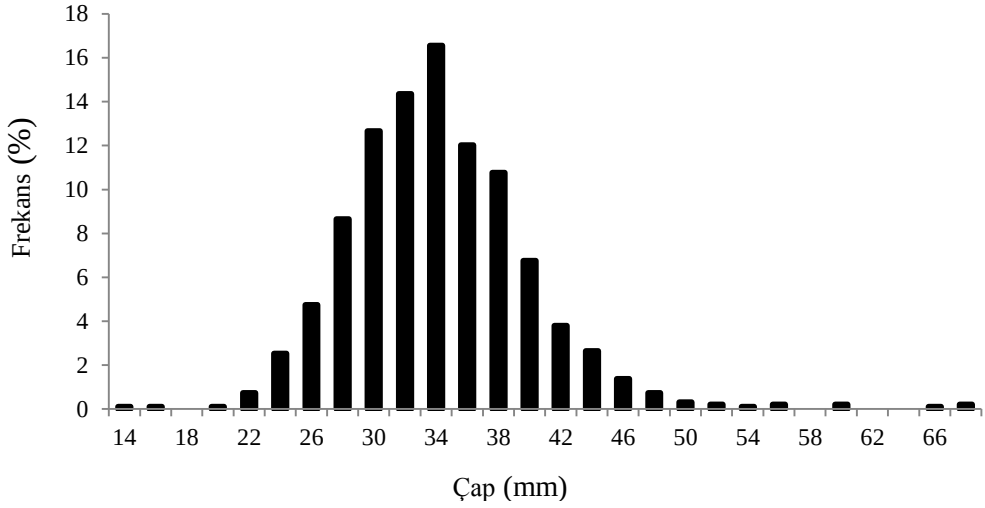
Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuçların çap, uzunluk ve kütlelerinin frekans dağılımları ise Şekil 3.25, 3.26 ve 3.27'de, havuçların boyut ortalamaları Çizelge 3.18'de verilmiştir. Çizelge 3.18 incelendiğinde ise havuçların ortalama çapının 34.13 mm, ortalama uzunluklarının 182.22 mm ve kütlelerinin ise 105.21 g olduğu saptanmıştır. Şekil 3.25'de ise havuçların çaplarının 14.22 ile 68.67 mm arasında, boylarının 16 ile 266 mm arasında ve kütlelerinin ise 11.14 ile 39.43 g arasında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.25. Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuç uzunluklarının frekans dağılımları



Şekil 3.26. Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuç kütlelerinin frekans dağılımları



Şekil 3.27. Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuç çaplarının frekans dağılımları

Çizelge 3.18. Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuçların boyut ve kütle ortalamaları

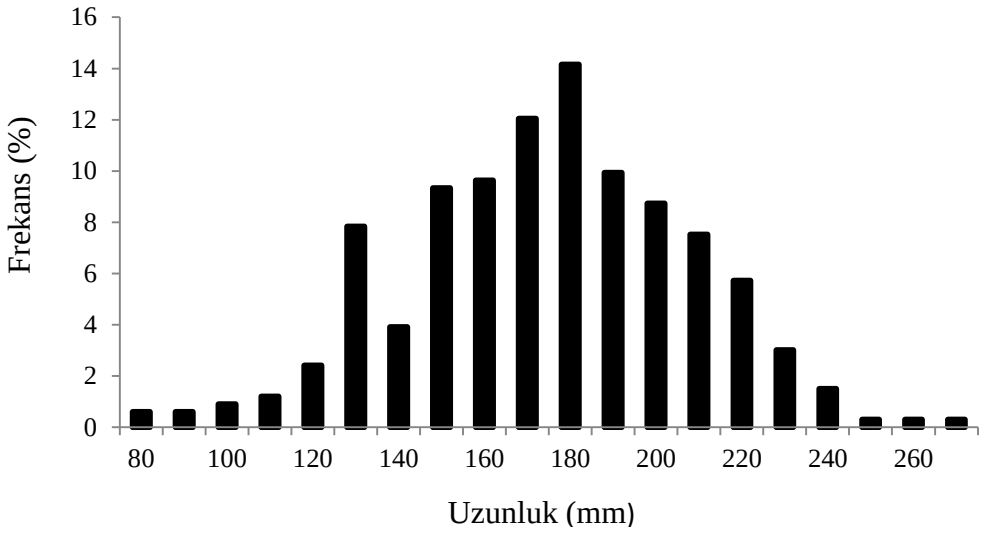
Büyük çap	34.13 ± 0.19 mm
Uzunluk	182.22 ± 0.90 mm
Kütle	105.21 ± 1.35 g

3.1.3.2. Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinde kullanılan havuçların özellikleri

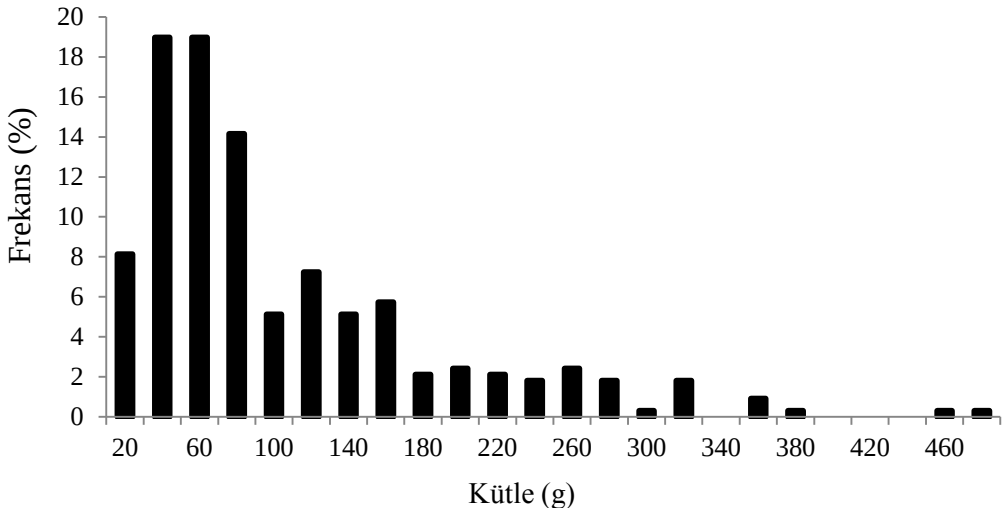
Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinde kullanılan havuçların boyut ortalamaları ise Çizelge 3.19'da verilmiştir. Havuçların çap, uzunluk ve kütlelerinin frekans özellikleri Şekil 3.28, 3.29 ve 3.30'da görülmektedir. Çizelge 3.19'un incelenmesiyle havuçların ortalama çapının 31.51 mm, ortalama uzunluklarının 172.80 mm ve kütlelerinin ise 103.85 g olduğu görülmektedir. Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinde kullanılan havuçların çaplarının 15.46 ile 70.93 mm arasında, boylarının 75 ile 265 mm arasında ve kütlelerinin ise 10 ile 486 g arasında değiştiği saptanmıştır (Şekil 3.28, 3.29 ve 3.30).

Çizelge 3.19. Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuçların boyut ve kütle ortalamaları

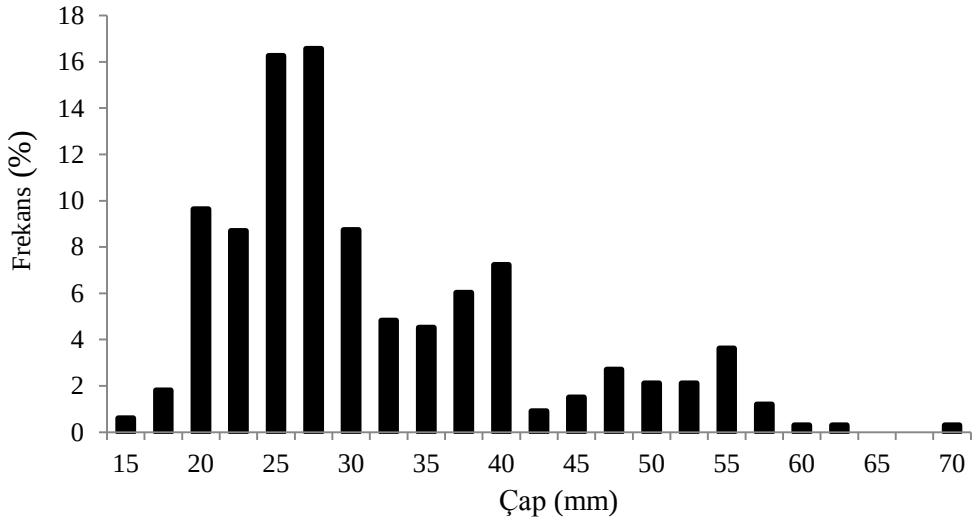
Büyük çap	31.51 ±10.44 mm
Uzunluk	172.80 ±32.36 mm
Kütle	103.85 ±82.39 g



Şekil 3.28. Görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinde kullanılan havuç uzunluklarının frekans dağılımları



Şekil 3.29. Görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinde kullanılan havuç kütlelerinin frekans dağılımları



Şekil 3.30. Görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinde kullanılan havuç çaplarının frekans dağılımları

3.2. Yöntem

Denemelerde kullanılan havuçlara, TS 1193'de belirtilen havuç boylama standardı esas alınarak, ekstra boylama yapılmıştır. Havuçların sınıflandırılması ile ilgili standart da belirtilen ekstra sınıfa giren havuçlar, çaplarına göre sınıflandırıldığında çapının 45 mm'den küçük, kütlece boylama yapıldığında ise kütlesinin 200 g'dan küçük olması gerektiği, herhangi bir ambalâjdaki en küçük ve en büyük havuç çapı arasındaki farkın 20 mm'den veya kütlesi arası farkın 150 g'dan büyük olmaması gerektiği açıklanmaktadır. Başka bir ifade ile ekstra sınıfa giren havuçların büyük çaplarının 25-45 mm çap aralığında olması gerektiği belirtilmektedir (Anonim 1996).

Mekanik sınıflandırma makinelerinin denenmesi için yıkama bandından gelen yaklaşık 100 kg'lık havuç seçilmiştir. Seçilen bu havuçlar etiketlenirken içerisinde uç ve baş kısımları kırık olan ve çatallanmış olanlar seçilerek çıkartılmıştır. Geriye kalan 948 adet havuç etiketlenmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Etiketlenmiş havuçlar

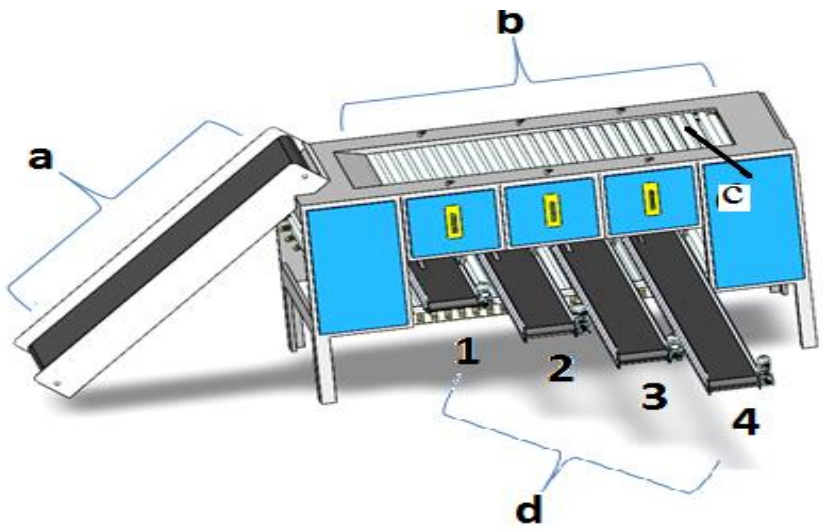
Etiketlenen havuçlar özel bir kabin içerisine konulmuştur. Havuçların flaş kullanmadan ve sabit bir yükseklikten resimleri çekilmiştir. Bu esnada gölgelemenin oluşmamasına dikkat edilmiştir. Ayrıca bu işlem yapılırken havuçların boyları, çapları ve kütleleri de belirlenmiştir. Bu havuçlar mekanik sınıflandırıcıların denenmesinde, çekilen resimleri ise geliştirilen programın kontrolünde kullanılmıştır.

Etiketlenmiş havuçlar mekanik sınıflandırma makinelerinden geçirilerek sınıflandırılması sağlanmıştır. Her iki mekanik sınıflandırma makinesinde dört çap aralığı bulunmakta ve bu çap aralıklarına düşen havuçların, hangi aralık da ki bölüme düştüğü belirlenmiştir. Böylece makinelerin kendi sınıflandırma aralıklarında, sınıflandırma etkinlikleri belirlenmiştir. Denemeler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve besleme elle yapılmıştır. Her banda düşen havuçlar ayrı ayrı plastik kasalarda toplanmış ve havuç numaraları kaydedilmiştir.

Gerçek zamanlı görüntü işleyici sistemin çalışmasında ise Nantes tipi 332 adet havuç alınmış, çap, boy ve kütle değerleri ölçülerek etiketlenmiş ve denemelerde kullanılmıştır.

3.2.1. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesi (M_1)

Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesinin, paketleme evinde kullanılan ayarları değiştirilmeden denemeleri yapılmıştır (Şekil 3.32).



Yıkamadan gelen taşıyıcı bant (a), ayırma yapılan bölüm (b) , yatay merdaneler (c) , ayrılmış havuçların taşıyıcı bantları (d), küçük çaplı havuçlar için bant (1), orta çaplı havuçlar için bant (2), orta büyük havuçlar için bant (3),büyük havuçlar için bant (4)

Şekil 3.32. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesi bölümleri

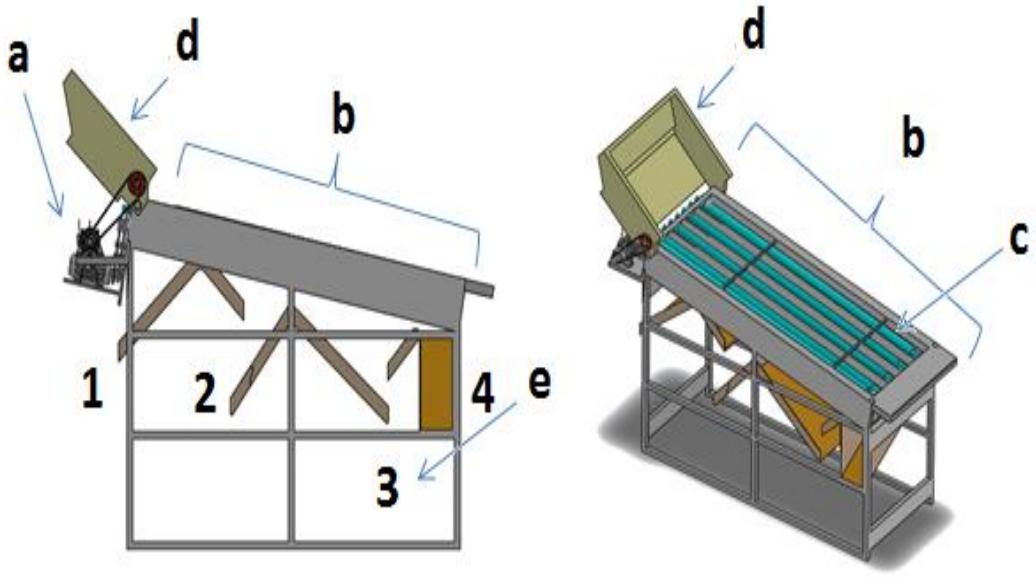
Havuçların yatay merdaneler üzerinden izledikleri yörüngede hangi aralıkların bulunduğu Çizelge 3.20'de görülmektedir. Bu makineyle 21 mm ile 62.6 mm arasındaki havuçlar sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 3.20. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesinin aralıkları

Bölümler	Merdane sayıları	Sınıflandırma aralığı (mm)
1. Bölüm	1-2	< 21
2. Bölüm	3-8	21.1- 29.9
3. Bölüm	9-13	30-62.5
4. Bölüm	14-16	62.6 <

3.2.2. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesi (M_2)

Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesi Şekil 3.33'de şematik olarak görülmektedir.



Besleme oluğunun eksantrik düzeni (a), boyuna merdaneler (b), büyük çaplı havuçların bölümü (c), besleme oluğu (d), sınıflandırılmış havuçların bölümleri (e), küçük çaplı havuçlar için bant (1), orta çaplı havuçlar için bant (2), orta büyük havuçlar için bant (3),büyük havuçlar için bant (4)

Şekil 3.33. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesinin bölümleri

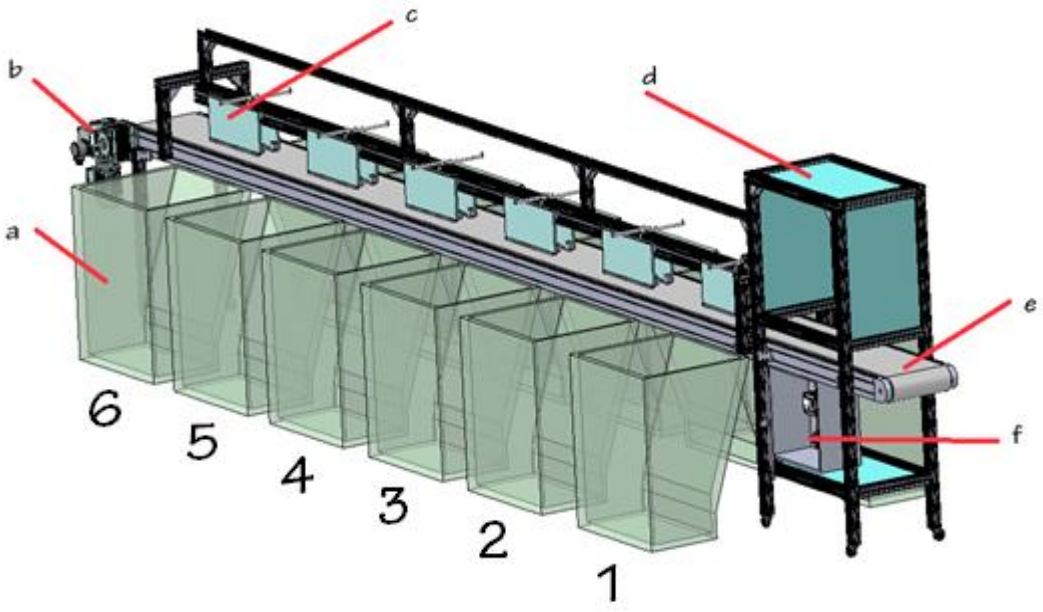
Boyuna silindirli sınıflandırma makinesi, sınıflandırılmak üzere gelen havuçları dört farklı banda düşürmektedir. Havuçların, boyuna merdaneler üzerinden aldıkları mesafeler ve çap aralıkları Çizelge 3.21'de görülmektedir. Bu makine 20 mm ile 41.6 mm arasındaki havuçları sınıflandırmaktadır.

Çizelge 3.21. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen, boyuna silindirli sınıflandırma makinesi sınıf aralık değerleri

Bölümler	Merdane uzunluğu (cm)	Sınıflandırma aralığı (mm)
1.Bölüm	0 - 60	< 20
2.Bölüm	60.1- 120	20.1-27.5
3.Bölüm	120.1- 270	27.6- 41.5
4.Bölüm	270.1- 300	41.6 <

3.2.3. Gerçek zamanlı görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinin tasarımı (M_3)

Geliştirilmiş olan gerçek zamanlı görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinde, kamera ile alınan görüntülerin işlenmesi, görüntülerden çap ve eğrilik değerlerinin bulunması ve ilgili servo motorlar yardımıyla havuçların ilgili bölümlere yönlendirmesi sağlanmaktadır. Sistemin şematik görünüşü Şekil 3.34'de gösterilmiştir.



Bölümler (a), elektrik motoru ve redüktör (b), yönlendirme kapakları (c), kabin (d), iletici bant (e), hız kontrol ünitesi ve bilgisayarın bulunduğu bölüm (f)

Şekil 3.34. Görüntü işleme ile çalışan sınıflandırma makinesinin bölümleri

Prototipin sınıflandırma aralıkları, TS 1193'de belirtilen ekstra sınıf aralıkları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu sınıf aralığı değerleri Çizelge 3.22'de verilmiştir.

Çizelge 3.22. Gerçek zamanlı görüntü işleme makinesinin sınıflandırma aralık değerleri

Bölümler	Sınıflandırma aralığı (mm)
1. Bölüm	< 24.9
2. Bölüm	25 – 45
3. Bölüm	45.1 <
4. Bölüm	Eğri (15^o <)

3.2.3.1. Kullanılan yazılımlar ve kütüphaneler

Görüntü işleme ile çalışan sistemin, Microsoft firmasına ait Visual Studio 2012 C++ ve C# programlama dili ile yazılmıştır. Visual Studio 2012 C# ile servo motorların kontrol kartı, enkoder kontrol kartından gelen değerlerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

Görüntü işleme yazılımı olarak OpenCV açık kaynak kodlu görüntü işleme kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane C ve C++ programlama dillerinde yazılmıştır. Linux, Windows ve MacOS X gibi birçok işletim sistemleri altında çalışabilmektedir. OpenCV kütüphanesi görüntü işlemede gerçek zamanlı uygulamaları temel alarak, verimli hesaplamalar ve optimize C ile yazılmış ve çok çekirdekli işlemcileri kullanabilir olarak tasarlanmıştır. OpenCV'nin amacı gelişmiş görüntü işleme uygulamalarını çok basit ve hızlı bir şekilde oluşturmayı sağlayacak kütüphane yapısıdır (Bradski, 2008).

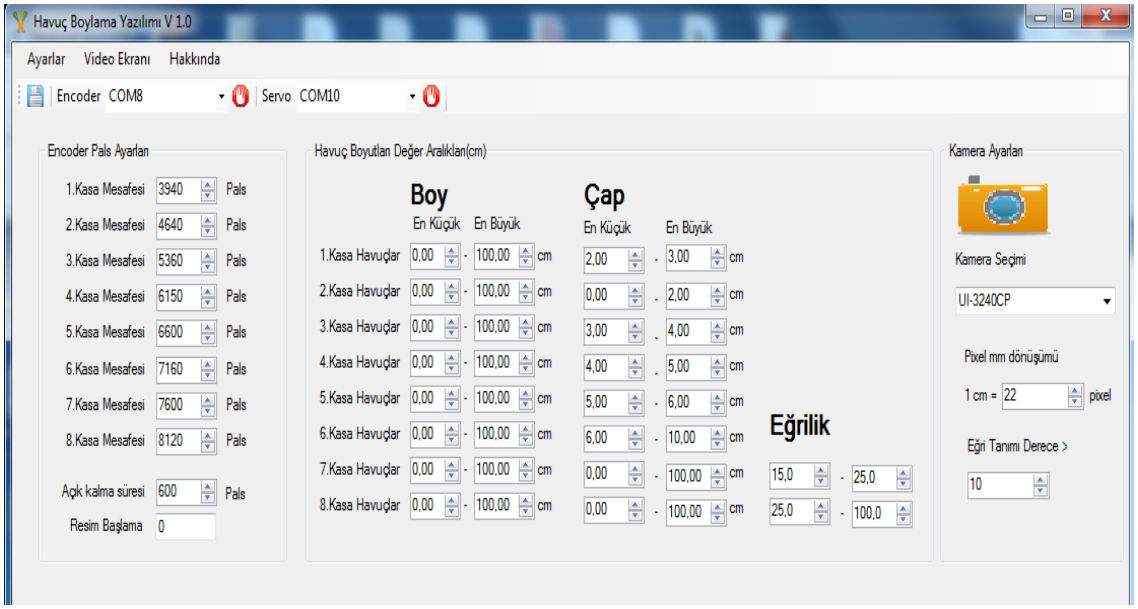
Videodan görüntü alma işlemleri ile kullanılan fonksiyonlar OpenCV 2.4.8 kütüphanesinden oluşturulmuştur.

3.2.3.2. Geliştirilen gerçek zamanlı görüntü işleme programı ve bölümleri

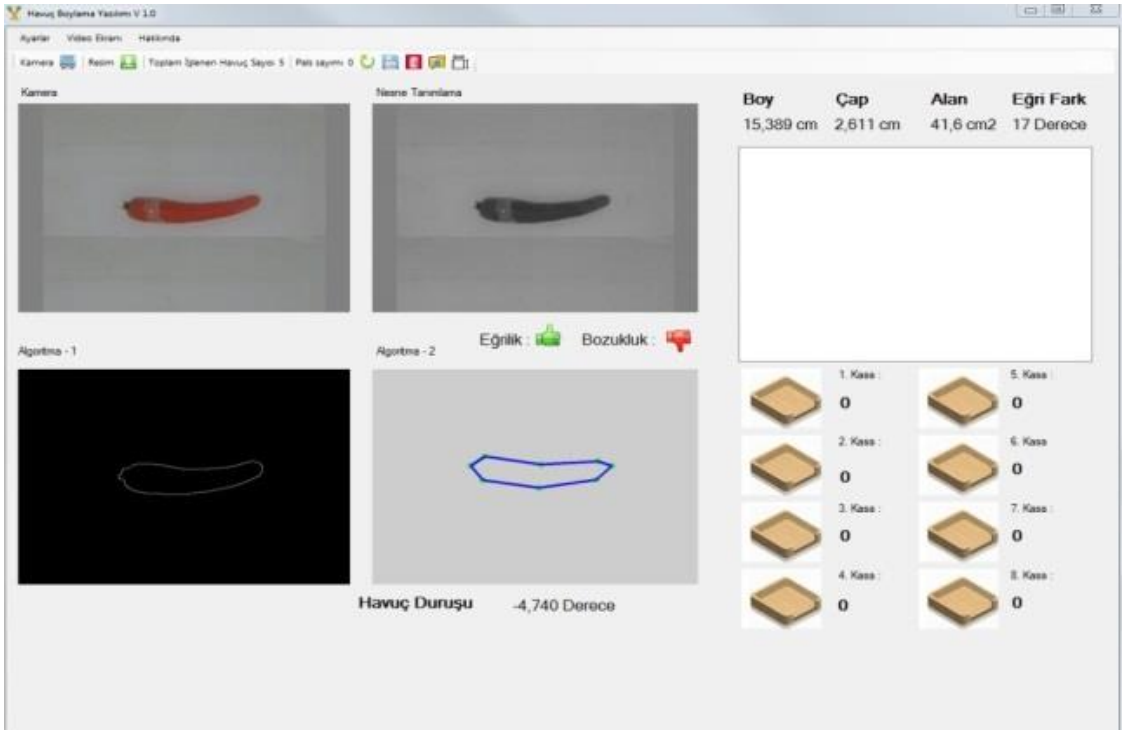
Prototipin çalışmasını yöneten gerçek zamanlı görüntü işleme programı iki ekrandan oluşturulmuştur. Birinci ekran; makinenin çalışma değerleri ile kamera, enkoder değerlerinin, iletişim portlarının ayarlandığı çap ve eğrilik değerlerinin girildiği bölümlerden oluşmaktadır. Diğer ekran ise video ekran bölümüdür. Bu ekranda kamera görüntüsü, işlem basamakları ve ölçülen havuç çap değerlerini göstermektedir.

Gerçek zamanlı çalışan görüntü işleme programının ekranı ile video ekranının görüntüsü Şekil 3.35'de görülmektedir.

İşlevleri tanımlamak için işaretlenen görüntü işleme programının ayarlar ekranı Şekil 3.36'da, video ekran ayarları ise Şekil 3.37'de verilmiştir. Yazılan programın işlem basamaklarını gösteren görüntü alanları Şekil 3.38'de gösterilmiştir.

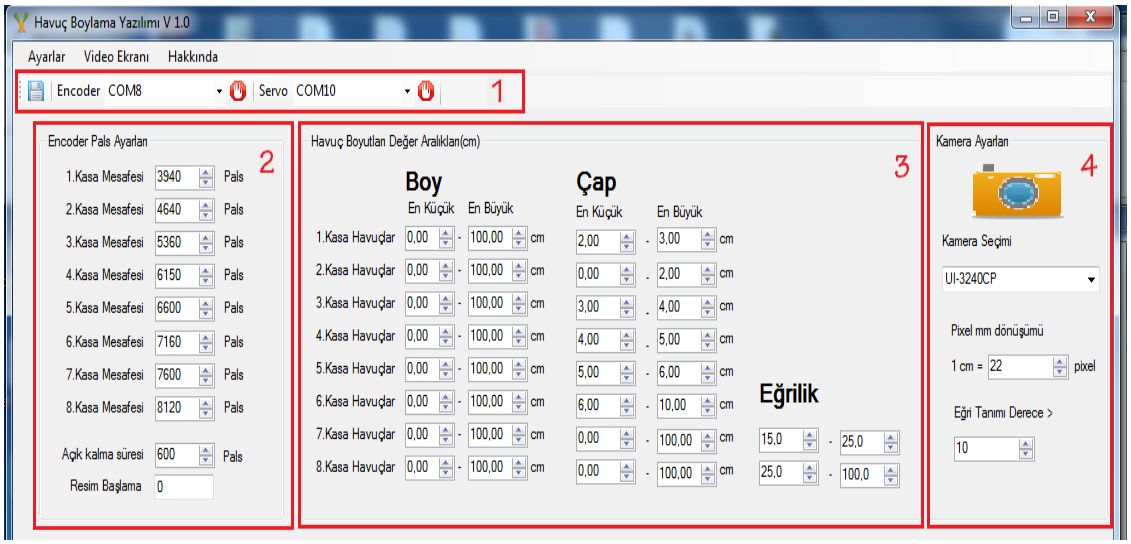


(a)



(b)

Şekil 3.35. Görüntü işleme programının ekranı (a) ve video ekranı (b)



Şekil 3.36. Görüntü işleme programının ayarlar ekranını

Ayarlar ekranının birinci bölümünde, enkoder ve servo motorların iletişiminin sağlandığı seri portlar (COM) seçilerek aktif ya da pasif yapılması sağlanmaktadır. Bağlantının kurulması için butonu kullanılmıştır. Seri portun (COM) aktif edilerek çalıştırılması ile bilgi alış/veriş işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece bağlantı rengi yeşilden kırmızıya dönmektedir. Tekrar butonuna basarak bilgi alışverişi durdurulur. Tüm ayarlarını tanımlaması ve kaydedilmesi için butonu kullanılır.

Ayarlar ekranının ikinci bölümünde enkodere ait pals ayarları yer almaktadır. Havuçların, kameranın yerleştirildiği yerden itibaren, ayırma kapaklarının kaçıncı pals değerinde olduğu tanımlanmıştır. Bu değerler oluştuğunda, ilgili servo motorlar harekete geçirilerek, havucun ilgili bölüme yönlendirilmesi sağlanmıştır. Kapakların açık kalma süreleri de bu bölümden ayarlanmaktadır. Elde edilmiş görüntünün ve görüntü basamaklarının kaydının yapılması için resimlere verilecek olan sayının başlangıç değeri girilebilmektedir. Enkoderlerin konumlarının değerleri Çizelge 3.23'de verilmiştir. Programda servo motor sayısı sekiz olarak planlanmıştır.

Çizelge 3.23. Bölümlerin konumlarına göre enkoder pals değerleri

Konumlar	Enkoder puls değerleri	Çap (mm)
1.Bölüm	4 300	< 24,9
2.Bölüm	4 900	25-44.9
3.Bölüm	5 650	45 <
4. Bölüm	6 100	Eğri (15^0<)
Tam bant boyu	23 700	

Ayarlar ekranının üçüncü bölümünde havuçların sınıflandırma aralıklarına bağlı olarak uzunluk, çap ve eğrilik değerleri girilmektedir.

Ayarlar ekranının dördüncü bölümünde, kameranın iletici banda olan düşey mesafesinden dolayı boy ve çap ölçümleri değişeceğinden, kameranın montajına göre bölme oranının değeri girilmektedir. Başka bir ifadeyle 1 cm havuç uzunluğunun ne kadar pixel değere karışık geldiğini tanımlanır.

Video ekranının birinci bölümünde, kameranın aktif edilmesi için butonu kullanılmaktadır. Canlı görüntü ayrı bir pencereden izlenmektedir. Daha önceden kaydedilmiş görüntülerin işlenmesi için butonu kullanılmaktadır. Burada işlenen toplam havuç sayısı ve enkoderin anlık değerleri sayısal olarak görülmektedir. Ayrıca bandın hareketi de izlenmektedir. Tüm servo motorların başlangıç konumu, enkoder sayısı, resim klasörü ve veri tabanın temizlenmesi için butonu, bir klasör içindeki resimlerin işlemesi için ise butonu kullanılır.

Video ekranının ikinci bölümünde alınan görüntü, gri görüntü, algoritma 1 ve algoritma 2 ile oluşturulmuş görüntü değerleri ile havucun yatay ile yaptığı açı değeri görülmektedir.

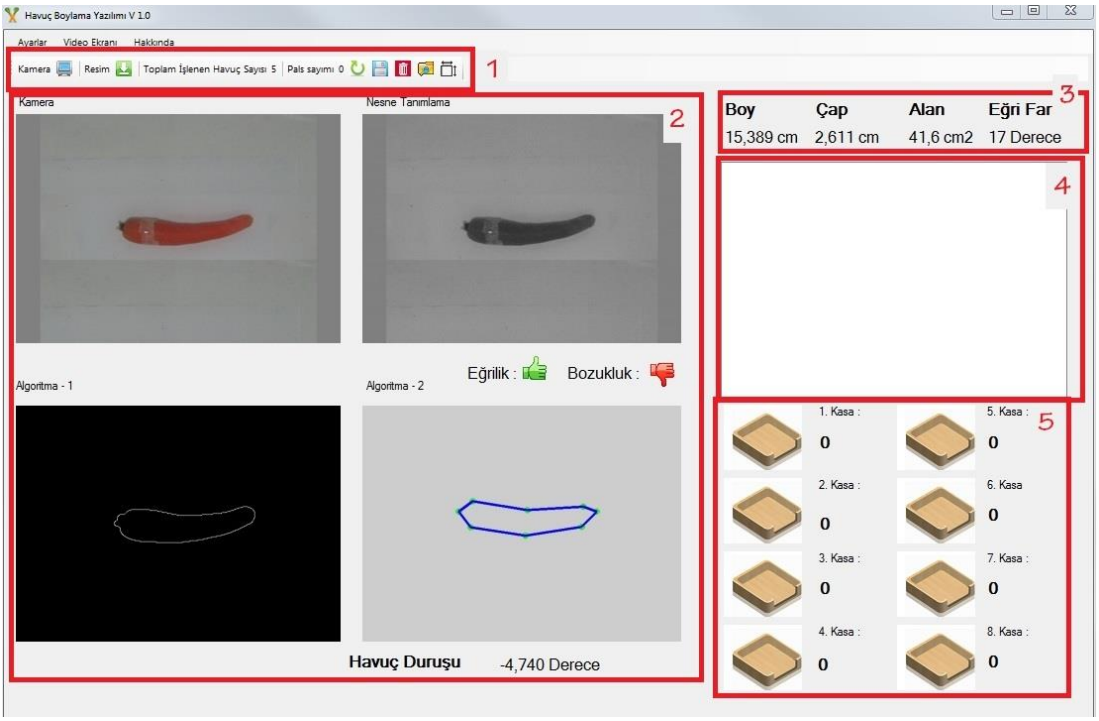
Video ekranının üçüncü bölümünde, anlık ekrandan geçen havuçların çap eğrilik değerleri gösterilmektedir.

Video ekranının dördüncü bölümünde, bant üzerinde halen işlenmekte olan tüm havuçların ve servo motorların değerleri gösterilmiştir. Ayrıca sınıflandırma aralıklarında bulunan toplam havuç sayıları da görülebilmektedir.

Videodan görüntü yakalama için havucun fotosel ile reflektör arasından geçerken, fotosel bir değer üretir, bu değer enkoderin dönüş değeri bilgisi birleştirilerek seri port üzerinden gönderilir. Tüm olasılıklar Çizelge 3.24'de verilmiştir.

Çizelge 3.24. Fotosel ve enkoderin değişik durumlarda gönderdiği bilgiler

Açıklama	Durumlar	
	Fotosel	Enkoder
Bant dönmüyor ve havuç yok	0	0
1 puls değeri kadar bant döndü ve havuç yok	0	1
1 puls değeri kadar bant döndü ve havuç var	1	1
Bu durum kullanılmıyor	1	0

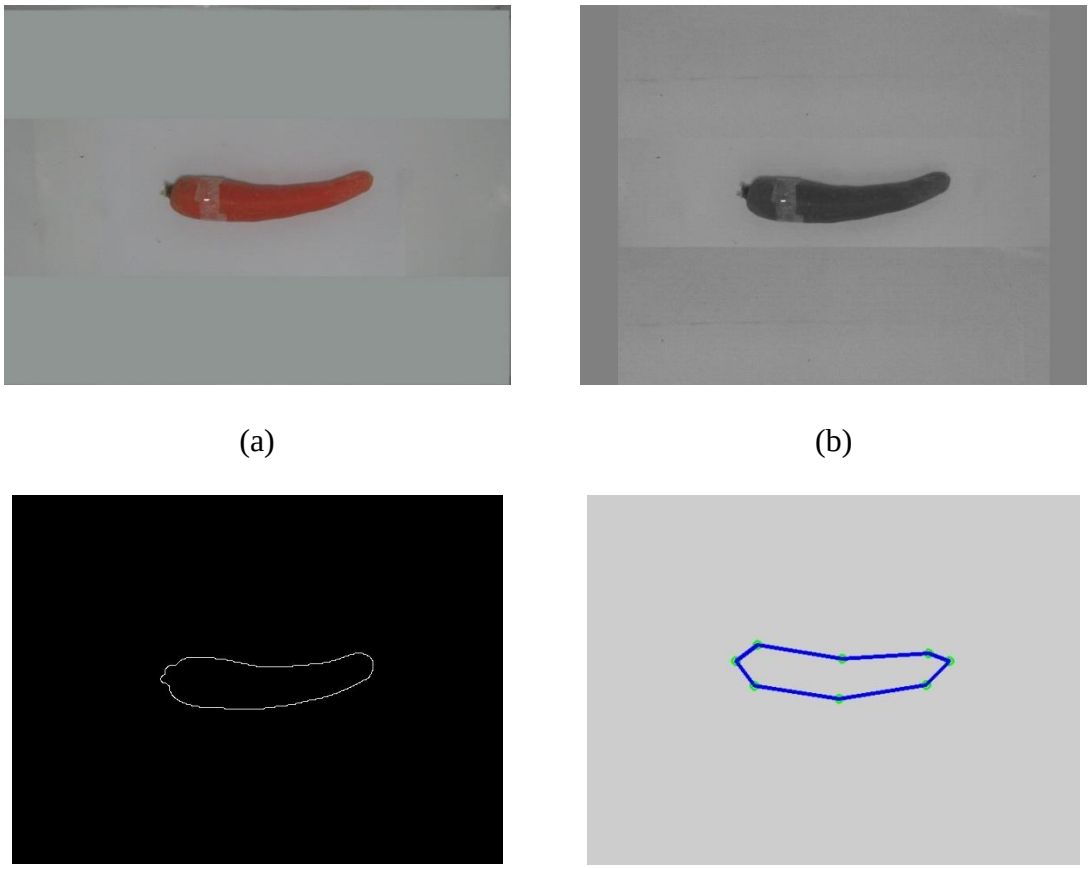


Şekil 3.37. Görüntü işleme programının video ekranı

Havuç, reflektör ile fotosel arasına girdiğinde, fotosel değer olarak 1 bit değeri gönderecektir. Bant her dönüş değeri ile puls olarak 1 değerini oluşturacaktır.

Görüntüyü gri seviyeye dönüştürmede, bir görüntü veya resim basit iki değişkenin bir fonksiyonu olarak tanımlanır. Resim a (x,y) gibi bir fonksiyonla ifade edilmektedir. Burada a bir şiddet birimi (örneğin parlaklık) ve x,y değişkenleri ise resmin gerçek koordinatlarıdır. Dijital görüntü ise sayısal değerlerden oluşmaktadır. 1 ve 0'lardan oluşan sayısal görüntü yapısı a[m,n], iki boyutlu uzaydan elde edilen a(x,y) fonksiyonundan örnekleme tekniği kullanılarak oluşturulmaktadır (Yıldırım ve ark. 2003).

Gerçek renkli görüntüler üç ana renk olan kırmızı, yeşil ve mavi renklerden oluşmuş resimlerdir. Görüntü sadece satır ve sütunlardan oluşan iki boyutlu değildir. İki boyuta ek olarak bir boyutta renk dizini vardır. Gerçek renkli resimler üç boyutlu matristir. Renkli resimlerde renkler, kırmızı, yeşil ve mavi gibi üçlü gruptan oluşan kümelerle ifade edilmektedir. Renklerin her biri için bir matris kullanır. Bu sayısal değerler büyüdükçe renk daha da koyulaşmaktadır.



(a) (b)

(c) (d)

Gerçek alınan görüntü (a), griye dönüştürülmüş görüntü (b), Canny kenar belirleme ve gaussian yöntemi ile lekelerden temizlenmesi (algoritma-1) (c), Harris köşe belirleme yöntemi ile çap değerlerinin bulunması (algoritma-2) (d)

Şekil 3.38. Havuç programının işlem basamaklarının görüntü alanları

Görüntü, ilk olarak piksel RGB24 kameradan alınır. Gri seviyede, ışık şiddeti seviyesi, gri seviye ile aynı anlamdadır. Griye dönüşümü sağlamak için R (Red) değerleri, G (Green) değerleri, B (Blue) değerlerinin ortalaması ile elde edilen değerdir (Gonzalez ve Woods 2008).

Renkli görüntülerdeki üç matris değerinin ortalaması, tek matris değerine dönüştürülür, bu matrisin her hücresi 0-255 arasında bir değer alır. Oluşan resim gri ton seviyesidir. Böylece işlenecek verilerin boyutları düşürülmekte ve işlem süresi azaltılmaktadır.

Eşikleme (Thresholding) işleminde gri seviyedeki görüntüde, nesnenin zemin bilgisinden ayırt edilmesi zordur. Bu nedenle zemin bilgisinin, nesne bilgisinden atılması gerekmektedir. Bunun için zemine ait piksel değerlerinin sıfıra eşitlenmesi gerekir. Böylece görüntüdeki piksel değerlerinin bir kısmı sıfır, kalan piksellerin

değerlerinin ise bire çevrilmesi gerekir. Bu işlemin tersi de yapılabilir (Gonzalez ve Woods 2008).

Eşikleme işleminin sonucunda, gri ton ölçeğinde bulunan bir görüntü, gri ton ölçeğinde sadece iki adet değer içeren yeni bir görüntü elde etmek için kullanılır. Bu işlem sonucunda veri kayıpları oluşur. Dolayısı ile oluşmuş olan görüntüden, önceki görüntü artık elde edilemez (Yıldırım ve ark. 2003).

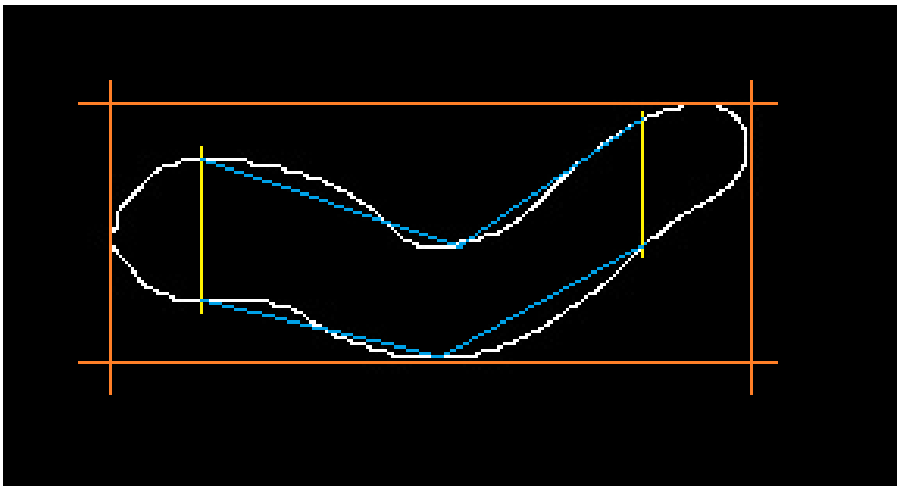
Filtreleme işleminde, görüntüdeki gürültü ve bozuklukları ortadan kaldırmak için görüntünün filtre edilmesi gerekir. Görüntüdeki bu gürültüleri silmek için lineer ve non-lineer filtreler kullanılabilir. Filtreleme mekanizmasının temelinde komşuluk ilişkileri kullanılmaktadır. İlk olarak merkez nokta yani (x, y) tanımlanarak başlanır. Bu noktanın etrafındaki komşuları ile işleme tabi tutulur. Bu komşuluk değerleri 8'li veya 4'lü komşuluk değerleridir. İşlemin sonucu, o nokta değeri için yapılır. Bu işlem görüntü üzerindeki tüm piksel değerleri için uygulanır. Filtreleme işlemine tabi tutulan görüntülerin, uygulanan filtre maskesinin görüntü içinde noktadan noktaya taşınmasıyla bulunur. Her bir (x, y) noktasındaki değerler, filtreleme işleminin sonucunda, maske ve görüntünün aynı piksel hücrelerinin çarpılıp, hepsinin toplanmasıyla elde edilir (Gonzalez ve Woods 2008). Bu işlemlerle bant üzerindeki lekeler ile görüntünün elde edilmesindeki istenmeyen noktalar temizlenmiş olur.

Canny kenar belirleme (Canny Edge Detection) nesnelerin kenarlarının bulunmanda en yaygın olarak kullanılan algoritmadır. John F. Canny tarafından geliştirilen çok-aşamalı bir algoritmadan oluşmaktadır (Bradski ve Kaehler 2008).

Harris köşe belirleme (Harris Corner Detection) nesnelerin uç noktalarının tespiti için geliştirilmiş bir algoritmadır. Bu algoritma Chris Harris ve Mike Stephens tarafından geliştirilmiştir (Bradski ve Kaehler 2008).

Seri Port kullanımı, bilgisayardan kullanılacak olan cihazlar arasında bit bazında veri gönderme ve alma işlemi için kullanılan bir iletişim protokolüdür. Verilerin çevresel gürültülerden etkilenme durumlarına göre enkoder için 38 400 bps ve servo motor kontrolü için 2 400 bps kullanılmıştır.

Havuç ait çap ve eğrilik değerlerinin bulunması için kullanılan yönteme geliştirilmiştir(Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Havucun boy, çap ve eğriliğini bulma metodu

Havuç boyunun belirlenmesi işleminde, havucun uç kenarları arasındaki yatay mesafe, piksel değeri olarak bulunur. Havuç çapının bulunması için ise havuç alanı yatay düzlemde taranarak, en büyük piksel değeri bulunur. Bu değerler ölçek değerine bölünerek, gerçek değer mm olarak elde edilir. Ölçek değerlerinin elde edilmesinde kalibrasyon kâğıtları kullanılmıştır.

Eğrilik değerini bulunmasında, havucun toplam boyunun sağ ve sol olmak tarafındaki %10'luk bir bölümünde, havuç kenar çizgilerini düşey olarak kesen ikişer nokta bulunur. Bu noktalar, havucun en dar veya en geniş yerindeki kenar noktaları ile birleştirilir. Oluşan çizgilerin arasındaki açıların ortalaması alınarak eğiklik açısı elde edilir. Ön denemeler sonucunda bu değer 15^{o} olarak kabul edilmiştir.

Gerçek zamanlı görüntü işleme yöntemi ile çalışan sınıflandırma makinesinde, sisteminin çalışmasından önce programın ayarlar bölümünde çap değerlerine göre hangi kasalarda toplanacağı planlanmıştır.

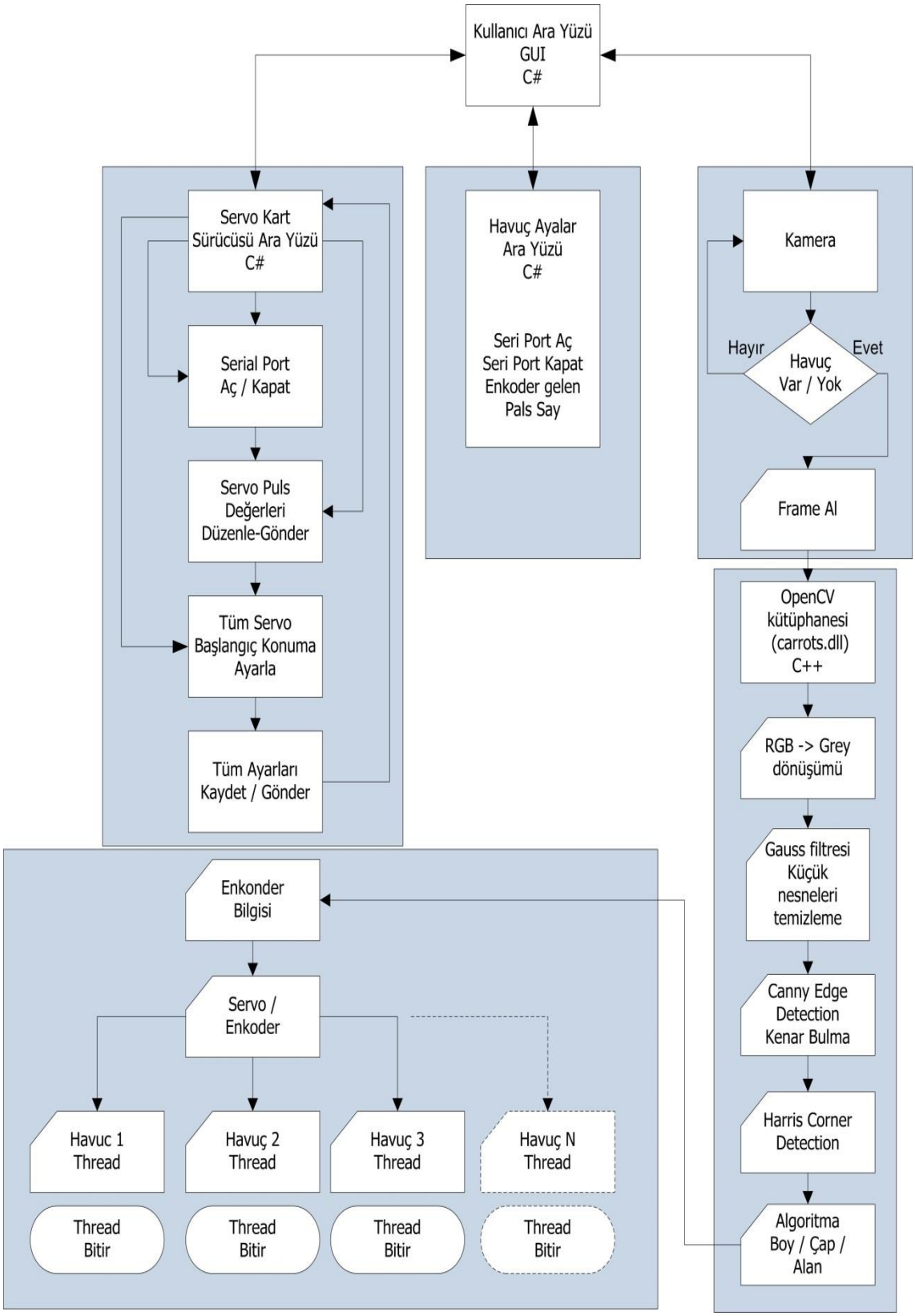
Mekanik sınıflandırma makinelerinin denenmesinde kullanılan ve görüntülenen 948 adet havuç resmi geliştirilen program tarafından işlenmiştir. Bu havuçlar programın ölçülen boy ve çaplarına göre veri tabanına kaydedilmiştir.

Gerçek zamanlı görüntü işleme makinesinin test edilmesi için her çap grubunu ve eğriliği temsil edecek şekilde rastgele seçilen 332 adet havuç alınmıştır. Bu havuçların çap, uzunluk ve kütle değerleri ölçülmüştür. Bu havuçlar hareketli bant üzerine elle konularak, bandın ilerlemesi ile gerçek zamanlı görüntüsünün alınması ve değerlendirilmesi sağlanmıştır. Böylece havuçların ilgili kasaya yönlendirilmesi ile sınıflandırılması sağlanmıştır.

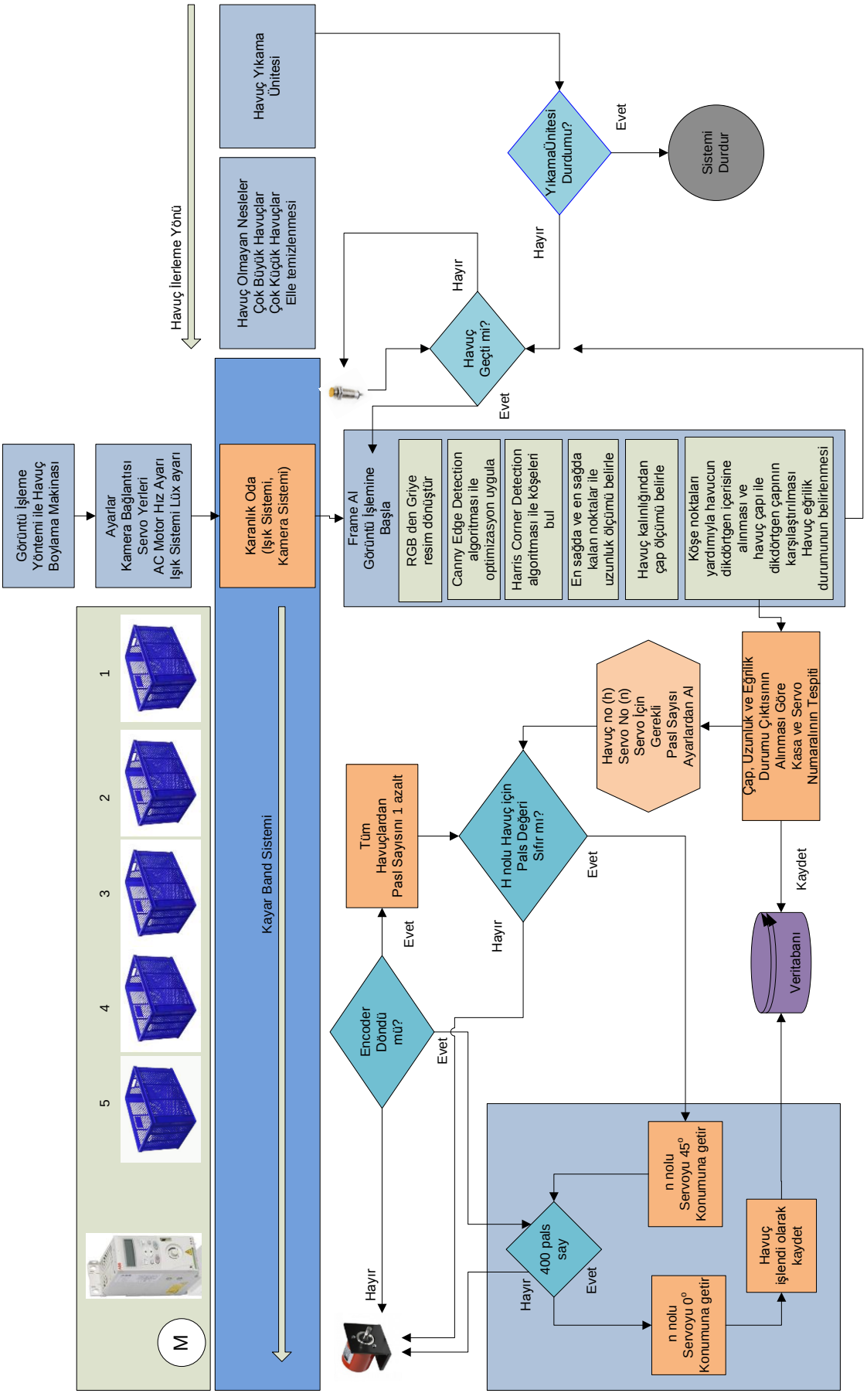
Hazırlanan programın yapısal algoritması Şekil 3.40'da verilmiştir. Yazılımın akış diyagramı ise Şekil 3.41'de görülmektedir. C++ dilinde hazırlanmış olan program ise EK 3'de yer almaktadır.

Program aşağıdaki işlem adımlarından oluşmaktadır:

* Fotosel ve enkodere gelen bilgiler kontrol edilir.
* Havuç var ve havuç yok bilgileri, havuç kontrol biriminde takip edilir.
* Havuç var bilgisi geldiğinde kamera alt programına gönderilir.
* Kesme isteğini alan kamera arayüzü, kameradan bir görüntü alır
* Görüntüyü jpg resim formatında veriyi geri döndürür.
* Resim önce gri resme dönüştürülür.
* Oluşan resimden eşik değeri kullanılarak tek renk resme dönüştürülür.
* Yeni oluşan resme, kenar belirleme algoritması uygulanır.
* Yeni oluşan resme, Harris köşe belirleme algoritması uygulanır.
* Eğrilik ve çap bilgilerinin elde edilmesi için geliştirilen yöntemle işlenir.
* Çap ve eğrilik değerleri elde edilir.
* Elde edilen çap, belirlenen aralık grubunda seçilir.
* Gruba ait servo motor numarası ve havuca ait enkoder sayısı tablodan alınır.
* Enkoderin her puls değerinde, havuca ait enkoder değeri düşürülür.
* Encoder değeri sıfır olduğunda tanımlı servo motora aç komutu gönderilir.
* Kapak açılır.
* Havuç bant ilerlemesi ve kapak yönlendirmesi ile ilgili bölüme itilir.
* Encoder değerlerin 400 pals değerine ulaştığında kapak kapatılır.
* İlgili kasanın havuç sayısı bir artırılır.
* Bu işlemler her havuç için tekrarlanır.



Şekil 3.40. Programın yapısal algoritması

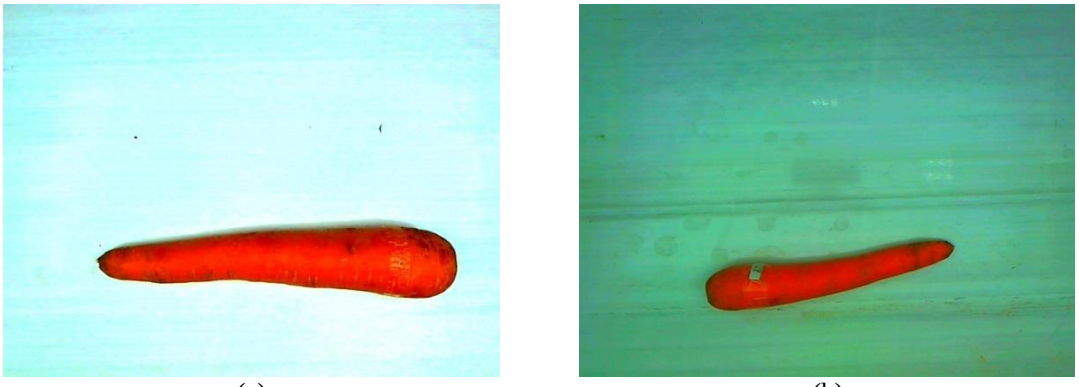


Şekil 3.41. Sistemin mekanik ve yazılımın akış diyagramı

3.2.6. Denemelerin yürütülmesi

Mekanik sınıflandırma makinelerinde, paketleme tesisinde kullanılan ayarlar değiştirilmeden denemeler yapılmıştır. Böylece mevcut durum belirlenerek TS 1193'e uygunlukları ortaya konmuştur. Değerlendirmelerde ekstra sınıflandırma esas alınmıştır.

Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinde ise ön denemeler yapılmıştır. Kamerada çekimlere başlamadan önce beyaz dengesi ile birlikte, karşıtlık (contrast), yoğunluk (intensity) ve parlaklık (brightness) değerleri ayarlanmıştır. Parlaklık ayarı ile siyah ve beyaz arasındaki renklerin parlaklığı değiştirilmiştir. Karşıtlık ayarıyla, resimdeki açık ve koyu arasındaki karşıtlığı ayarlanmıştır. Yoğunluk değeriyle rengin parlaklığı kontrol edilmiştir. Böylece kameranın beyaz ayarı yapıldıktan sonra kameranın parlaklık, karşıtlık ve renk yoğunluğu değerleri değiştirilerek kameranın görüntüsü izlenmiştir (Şekil 3.42).



(a) (b)

Şekil 3.42. Kameranın KA_1 (a) ve KA_2 (b) ayarında oluşan görüntüler

Denemelerde kullanılan makineler ile seçilen parametrelerin sembolleri aşağıdaki Çizelge 3.25'de verilmiştir.

Çizelge 3.25. Sınıflandırma makinelerinin ve seçilen parametrelerin sembolleri

M_1	: Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesi (enine merdaneli)
M_2	: Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesi (boyuna merdaneli)
M_3	: Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesi
KA_1	: Kamera ayarı 1; Parlaklık değeri %70, karşıtlık değeri %40, renk yoğunluğu %55
KA_2	: Kamera ayarı 2; Parlaklık değeri %52, karşıtlık değeri %14, renk yoğunluğu %48
V_1	: 0.18 ms^{-1}
V_2	: 0.27 ms^{-1}
V_3	: 0.36 ms^{-1}
$T_{1,2,3}$	: Tekerrürler

Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesi (M_3) ile elde edilen hatalı gruba düşen havuç oranı değerlerine varyans analizi ve LSD testi uygulanmıştır (Düzgüneş ve ark. 1983). Bu istatistiksel analizler için Minitab 15 ve Mstat yazılımları kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Sonuçları

Denemeler iki aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada mekanik sınıflandırma makineleri, ikinci aşamada ise geliştirilen gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesi denenmiştir. Bu denemeler farklı zamanlarda yapılmıştır. Mekanik makinaların saatlik kapasiteleri yıkama bandından gelen havuç miktarına bağlı olup, uygulamada bu makinaların kapasiteleri yaklaşık 5 t/h olarak belirlenmiştir.

4.1.1. Paketlenmiş havuçların özellikleri

Üç farklı paketleme tesisinden, rastgele seçilen 15'er kilogramlık 9 farklı grup havuç örneği incelenmiştir. Elde edilen sonuçların standarda belirtilen ekstra sınıf aralığına uygunluğu kontrol edilmiştir. Paketlenmiş havuçlardan elde edilen tolerans değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı paketleme tesislerinden alınana havuç paketlerinin tolerans değerleri

Paketleme tesisi	Tolerans değeri (%)
I	9.71±1.42
II	20.36±1.62
III	15.24±1.96

TS 1193'de, ekstra sınıfa giren havuçlar çaplarına göre boylandığında kütlece %5 oranında tolerans tanındığı belirtilmektedir. Çizelge 4.1'in incelenmesiyle paketlenen havuçların bu tolerans değerinin dışında kaldığı görülmektedir.

4.1.2. Sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuçların fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler

Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuçların çap, uzunluk ve kütleleri arasında, karşılaştırma yapabilmek için $Ø / L$ *ve* $Ø / M$ ilişkileri kurulmuş ve $Ø = 0.187 \times L = 0.324 \times M$ eşitlikleri elde edilmiştir. Havuçların bu ilişkilerine ait korelasyon katsayıları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Bu çizelgede $Ø / L$ *ve* $Ø / M$ arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuçların korelasyon katsayıları

	Değerler	Oran	S.D	Korelasyon katsayısı
Havuç	*Ø/L*	0.187	946	0.379*
	Ø/M	0.324	946	0.795*

*%1 seviyesinde önemli

Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinde kullanılan havuçların fiziksel özellikleri arasında karşılaştırma yapabilmek için çap, uzunluk ve kütle değerleri arasında *Ø / L ve Ø / M* ilişkileri kurularak, *Ø* = 0.182 x *L* = 0.303 x *M* eşitlikleri elde edilmiştir. Havuçların bu ilişkilere ait korelasyon katsayıları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Bu Çizelgede görüldüğü gibi *Ø / L ve Ø / M* arasındaki ilişkiler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Mekanik sınıflandırma makinelerinde kullanılan havuçların korelasyon katsayıları

	Değerler	Oran	S.D	Korelasyon katsayısı
Havuç	*Ø/L*	0.182	330	0.674*
	Ø/M	0.303	330	0.951*

*%1 seviyesinde önemli

Havuçların fiziksel özellikleri arasındaki ilişkilerin istatistiksel yönden önemli bulunmasıyla, görüntü işleme ile sınıflandırmada değişik fiziksel özelliklerin dikkate alınabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Böylece programın işleme süresi kısalabilir ve kapasite değeri artırılabilir. Ayrıca havuçların yüzey alanı değeri de dikkate alınmalıdır.

4.1.3. Silindir Aralık Açıklığı İlerleme ile Değişen Sınıflandırma Makinesinin (M_1) Sonuçları

Araştırma sonucunda silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesinde hatalı gruba düşen havuç oranları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Paketleme evindeki uygulamalar esas alınarak yapılan denemelerde çap aralıklarına müdahale edilmemiş ve mevcut sınıf aralıkları kullanılmıştır.

Çizelge 4.4. Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen sınıflandırma makinesinde hatalı gruba düşen havuç oranları

	Çap aralıkları (mm)			
Tekerrür	< 21	21.1-29.9	30-62.5	62.6 <
T_1	90	99.07	0	50
T_2	100	90.23	1.39	75
T_3	90	93,09	0.56	50
Ortalama	***99.33***	***94.13***	***0.65***	***58.33***

Çizelge 4.4'ün incelenmesiyle bu sınıflandırma makinesinde hatalı gruba düşen havuç oranları %0.65 ile %99.33 arasında bir değişim göstermiştir. Makinenin çap aralıkları incelendiğinde, 30 ile 62.5 mm'lik çap aralığında hatalı gruba düşen havuç oranı değeri ortalamasının %0.65 olduğu görülmektedir. Bu aralıkta elde edilen, hatalı gruba düşen havuç oranının çok düşük olmasına rağmen, diğer aralıklarda elde edilen hatalı gruba düşen oranların ise %58.33 ile %99.33 arasında değiştiği belirlenmiştir.

4.1.4. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesinin (M_2) sonuçları

Denemeler sonucunda silindir aralık açıklığı boyuna silindirli sınıflandırma makinesinde elde edilen hatalı gruba düşen havuç oranları Çizelge 4.5'de görülmektedir. Bu mekanik sınıflandırma makinesinde de paketleme evindeki uygulamalar esas alınmıştır. Makinenin eğimine ve çap aralıklarına müdahale edilmeden sınıflandırma etkinliği belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Silindir aralık açıklığı ayarlanabilen boyuna silindirli sınıflandırma makinesinde hatalı gruba düşen havuç oranları

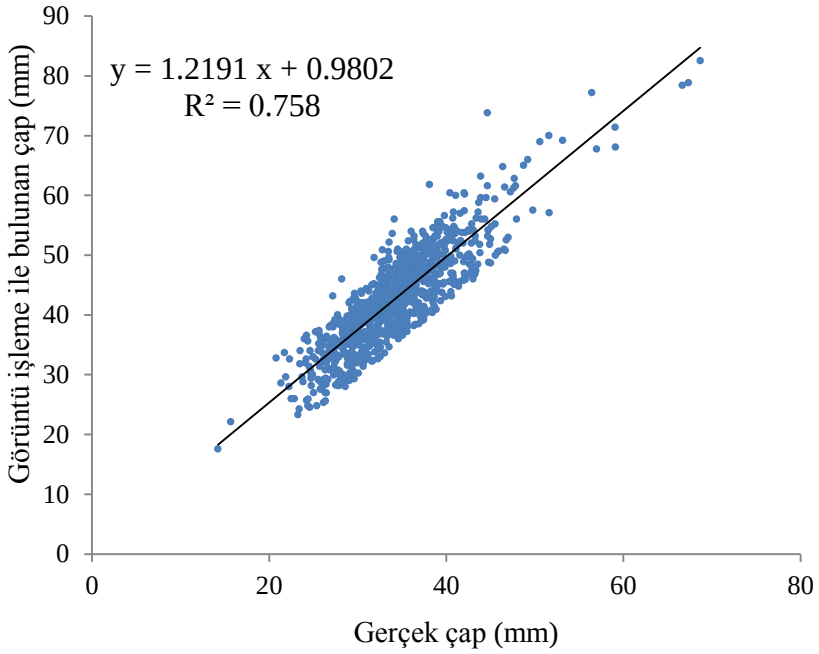
	Çap aralıkları (mm)			
Tekerrür	< 20	20.1-27.5	27.6-44.5	44.6 <
T_1	100	70.83	49.60	20.69
T_2	66.7	63.54	51.44	21.84
T_3	100	82.29	37.14	12.64
Ortalama	***88.90***	***72.22***	***46.06***	***18.39***

Yukarıdaki Çizelge 4.5'in incelenmesiyle hatalı gruba düşen havuç oranlarının ortalamasının %18.39 ile %88.90 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu makinenin çap aralıkları incelendiğinde 20 mm'den küçük çap aralığında hatalı gruba düşen havuç oranının %88.90 olduğu, 20.1 ile 27.5 mm çap aralığında ise hatalı gruba düşen ortalama havuç oranının %72.22 olduğu görülmektedir. Başka bir ifade ile bu çap aralıklarında elde edilen hata oranlarının yüksek olduğu belirtilebilir. Bu oranları %46.06'lık hata oranıyla 27.6 - 44.5 mm'lik çap aralığı izlemiştir. En düşük hata oranı ise %18.39'luk değeriyle, 44.6 mm'den büyük çap aralığında elde edilmiştir.

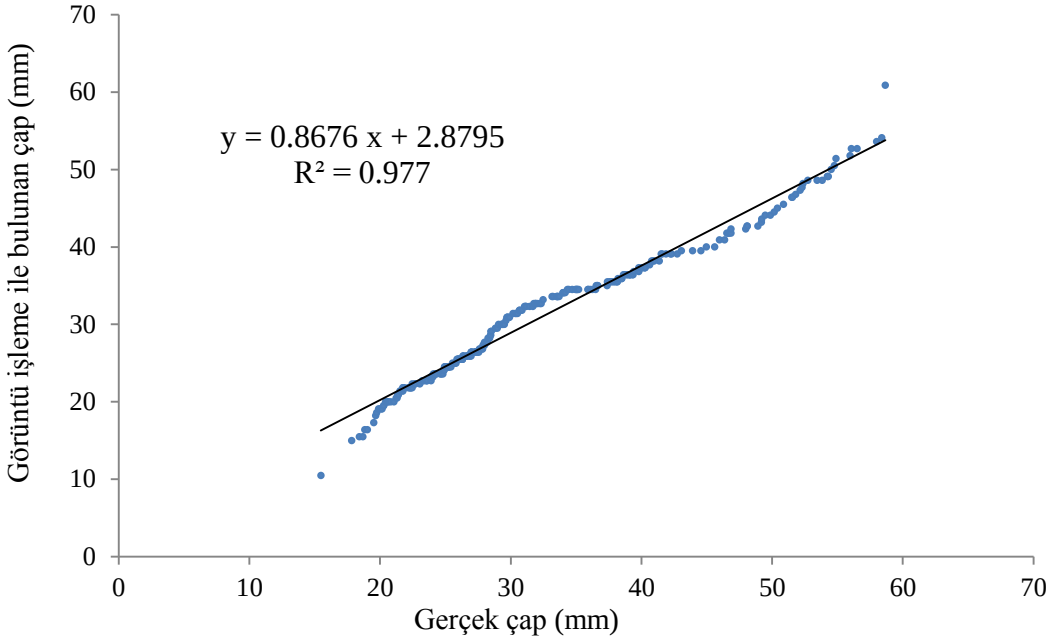
4.1.5. Gerçek zamanlı sınıflandırma makinesinin (M_3) sonuçları

Gerçek zamanlı sınıflandırma makinesinde kullanılan program, mekanik sınıflandırıcılarda kullanılan 948 adet havuç resmi ile kontrol edilmiştir. Gerçek çaplarla, programda bulunan çapların karşılaştırılması Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde gerçek havuç çapları ile geliştirilen programla belirlenen havuç çaplarının arasındaki ilişkinin R^2'si 0.758 olarak belirlenmiştir.

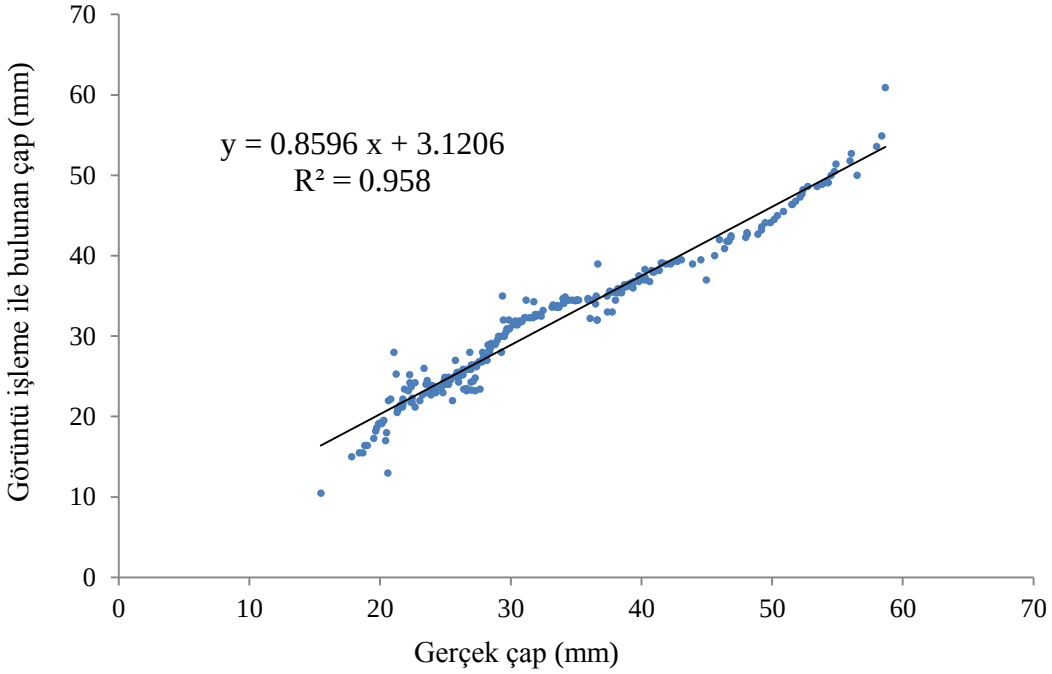
Sistemin çalışması esnasında yapılan kalibrasyon çalışmalarında kameradan elde edilen görüntülerin analizinde, gerçek çaplarla, işlenen çaplar arasında farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Bu olumsuz durumu önlemek için kamera ayarları ile gölgenin azaltılmasına ve görüntünün yakalanmasına çalışılmıştır. Bu nedenle gölgenin en az elde edildiği iki farklı kamera ayarı test edilerek, kullanılmıştır. Bu ayarlarda, işlenen görüntülerde bulunan havuç çapı ile gerçek çap arasındaki ilişkiler Şekil 4.2 ve 4.3'de verilmiştir. Kameranı birinci ayarında havuçların gerçek çapları ile bulunan çaplar arasındaki ilişkinin R^2'si 0.977 olarak, kameranın ikinci ayarında ise havuçların gerçek çapları ile bulunan çaplar arasındaki oranın R^2 ise 0.958 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Dijital fotoğraf makinesi ile çekilen fotoğrafların görüntü işleyici programda çap değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.2. Görüntü işleyici sisteminde KA_1 kamera ayarından elde edilen çaplar ile gerçek havuç çapları arasındaki ilişki



Şekil 4.3. Görüntü işleyici sisteminde KA_2 kamera ayarından elde edilen çaplar ile gerçek havuç çapları arasındaki ilişki

Gerçek zamanlı görüntü işleme sistemiyle çalışan havuç sınıflandırma makinesinde, denemeler 2100 lüks aydınlatma şiddetinde yapılmıştır. Denemeler sonucunda bir havuç görüntüsünün işleme süresi 20 ile 30 ms arasında değişmiştir. Bir havucun görüntüye girip-çıkma süresi 0.36 m/s bant hızında 1s olarak gerçekleşmiştir.

Makinenin KA_1 kamera ayarında elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgenin incelenmesiyle hatalı gruba düşen havuç oranları 0 ile %16.31 arasında bir değişim göstermiştir. Ekstra sınıfa giren çap aralığında, en düşük hatalı gruba düşen havuç oranı ortalama %5.42 'lik oranla, 0.36 m/s bant hızında elde edilmiştir. Diğer iki bant hızında hatalı gruba düşen havuç oranları ise yükselme eğilimi göstermiştir. 45 mm'den büyük çap grubunda, hatalı gruba düşen havuçların oranları üç bant hızında da %16.31 olarak gerçekleşmiştir. Eğri havuçlarda ise bu oranlar 0 ile %2.77 arasında bir değişim göstermiştir. 25 mm'den küçük çaplı havuçlarda ise 0.36 m/s bant hızında hatalı gruba düşen havuç bulunmazken, diğer düşük bant hızlarında ise hatalı gruba düşen havuç oranları %8.82 ile %9.80 olarak belirlenmiştir. Genel olarak kameranın KA_1 ayarında en düşük hata oranları V_3 bant hızında elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Gerçek zamanlı sınıflandırma makinesinde KA_1 ayarında hatalı gruba düşen havuç oranları

	Tekerrürler	Çap Aralıkları (mm)			
		< 24.9	25 -45	45.1 <	Eğri olanlar
V_1	T_1	5.89	8.37	19.15	4.16
	T_2	11.76	10.84	12.76	4.16
	T_3	11.76	7.88	17.02	0.00
	Ortalama	**9.80**	**9.03**	**16.31**	**2.77**
V_2	T_1	5.88	11.82	17.02	4.16
	T_2	8.82	7.39	12.77	4.16
	T_3	11.76	5.42	19.15	0.00
	Ortalama	**8.82**	**8.21**	**16.31**	**2.77**
V_3	T_1	0.00	7.39	17.02	0.00
	T_2	0.00	4.93	14.89	0.00
	T_3	0.00	3.94	17.02	0.00
	Ortalama	**0.00**	**5.42**	**16.31**	**0.00**

Gerçek zamanlı havuç sınıflandırma makinesinin KA_2 kamera ayarında elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Aynı Çizelgede görüldüğü gibi hatalı gruba düşen havuç oranları her üç bant hızında ve tüm çap aralıkların da %3.47 ile %22.55 arasında bir değişim göstermiştir. Üçüncü grup olan 45 mm'den büyük çap aralığında hatalı gruba düşen havuçların oranları %17.02 ile 19.86 arasında bir değişim göstermiştir. Eğri havuçlarda ise bu oranlar %3.47 ile %4.16 olarak bulunmuştur. İlgili standartta belirtilen ekstra havuçların çap aralıkları dikkate alındığında ise hatalı gruba

düşen havuç oranları %6.07 ile %8.70 arasında saptanmıştır. 25 mm'den küçük çap değerinde ise hatalı gruba düşen havuç oranlarının %12.74 ile %22.55 arasında değiştiği bulunmuştur. Bu kamera ayarında da en düşük hata oranlarının yine V_3 bant hızında elde edildiğini vurgulayabiliriz.

Çizelge 4.7. Gerçek zamanlı sınıflandırma makinesinde KA_2 ayarında hatalı gruba düşen havuç oranları

	Tekerrürler	Çap Aralıkları (mm)			
		< 24.9	25 -45	45.1 <	
V_1	T_1	11.76	6.89	21.28	6.25
	T_2	8.82	7.25	19.15	4.16
	T_3	17.65	6.89	14.89	2.08
	Ortalama	**12.74**	**7.01**	**18.44**	**4.16**
V_2	T_1	23.53	10.84	17.02	2.08
	T_2	11.76	6.89	23.4	4.16
	T_3	17.65	8.37	19.15	6.25
	Ortalama	**17.65**	**8.70**	**19.86**	**4.16**
V_3	T_1	20.59	6.4	17.02	4.16
	T_2	23.53	6.9	19.15	2.08
	T_3	23.53	4.92	14.89	4.16
	Ortalama	**22.55**	**6.07**	**17.02**	**3.47**

Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinde elde edilen hatalı gruba düşen havuç oranlarına, kamera ayarının ve bant hızının etkisinin belirlenmesi amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Bu değerlere önce Ryan-Joiner normal dağılım testi uygulanmış olup, test sonucunda *P* değeri > 0.10 olarak belirlenmiştir. Bu değer 0.05'den büyük çıktığı için dağılım, normal bir dağılım göstermiştir.

Hatalı gruba düşen havuç oranlarına, kamera ayarının (F=135.23), bant hızının (F=11.82) ve kamera ayarı x bant hızı interaksiyonunun (F=25.30) etkisi istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. M_3'de hatalı gruba düşen havuç oranlarına uygulanan varyans analizi

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
KA	1	66.432	66.432	135.23	0.000
BÇH	2	11.609	5.805	11.82	0.001
KA*BÇH	2	24.857	12.429	25.30	0.000
Hata	12	5.895	0.491		
Toplam	17	108.793			

Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi KA_1 kamera ayarında elde edilen hatalı gruba düşen havuç oranı değerleri, KA_2 kamera ayarında elde edilen hatalı gruba düşen havuç oranlarına göre daha düşük olarak belirlenmiştir. Bu farklılık aynı zamanda istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.9. M_3'de kamera ayarlarında elde edilen hatalı gruba düşen havuç oranlarının ortalamaları

KA	N	Hata oranı
1	9	7.981_a
2	9	11.823_b

Bant çevre hızı değerlerine uygulanan LSD sonuçları Çizelge 4.10'da görülmektedir. Çizelgenin incelenmesiyle en düşük hatalı gruba düşen havuç oranı V_3 bant hızında elde edilmiştir. Bu hıza göre diğer iki bant hızı arasında istatistiksel bir ilişki bulunmamıştır.

Çizelge 4.10. M_3'de bant çevre hızında hatalı gruba düşen havuç oranı değerlerine uygulanan LSD testi sonuçları

BÇH	N	Hata oranı
1	6	10.037_a
2	6	10.812_a
3	6	8.858_b

LSD=1.173

Kamera ayarı x bant çevre hızı interaksiyonuna uygulanan LSD testi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Uygulanan LSD testi sonucunda en düşük hatalı gruba düşen havuç oranı KA_1 kamera ayarında ve V_3 bant hızındaki KA_1V_3 interaksiyonunda elde edilmiştir

Çizelge 4.11. M_3'de Kamera ayarı x bant çevre hızı interaksiyonunda hatalı gruba düşen havuç oranı değerlerine uygulanan LSD testi sonuçları

A	BÇH	N	Hata oranı
1	1	3	9.480_b
1	2	3	9.030_b
1	3	3	5.433_c
2	1	3	10.593_b
2	2	3	12.593_a
2	3	3	12.283_a

LSD=1.658

4.2. Tartışma

Silindir aralık açıklığı ilerleme ile değişen enine merdaneli sınıflandırma makinesinde (M_1) elde edilen çap aralıkları, ekstra havuç sınıfına girmemektedir. Çap aralıkları dikkate alındığında, yanlış gruba giren en düşük hata oranı, 30- 62.5 mm çap aralığında %0.65 olarak elde edilmiştir. Bu aralıktaki boylama işlemi istenilen seviyede olmasına rağmen, ekstra sınıflandırma için bu çap aralığı uygun değildir. Ayrıca bu grupta, diğer gruplardan gelen havuçların bulunması dağılımın bozulmasına neden olmaktadır. Makinenin ikinci aralığı olan 21-29.9 mm çap aralığında ise hatalı gruba düşen havuç oranlarının ortalama değeri %94.13 olarak belirlenmiştir. Bu çap aralığı ile birinci ve dördüncü çap aralıklarında boylama etkinliği değerlerinin uygun olmadığı söylenebilir. Genel olarak sınıflandırma kalitesi değerlendirildiğinde, yanlış gruba düşen havuçların, birbiri üzerinde taşınarak diğer bölmelere geçmesinden hata oranının yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu olumsuz sonuç sınıflandırma makinesine, yıkama bandından gelen havuç miktarının azaltılması ile düzeltilebilir. Böylece havuçların, merdanelerin üzerinden birer birer hareket ettirilmesi sağlanabilir. Bu şekilde sınıflandırma kalitesinde belirgin bir artış sağlanabilir. Ancak paketleme tesisinde ikinci gruba düşen havuçlar, işletmede büyük boy olarak paketlenmektedir. Üçüncü grup olan 30- 62.5 mm çap aralığındaki havuçlar işçiler yardımıyla (çok iri ve kırıkları ayrılarak) iki gruba ayrılıp tekrar boylanıp, paketlenmektedir. Birinci ve dördüncü grupta bulunan havuçlar ise (çıtır ve takoz tabir edilen) hayvan yemi olarak satılmaktadır.

Silindir aralık açıklığı boyuna merdaneli sınıflandırma makinesinde (M_2) çap aralıklarının ekstra sınıf grubuna uygun olduğu görülmektedir. Silindir aralık açıklığı boyuna merdaneli sınıflandırma makinesinde, yanlış gruba giren havuç oranları için yapılan değerlendirmede, çap aralıkları dikkate alındığında en düşük hata oranı ortalama %18.39'luk oranla 44.6 mm'den büyük çap aralığında bulunmuştur. Bu sınıflandırma makinesinin üçüncü aralığı olan 27.6-44.5 mm çap aralığı ekstra havuç sınıflandırmasına uygun çap aralığında olmasına rağmen, hatalı gruba düşen havuç oranlarının ortalama değeri %46.06 olarak belirlenmiştir. Birinci ve ikinci gruba düşen hatalı havuç oranları sırasıyla %88.90 ile %72.22 olarak tespit edilmiştir. Genel olarak sınıflandırma kalitesi yönünden değerlendirildiğinde, ayırma etkinliğinin düşük olduğunu vurgulayabiliriz. Birinci ve ikinci bölmede yanlış gruba giren havuçların oranının yüksek olmasına, düşey silindiklerin uzun olması ve besleme yoğunluğundan dolayı, mil üzerinde eğilmeler meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu da zamanla

merdane aralıklarının büyümesine yol açmıştır. Ayrıca düşük devirlerde merdanelerin arasına havuçlar sıkışmakta ve zincir dişliler zorlanarak zincir atmaktadır. Bu nedenle düşük devirlerde havuçlarda kırılmalar meydana gelmektedir. Diğer sınıflandırma makinesinde olduğu gibi paketleme tesisinde ikinci gruba düşen havuçlar, işletmede büyük boy olarak paketlenmekte, üçüncü gruptaki havuçlar ise işçiler yardımıyla kırık olanlar ayrılarak, ekstra boy olarak paketlenmektedir. Denemeler sırasında alt ve üst merdanelerden geçen havuçlarda mekanik zedelenmeler ve kırılmalar gözlemlenmiştir.

Gerçek zamanlı çalışan görüntü işleme makinesinin (M_3) çap aralıkları istenildiği şekilde ayarlanabilmektedir. Bu nedenle istenilen havuç sınıfına uygun tasnif yapılabilir. Denemeler sonucunda ışık kaynakları açısından olumlu sonuç, sadece ışık kaynaklarının frekans farklılığından dolayı led ışık kaynağında elde edilmiştir. Burada karşılaşılan diğer problem ise akan görüntünün işlenmesinde oluşan gölgeler olmaktadır. Bu problemi de gidermek için kamera ayarlarında değişiklikler yapılmıştır. Kamera ayarlarının parlaklık, karşıtlık ve renk yoğunluğu değerleri değiştirilerek en az gölgelenmenin oluştuğu görüntüler elde edilmiştir. Ayrıca, taşıyıcı bantta oluşan lekeler ve çizgilerde program filtreleme algoritmaları ile yok edilmeye çalışılmıştır.

Birinci kamera ayarında parlaklık %70, karşıtlık %40 ve renk yoğunluk %55 olarak seçilmiştir. KA_1 kamera ayarında yapılan denemelerde yanlış gruba giren havuç oranları 0.36 m/s bant hızında ekstra sınıfa giren çap aralığı dikkate alındığında, makinenin %5.42 hata oranıyla çalıştığı belirlenmiştir. İkinci kamera ayarı olan KA_2'de ise aynı bant hızı ve çap aralığında makinanın hata oranı %6.07 olarak belirlenmiştir. Başka bir ifade ile makine %94.18 ve %93.93 sınıflandırma hassasiyetiyle çalışmaktadır.

Çizelge 4.8 ve 4.9'da görüldüğü gibi iki kamera ayarında 20 mm'den küçük çap aralığında, hatalı gruba düşen havuç oranları V_3 bant hızında farklılık göstermiştir. Birinci sınıf aralığında KA_1 kamera ayarında hata oranı bulunmazken, KA_2 kamera ayarında hata oranı %22.55 olarak bulunmuştur. Bu farklı hata oranlarının oluşmasına, KA_1'de elde edilen görüntülerde daha az gölge oluşumu neden olurken, KA_2'deki görüntülerde çap küçüklüğünden dolayı bantta oluşan çizgi ve lekelerin yok edilmesi için kullanılan filtreleme algoritmasından kaynaklanmıştır.

Büyük çap grubu olan 45 mm'den büyük çaplı havuçlarda V_3 bant hızında KA_1 kamera ayarında hata oranı %16.31 olarak gerçekleşirken, KA_2 kamera ayarında ise %17.02 olarak saptanmıştır. Büyük çaplı havuçlarda sınıflandırma hassasiyetinin azalmasına, çapın büyüklüğünden dolayı oluşan gölge büyüklüğü neden olmuştur.

Bant hızları arasında V_3 bant hızında sınıflandırma hassasiyetinin yüksek olmasına, diğer hızlardaki görüntü alımı ile yavaş hızdaki görüntü alımı arasındaki fark neden olmuştur (Çizelge 4.12). Bu sonuçlara paralel olarak Çizelge 4.13'de görüldüğü gibi KA_1V_3 interaksiyonu diğer parametrelere göre istatistiksel olarak farklılık göstermiştir.

.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Günümüzde bölgede havuç tarımında uygulanan üretim yöntemleri gelişmiştir. Özellikle toprak işlemede kullanılan dik rotovatörler havucun gelişimini ve kalitesini (çatallanma ve şekil bozukluğu) olumlu olarak artırmıştır. Ayrıca pnömatik hassas sebze ekim makineleri ile ekimin yapılması ve hasat makinelerinin bölge şartlarına uygun hale getirilmesi ile mekanizasyon uygulamaları gelişmiştir. Bu da verim değerlerine olumlu olarak etki yapmış ve 10-12 t/da ürün alınmasına neden olmuştur.

Bu olumlu gelişmelere karşılık havuçların sınıflandırılması ile ilgili çalışmalara paralel olarak gelişmemiştir. Havuç standardının ve bölgelerin taleplerinin belli olmasına rağmen sınıflandırma istenilen seviyede değildir. Başka bir deyişle havuçlar kalite sınıflarına göre ayrılmamaktadır.

Paketleme tesisleri havuçları insan iş gücü kullanarak; küçük (çıtır), kırık, yaralı, şekli bozuk ve çok irileri (takoz) ayırarak, herhangi bir boylama işleminden geçirmemektedir. Bazı paketleme tesisleri ise mekanik sınıflandırma makinelerinden geçirdiği havuçlardan sadece küçük ve büyük çaplı olanları ayırmaktadır.

Bölgede kapasitesi yüksek havuç paketleme tesisleri bir günde ortalama 35-40 işçi ile 50 tona kadar olan havucu elle paketlemektedir. Burada yıkama havuzundan gelen bant hızının yüksek olmasından dolayı mekanik sınıflandırıcılar ortalama 5 t/h'lik havucu sınıflandırmaktadır. Mekanik sınıflandırıcılar için bu besleme yoğunluğu değerinin düşürülmesi gerekmektedir, başka bir ifade ile sınıflandırma hassasiyetinin artırılması gerekmektedir. Geliştirilen gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinin kapasitesi ise yaklaşık 350 kg/h'dir. Ancak mekanik sınıflandırıcıların hata oranı yüksek olmasına rağmen, görüntü işleyici sınıflandırma makinesinin hata oranı seçilen parametrelere bağlı olarak %5.42 değerine kadar düşmüştür.

Mekanik sınıflandırma makinalarının hata oranının yüksek olduğu ve havuçlarda mekanik zedelenmelere neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca uygulamadaki paketlenmiş havuçların standartlara uygun olmadığı da saptanmıştır. Mekanik sınıflandırma makinaları paketleme tesislerinde, gerçekte sadece ön ayırma işleminde (küçük ve büyük çaplı havuçları ayırmada) kullanılmaktadır.

Görüntü işleyici sistemle çalışmada ise hata oranının mekanik sınıflandırıcılara göre çok düşük seviyelerde olduğu saptanmıştır. Programın geliştirilerek, havucun diğer

fiziksel özelliklerine göre de sınıflandırma yapılarak, işleme süresini kısaltılması yönünde çalışmalar yapılabilir. Böylece kapasite değeri artırılabilir.

5.2. Öneriler

Araştırma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde şu önerilerde bulunulabilir;

- Havuçların çaplarına göre sınıflandırılması ile piyasa değeri artacaktır. Bu da tarımsal üretim yapan işletmelere daha fazla katma değer sağlayacaktır. Bu nedenle havuçların mutlaka sınıflandırılarak piyasaya sürülmesi ve depolanması gerekmektedir.

- Kullanılan mekanik sınıflandırıcıların sınıflandırma etkinlikleri yeterli değildir. Bu nedenle havuç sınıflandırma için bu tip sınıflandırıcılar kullanılmamalıdır.

- Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinde, havuçlar ön işlemden geçirilmeli, küçük, büyük havuçlar ve yabancı cisimler ayrılmalıdır. Bu işlem mekanik bazı sistemlerle ya da insan iş gücüyle yapılabilir.

- Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinin geliştirilmesi için besleme düzeni tasarımı yapılmalıdır.

- Gerçek zamanlı görüntü işleyici sınıflandırma makinesinin bant hızının artırılması ve gerçek zamanlı kameraların ayarları ile ilgili çalışmalara devam edilmelidir.

- Paralel hatlar kurularak, görüntü işleyici sınıflandırma makinası paketleme tesislerinde kullanılabilir.

- Geliştirilen programın algoritmasında, isteğe bağlı olarak bazı bölümleri çıkarılarak birim havuç işleme süresi ortalama 25 ms'nin de altına düşürülebilir.

- Taşıyıcı bandın rengi ve kullanılacak ışık kaynağına göre yansımayacak şekilde seçilmelidir.

- Görüntü işlemesi makinası ile ekstra sınıf da ki sınır çap değerlerinde oluşan gölgelemenin daha da azaltılması için denemeler yapılmalıdır

- Görüntü işlemesi makinasında kullanılan yönlendirme kapak boyutları küçültülebilir böylece daha düşük güçlü servo motorlar seçilerek elektronik devrelerin arıza yapması azaltılabilir.

- Görüntü işleme makinası ileriye dönük olarak paketleme makinaları ile entegre edilebilir. Böylece kiloluk paketlemeler yapılabilir.

- Görüntü işleyici sistem ile değişik tarımsal ürünlerin sınıflandırılması da yapılabilir. Hıyar, patlıcan, kabak ve dolmalık biber gibi tarımsal ürünlerin sınıflandırılması da düşünülebilir.

- Sınıflandırma kalitesinin artması ile küçük ve büyük çaplı havuçların değerlendirilmesi için (hayvan yemi olarak, değişik boyutlarda kurutulması ve değişik ebatlarda kesilerek dondurulmuş hazır gıda olarak) tarıma dayalı gıda sektörünün gelişmesine katkı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Anonim, 2007, Havuç Türk Standartları, TS 1193 / Aralık 2007, TSE, Ankara.

Anonymous, 2014, http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx [Ziyaret Tarihi: 31.07.2014].

Al-Mallahi, A., T. Kataoka, H. Okamoto, Y. Shibata, 2010, An image processing algorithm for detecting in-line potato tubers without singulation, *Computers and Electronics in Agriculture*,70, 239–244.

Atay, Ü., 2007, Antepfıstığında Kullanılan Sınıflandırma Sistemlerinin İncelenmesi ve Alternatif Bir Sınıflandırma Sisteminin Tasarımı, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, Şanlıurfa.

Beyaz, A., 2008, Elmalarda Mekanik Zedelenmenin Görüntü Analiz Tekniği ile Belirlenmesi, , Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı,* Ankara.

Blasco, J., N. Aleixos, E. Molto, 2003, Machine Vision System for Automatic Quality Grading of Fruit, *Biosystems Engineering*, 85 (4), 415-423.

Bradski G. and Kaehler A., 2008, *Learning OpenCV*, Repkover, *United States of America*, ISBN: 978-0-596-51613-0.

Bulanon D. M, Kataoka T., 2010, Fruit Detection System and an End Effector For Robotic Harvesting Of Fuji Apples, *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 12 (1), 203- 210.

Clement, J., N. Novas, J. A. Gazquez, F. Manzano-Agugliaro, 2013, An active contour computer algorithm for the classification of cucumbers, *Computers and Electronics in Agriculture*, 92, 75–81.

Çolak, Y., Öztürk, R., 2000, Havuç Boylama Makinesi Tasarımı, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 120- 123.

Davenel, A., CH., Guizard, T., Labarre, F., Sevila, 1988, Automatic Detection of Surface Defects on Fruit by using A Vision System, *The British Society for Research in Agricultural Engineering*, 41, 1-9.

Değirmencioğlu, G., 2008, Ağırlık Duyarlı Elma Sınıflandırma Otomasyonunun Tasarımı ve Prototip İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı*, Isparta.

Doğan, T, Günver, G., Ertan, E., Çoruh, D., 2001, Bursa Siyah İncir Çeşidinin Hasadında Görüntü Algılama Üzerine Bir Araştırma, *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi*, 493- 498, Şanlıurfa.

Dursun, E. ve Göknur- Dursun, İ., 2000, Ekim Makinası Sıra Üzeri Tohum Dağılımının Görüntü İşleme Yöntemi ile Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi,* 6(4), 21- 28.

Düzgüneş O, Kesici T, Gürbüz F., 1987, İstatistik metotları II, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 1021, Ankara.

Er, O., 2011, Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak Elma Tasnifleme, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı*, Isparta.

Feng, G., Qixin, C., 2004, Study on Color Image Processing Based Intelligent Fruit Sorting System, *Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation*, 6, 4802-4805, China.

Gonzalez R. C., Woods R. E., 2008, *Digital Image Processing*, Pearson International Edition, Pearson Prentice Hall, United States of America, ISBN: 0-13-168728-x 978-0-13-168728-8.

Göknur-Dursun, İ., 2001, Bazı Taneli Ürünlerin İzdüşüm Alanlarının Görüntü İşlemeyle Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3), 102- 107.

Günaydın L., 2001, Kuru Soğanın Sınıflandırılmasında Kullanılacak Makinalarda Tasarım Parametrelerinin Saptanması ve Yöreye Uygun Sınıflandırma Makinesinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, Edirne.

Hahn, F., S. Sanchez, 2000, Carrot Volume Evaluation Using Imaging Algorithms, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 75(3), 243-249.

Işık, E., Güler, T., 2003, Elma Yüzey Alanlarının Görüntü İşleme Tekniği Yöntemiyle Saptanması, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1): 59-64, Bursa.

Jafari, A., Mohtasebi, S. S., Eghbali, H., J. and Omid, M., 2006, Weed Detection İn Sugar Beet Field Using Machine Vision, *Internatıonal Journal Of Agriculture & Biology*, 8 (5), 602- 605.

Jeon, H.Y., Tian, L.F. And Zhu, H. 2011, Robust Crop and Weed Segmentation under Uncontrolled Outdoor Illumination, *Sensors*, 11, 6270- 6283.

Kabaş, Ö., 2002, Antalya İlinde Bulunan Bazı Meyve Sebze paketleme ve Sınıflandırma Tesislerinin Yapısal ve Karakteristik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya.

Kabaş, Ö., Özmerzi, A. 2010, "Balo" Tipi Dolmalık Biberin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Görüntü İşleme Yöntemiyle Belirlenmesi, *Tarımsal Mekanizasyon 26. Ulusal Kongresi*, 51-55, Hatay.

Kahya, E., 2012, Elma ve Kivi Çeşitlerinin Hasada Yönelik Özelliklerinin Saptanması ve Robotla Hasat Olanakları, Doktora Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, Tekirdağ.

Karabacak, H., 2007, Bitki Yüzey Artığı Kaplama Oranının Görüntü İşleme Tekniğiyle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, Ankara.

Karakoç, M., 2012, "İnternet üzerinde görüntü işleme", http://inet-tr.org.tr/inetconf16/ bildiri /67.pdf [Ziyaret Tarihi: 22.08.2014].

Kavdır, I., Guyer, D. E., 2002, Apple Sorting Using Artificial Neural Networks And Spectral Imaging, *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 45(6), 1995- 2005.

Kavdır, İ., Kavdır, Y. ve Turhan., H. 2004, Dijital Görüntü Kullanarak Buğday Bitkisinde Azot Durumunun Tahmini, *Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi*, 114-122, Aydın.

Kırkaç, Ç., 2005, İlaç Damlacık Dağılımının Görüntü Analiziyle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı*, Ankara.

Kitamura, S, K. Oka, F. Takeda, 2005, Development of Picking Robot in Greenhouse Horticulture, *SICE Annual Conference*, 3176- 3179, Japan.

Kleynen O., V. Leemans, and M.-F. Destain, 2005, Development of a multi-spectral vision system for the detection of defects on apples, *Journal of Food Engineering*, 69 (1), 41- 49.

Kurtulmuş F., 2012, Olgunlaşmamış Şeftali Meyvesini Doğal Bahçe Koşullarında Alınmış Görüntülerde Görüntü İşleme Teknikleri Ve Yapay Sınıflandırıcılarla Saptayarak Sayan Algoritmaların Geliştirilmesi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.

Liming, X., Z. Yanchao, 2010, Automated strawberry grading system based on image processing, *Computers and Electronics in Agriculture*,71, 32-S39.

Li, J. C., S. Chen, Y. L. Chen, Y. C. Chiu, W. T. Tu, and P. J. Pan, 2010, Study on machine vision system for tomato picking robot. *The 5th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering (2010 ISMAB)*, B1-10, Japan, Fukuoka.

Mao W, Ji B, Zhan J, Zhang X, Hu X. 2009, Apple Location Method For the Apple Harvesting Robot, *Image and Signal Processing, 2009. CISP '09. 2nd International Congress on*, ISBN:978-1-4 244-4229-7,Chine.

Masoumi, A., 2013, Görüntü İşleme Tekniği İle Ekmeklik Buğday Çeşidinde Kaliteye Esas Bazı Özelliklerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, İzmir.

Mohsenin, N. N., 1980, Physical Properties of Plant and Animal Materials, *Gordon and Breach Science Publishers*, New York, London, Paris.

Mustafa, M.M, Hussain, A., Ghazali, K.H., Riyadi, S., 2007, Implementation of image processing technique in real time vision system for automatic weeding strategy, *2007 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology*, 632-635.

Neuman M.R., Sapirstein H.D., Shwedyk E. and Bushuk W., 2009, Wheat grain colour analysis by digital image processing II.wheat class discrimination, *Journal of Cereal Science*, 10(3), 183-188.

Njoroge, J.B., Ninomiya, K., Kondo, N., Toita, H., 2002, Automated Fruit Grading System Using Image Processing, *SICE 2002. Proceedings of the 41st SICE Annual Conference*, 1346-1351, Osaka.

Ostrozlik, M. 1990. Analysis of Belgium Carrot Sorting. Zemedelska-Technika. 36(5), 277-284.

Örge, G., İ.H. Çelen, E. Önler, 2012, Farklı Kültür Bitkilerinin Renk Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma, *27. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, 399-405, Samsun.

Özgüven, F., Vursavuş, K., 2009, Meyvelerin Sertlik Algılamalarında Çarpma Parametrelerinin Kullanılması, *Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Sonuç Raporu,* Proje No: ZF.2008.BAP10, Adana.

Öztürk, R., 1988, Bazı meyve ve sebzelere uygun kombine tip boylama makinelerinin yapısal karakteristikleri, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı*, Doktora Tezi, Ankara.

Patel, H.N, Jain R.K, 2012, On-Line Quality Assessment of Horticultural Products Using Machine Vision, International Journal of Scientific & Technology Research Volume 1, Issue 9, 80-84.

Pla, F., Sanchiz, J.M., Sanchez, J.S., Ugolini, N., Diaz, M., 1997, A Machine Vision System for on-Line Fruit Colour Classification, CICYT Project No: 1FD97-0977-C02-02A.

Sabancı, K., 2013, Şeker Pancarı Tarımında Yabancı Ot Mücadelesi İçin Değişken Düzeyli Herbisit Uygulama Parametrelerinin Yapay Sinir Ağlarıyla Belirlenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, Konya.

Sarıca, Y., 2012, Elma, Domates Ve Narenciye İşleme, Elektronik Sınıflandırma ve Paketleme Tesislerinde Ürünlerin Renk Ve Boyut Özelliklerine Göre Ayrılması, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, Kahramanmaraş.

Sert E., D. Taşkın , N. Suçsuz. 2010, Görüntü İşleme Teknikleri ile Şeftali ve Elma Sınıflandırma, *Trakya Universitesi. J. Sci.*,11 (2), 82- 88.

Shahin, M.A. and Symons, S.J., 2002, Instrumental colour and size grading of pulse grains, *Proceedings of the World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources*, 107-113.

Sofu, M.M., O. Er, M.C. Kayacan, B. Cetişli, 2013, Elmaların Görüntü İşleme Yöntemi ile Sınıflandırılması ve Leke Tespiti, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 8 (1), 12- 25.

Söyler, O., 2009, Hatay Bölgesindeki Turunçgil Paketleme Tesislerinin Teknik Özelliklerinin Tespiti, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yollarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

Söyler, O., Özcan, M.T., 2009. Hatay Bölgesindeki Turunçgil Paketleme Tesislerinin Teknik Özellikleri. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 295–303, 1–3 Ekim 2009, Isparta.

Taşeri, L., 1998, Optik Sistem Kullanılarak Domateslerin Rengine Göre Sınıflandırılması Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ.

Taşeri, L., B. Eker, B. Aydoğdu, 2000, Domateslerin Rengine Göre Sınıflandırılmasında Bilgisayarın Kullanımı, *Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi*, Erzurum, 309-313.

Tonguç, G., 2007, Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Meyve Tasnifi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı*, Isparta.

Tonguç, G., Yakut, A.K., 2009, Fruit Grading Using Digital Image Processing Techniques, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 5(1), 93–101.

Toylan, H., 2012, Yapay zeka örüntü tanıma algoritması kullanarak sınıflandırma otomasyonunun tasarımı, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Edirne.

Unay, D., B. Gosselin, O. Kleynen, V. Leemans, M.F. Destain, O. Debeir, 2011, Automatic grading of Bi-colored apples by multispectral machine vision, *Computers and Electronics in Agriculture*, 75, 204–212.

Ünal, İ., 2012, GPS Yönlendirmeli Tarımsal Bir Robotun Geliştirilmesi ve Anız Yoğunluğunun Belirlenmesi Örneğinde Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, Antalya.

Vursavuş, K.K., Özgüven, F., 2008, Modeling the Mass of Oranges by Geometrical Properties, *10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture*, 14-17 October, 745-751, Antalya.

Wiles, L.J. 2011, Software to quantify and map vegetative cover in fallow fields for weed management decisions, *Computers and Electronics in Agriculture*,78, 106-115.

Xiao-bo, Z., Jie-wen, Z., Yanxiao, L., Holmes, M., 2010, In-line detection of apple defects using three color cameras system, *Computers and Electronics in Agriculture*, 70, 129-134.

Yıldırım K.S, İnce C, Kalaycı T.H., 2003, Görüntü işleme, http://yzgrafik.ege.edu.tr/~tekrei/dosyalar/sunum/gi.pdf [Ziyaret Tarihi,01.08.2014].

Yılmaz, Y. ve Başçetinçelik, A. 2003, Sera Ortamında Bitki Gelişiminde Görüntü İşleme Yöntemlerinin Kullanılması Üzerine Bir Araştırma, *Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi*, 376–382, Konya.

EKLER

EK 1. Encoder ve Fotosel devresine ait PIC programı*

```
#CONFIG  __config _HS_OSC & _WDT_OFF  & _LVP_OFF & _CP_ON
#ENDCONFIG
DEFINE  OSC 20
DEFINE HSER_BAUD 38400
DEFINE HSER_RCSTA 90h ' Enable serial port & continuous receive
DEFINE HSER_TXSTA 20h ' Enable transmit, BRGH = 0
DEFINE HSER_CLROERR 1 ' Clear overflow automatically

        FT1 VAR PORTA.3
        FT2 VAR PORTA.2
        ENC VAR PORTB.0

INPUT FT1:INPUT FT2:INPUT ENC

FT1=0:FT2=0:ENC=0

        DATA1 VAR BYTE
        DATA1=xxxxx

        ADCON1=7
        INTCON=0

ON INTERRUPT GoTo KESME

        OPTION_REG=%11000000
        INTCON=%10010000
MAIN:

IF FT1=1 THEN
          DATA1.1=xxxxx
ELSE
          DATA1.1=xxxxx
ENDIF

IF FT2=1 THEN
          DATA1.2=xxxxx
        ELSE
          DATA1.2=xxxxx
ENDIF

GOTO MAIN

 DISABLE

KESME:

IF ENC=1 THEN
        DATA1.0=xxxxx
ENDIF

HSEROUT [DATA1]
PAUSE 5
DATA1.0=0
HSEROUT [DATA1]
INTCON.1=0
Resume
Enable

END
```

* Kod üzerinde bazı değişkenler gizlenmiştir.

EK 2. Servo motor sürücü devresine ait PIC programı*

```
#include "hvc.h"
int16 pals=0;
int8 tur=0;
int8 gorev[3];
int16 encoder=0;

#int_EXT
void  EXT_isr(void)

{
  disable_interrupts(INT_EXT);
  disable_interrupts(INT_RDA);
  pals++;
  if(pals>encoder)

{
    pals=0;
tur++;
}
  enable_interrupts(INT_EXT);
  enable_interrupts(INT_RDA);
}

#int_RDA
void  RDA_isr(void)

{
  disable_interrupts(INT_RDA);
  gorev[0]=getc();
  gorev[1]=getc();
  gorev[2]=getc();
  enable_interrupts(INT_RDA);
}
void led_durum()

{
output_bit(led,0);
delay_ms(75);
output_bit(led,1);
delay_ms(75);
output_bit(led,0);
delay_ms(75);
output_bit(led,1);
delay_ms(75);
output_bit(led,0);
delay_ms(200);
}

#int_TBE
void  TBE_isr(void)
{
disable_interrupts(INT_TBE);
}
void led_durum_2()

{
output_bit(led,0);
delay_ms(300);
output_bit(led,1);
delay_ms(100);
output_bit(led,0);
delay_ms(100);
output_bit(led,1);
delay_ms(300);
output_bit(led,0);
delay_ms(150);
}

int16 sensor_oku()

{
int16 sensor=0x00;
sensor  =sensor| input(giris1);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris2);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris3);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris4);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris5);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris6);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris7);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris8);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris9);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris10);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris11);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris12);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris13);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris14);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris15);
sensor  =sensor<<1;
sensor  =sensor| input(giris16);
  return sensor;
}


void valf_kontrol(int16 konum)
{
  int8 i,temp;
  output_bit(enable,0);
  for(i=0; i<16; i++)

{
    output_bit(clock,0);
    temp=konum&0x01;
    if(temp)


{
      output_bit(data,1);
}else

{
      output_bit(data,0);
}
    output_bit(clock,1);
konum=konum>>1;
}
  output_bit(enable,1);
}
```

```
int16 yap_16_bit(int8 *gorev)
{
  int16 temp=0;
  temp=temp|gorev[1];
  temp=temp<<8;
  temp=temp|gorev[2];
  return temp;
}


void init()
{
  setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
  setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);
  setup_psp(PSP_DISABLED);
  setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
  setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
  setup_timer_1(T1_DISABLED);
  setup_timer_2(T2_DIV_BY_1,249,1);
  setup_ccp1(CCP_PWM);
  setup_ccp2(CCP_OFF);

set_pwm1_duty(0);
  setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
  setup_vref(FALSE);
  ext_int_edge(L_TO_H);
  enable_interrupts(INT_EXT);
  enable_interrupts(INT_TBE);
  enable_interrupts(INT_RDA);
  enable_interrupts(GLOBAL);
  gorev[0]=0;
  gorev[1]=0;
  gorev[2]=0;
  pals=0;

tur=0;
  encoder= encoder|read_eeprom(1);
  encoder=encoder<<8;
  encoder= encoder|read_eeprom(2);
  output_bit(led,1);
}

void pwm_ayarla(int8 duty)

{
set_pwm1_duty(duty);
}
void main()

{
  init();
  delay_ms(500);
  output_bit(led,0);
  while(1)
{

printf("%Lu+%u+%Lu+%Lu\n",pals,tur,sensor_oku(),y
          ap_16_bit(gorev));
  if(gorev[0]==xxxx)//valf kontrol

{
valf_kontrol(yap_16_bit(gorev));
  led_durum_2();
  gorev[0]=xxxx;
}


 if(gorev[0]==xxxx)//pwm ayarı

{
    pwm_ayarla(gorev[1]);
    led_durum_2();
    gorev[0]=xxxx;
}


  if(gorev[0]==0x63)//encoder pals oku

{
    char komut='e';
    printf("%c+%Lu\n",komut, encoder);
    gorev[0]=xxxx;
    led_durum_2();
}


  if(gorev[0]==xxxx)//kart reset
{
   led_durum_2();
   gorev[0]=xxxx;
   reset_cpu();
}


  if(gorev[0]==xxxx)//encoder pals yaz
{
    encoder= 0;
    encoder = encoder | gorev[1];
    encoder = encoder << 8;
    encoder = encoder | gorev[2];
    write_eeprom(1,gorev[1]);
    write_eeprom(2,gorev[2]);
    gorev[0]=xxxx;
    led_durum_2();
}



  if(gorev[0]==xxxx)//kart reset
{
   printf("2400+None+One+8\n");
   gorev[0]=xxxx;
}
  led_durum();
}
}
```

* Kod üzerinde bazı değişkenler gizlenmiştir.

EK 3. Visual Studio 2011 C++, OpenCV ile Carrots.cpp Program

```
// Carrots.cpp :
// Defines the exported functions
// for the DLL application.
//

#include "stdafx.h"
#include <cv.h>
#include <cxcore.h>
#include <cxcore.hpp>
#include <highgui.h>
#include <string>
#include <math.h>

#define DllExport   __declspec( dllexport )
#define PI 3.14159265

namespace carrotsdll
{
public ref class Carrotsdll
{

public:
            IplImage* frame;
IplImage* framecam;
public:
            CvMat* dst;
public:
            IplImage* des_img;
public:
            CvCapture* capture;
public:
            IplImage* tgray;
public:
            IplImage* gray;
public:
            int width;
public:
            int height;
public:
      int orient_angle;
public:
      double y1,y2,x1,x2,a;
public:
            Carrotsdll(void)
            { }
public:
          void RemoveNoise(IplImage * src){
          CvSize size;

//get the size of input_image (src)
CvSize sz = cvSize( src->width & -2, src->height& -2
);

//create temp-image
IplImage* pyr = cvCreateImage(
cvSize(sz.width/2,sz.height/2),src
>depth,src->nChannels );
cvPyrDown( src, pyr, 7 );

//pyr DOWN
          cvPyrUp( pyr, src, 7 );//and UP
          cvReleaseImage(&pyr);
//release temp
          }

public:
      void PushCameraImg()
{
      cvSaveImage("test.jpg",framecam);
}
public:
      void Carrotsdll::cornerHarris_Image( int a , int
          b , float c)
{
CvSeq* contours = 0;
CvMemStorage*storage=
cvCreateMemStorage(0);
CvScalar black         = CV_RGB( 0, 0, 0 );
// black color
CvScalar white         = CV_RGB( 255, 255, 255 );
// white color
RemoveNoise(gray);
cvFindContours( gray, storage, &contours,
sizeof(CvContour),CV_RETR_LIST,
CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE, cvPoint(0,0) );
double area;
CvSize size;

IplImage*gray_filter=
cvCreateImage(cvGetSize(gray), 8, 1);
cvZero(gray_filter);

   while( contours )   // loop over all the contours?
          {
area = cvContourArea( contours,
CV_WHOLE_SEQ );

if( fabs( area ) <= 600 )
// if the area of the contour is less than threshold
          remove it
          {
// draws the contours into a new image
          cvDrawContours( gray_filter, contours,
          black, black, -1, CV_FILLED, 8 );
// removes white dots?
          }
          else
          {
          cvDrawContours( gray_filter, contours,
          white, white, -1, CV_FILLED, 8 );
// fills in holes?
          }
          contours = contours->h_next;
// jump to the next contour?
          }

cvCanny( gray_filter, gray,50,50 );

//cvNamedWindow("Contours_filled",
          CV_WINDOW_AUTOSIZE);
 //cvShowImage ("Contours_filled", gray);
   cvSaveImage("contours.jpg",gray);
IplImage*harris_mg =
cvCreateImage(cvSize(frame->width/3,
frame->height/3),frame->depth,
frame->nChannels);

cvCornerHarris(gray, harris, a, b, c);

cvNamedWindow("Harris",
CV_WINDOW_AUTOSIZE);

cvShowImage ("Harris", harris);   */
   IplImage* harris_mg =
```

```
cvCreateImage(cvSize(frame->width, frame-
        >height),frame->depth, frame-
        >nChannels);

        int rows=gray->height;
          int cols=gray->width;
          int thresh=100;

//double img_vec[][] = new double[rows][cols];
           CvScalar mk;
           thresh = 128;
CvFont font;
double hScale=1.0;
double vScale=1.0;
int    lineWidth=1;

CvPoint mixxx=cvPoint(gray->width,100);
CvPoint maxxx=cvPoint(0,100);

for( int j = 0; j <rows ; j++ )
{ for( int i = 0; i < cols; i++ )
{
        mk= cvGet2D(gray,j,i);
        double val= mk.val[0];
       if( (int)val > thresh )
{
          if(i < mixxx.x)
{
          mixxx.x=i;
             mixxx.y=j;
}
          if(i > maxxx.x)
{
             maxxx.x=i;
             maxxx.y=j;
}}}}

CvPoint mixxx=cvPoint(100,gray->height);
CvPoint max_j=cvPoint(100,0);

for( int i = 0; i <cols ; i++ )
{ for( int j = 0; j < rows; j++ )
{
                    mk= cvGet2D(gray,j,i);
                    double val= mk.val[0];
       if( (int)val > thresh )
{
          if(j < mixxx.y)
{
             mixxx.x=i;
             mixxx.y=j;
}
          if(j > max_j.y)
{
             maxxx.x=i;
             maxxx.y=j;
}}}}
      y1=  (double)mixxx.y;
      y2=  (double)maxxx.y;
      x1=  (double)mixxx.x;
      x2=  (double)maxxx.x;
a =  (y1-y2)/(x1-x2);

     //orient_angle= atan(a);
      mixxx= rotatePoint(mixxx, maxxx,GetOrient()*
         -PI/180);
      maxxx= rotatePoint(maxxx,
         maxxx,GetOrient()* -PI/180);
      mixxx= rotatePoint(mixxx, maxxx,GetOrient()*
         -PI/180);
      cvCircle( harris_mg, mixxx, 5,
         cvScalar(0,255,0), 2, 8, 0 );
      cvCircle( harris_mg, maxxx, 5,
         cvScalar(0,255,0), 2, 8, 0 );
cvCircle( harris_mg, mixxx, 5,
cvScalar(0,255,0), 2, 8, 0 );
cvCircle( harris_mg, maxxx, 5,
cvScalar(0,255,0), 2, 8, 0 );

cvLine( harris_mg, mixxx, mixxx,
cvScalar(255,0,0), 3, 8 );
      cvLine( harris_mg, mixxx, maxxx,
         cvScalar(255,0,0), 3, 8 );
      cvLine( harris_mg, maxxx, maxxx,
         cvScalar(255,0,0), 3, 8 );
      cvLine( harris_mg, maxxx, mixxx,
         cvScalar(255,0,0), 3, 8 );

      height=  maxxx.y - mixxx.y;
      width=  maxxx.x - mixxx.x;

//cvNamedWindow("Carrot_measure",
         CV_WINDOW_AUTOSIZE);
//cvShowImage ("Carrot_measure", harris_mg);

cvSaveImage("Carrot_measure.jpg",harris_mg);

/// Drawing a circle around corners
}
public:
         void Carrotsdll::cornerHarris_demo( int a ,
         int b , float c)
{
CvSeq* contours = 0;
CvMemStorage* storage =
         cvCreateMemStorage(0);
CvScalar black         = CV_RGB( 0, 0, 0 ); // black
         color
CvScalar white         = CV_RGB( 255, 255, 255 );
         // white color

RemoveNoise(gray);
cvFindContours( gray, storage, &contours,
         sizeof(CvContour),CV_RETR_LIST,
         CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE, cvPoint(0,0) );
       double area;
       CvSize size;

IplImage* gray_filter =
         cvCreateImage(cvGetSize(gray), 8, 1);
cvZero(gray_filter);

   while( contours )   // loop over all the contours?
         {
         area = cvContourArea( contours,
         CV_WHOLE_SEQ );
         if( fabs( area ) <= 600 )  // if the area of the
         contour is less than threshold remove it
         {
         // draws the contours into a new image
         cvDrawContours( gray_filter, contours,
         black, black, -1, CV_FILLED, 8 ); // removes
         white dots?
         }
         else
         {
         cvDrawContours( gray_filter, contours,
         white, white, -1, CV_FILLED, 8 ); // fills in
         holes?
         }
```

```
            contours = contours->h_next;    // jump to
            the next contour?
            }
     cvCanny( gray_filter, gray,50,50 );
    //cvNamedWindow("Contours_filled",
            CV_WINDOW_AUTOSIZE);
   // cvShowImage ("Contours_filled", gray);
    cvSaveImage("contours.jpg",gray);

/*          IplImage* harris =
            cvCreateImage(cvGetSize(gray),
            IPL_DEPTH_32F, 1);
IplImage* harris_mg =
            cvCreateImage(cvSize(frame->width/3,
            frame->height/3),frame->depth,frame-
            >nChannels);
cvCornerHarris(gray, harris, a, b, c);
cvNamedWindow("Harris",
            CV_WINDOW_AUTOSIZE);
cvShowImage ("Harris", harris);   */

IplImage* harris_mg =
            cvCreateImage(cvSize(framecam->width,
            framecam->height),framecam-
            >depth,framecam->nChannels);
              int rows=gray->height;
              int cols=gray->width;
              int thresh=100;
//double img_vec[][] = new double[rows][cols];
              CvScalar mk;
              thresh = 128;

double hScale=1.0;
double vScale=1.0;
int    lineWidth=1;

CvPoint mixxx=cvPoint(gray->width,100);
CvPoint maxxx=cvPoint(0,100);


for( int j = 0; j <rows ; j++ )
{ for( int i = 0; i < cols; i++ )
{
            mk= cvGet2D(gray,j,i);
            double val= mk.val[0];
           if( (int)val > thresh )
{
              if(i < mixxx.x)
{
                 mixxx.x=i;
                 mixxx.y=j;
}
              if(i > maxxx.x)
{
                 maxxx.x=i;
                 maxxx.y=j;
}}}}

CvPoint mixxx=cvPoint(100,gray->height);
CvPoint maxxx=cvPoint(100,0);
for( int i = 0; i <cols ; i++ )
{ for( int j = 0; j < rows; j++ )
{
                        mk= cvGet2D(gray,j,i);
                        double val= mk.val[0];
          if( (int)val > thresh )
{
              if(j < mixxx.y)
{
                 mixxx.x=i;
                 mixxx.y=j;
}
              if(j > maxxx.y)
{
                 maxxx.x=i;
                 maxxx.y=j;
}}}}
y1=  (double)mixxx.y;
            y2=  (double)maxxx.y;
            x1=  (double)mixxx.x;
            x2=  (double)maxxx.x;
            a =  (y1-y2)/(x1-x2);
       //orient_angle= atan(a);
        mixxx= rotatePoint(mixxx, maxxx,GetOrient()*
            -PI/180);
        maxxx= rotatePoint(maxxx,
            maxxx,GetOrient()* -PI/180);
        mixxx= rotatePoint(mixxx, maxxx,GetOrient()*
            -PI/180);

cvCircle( harris_mg, mixxx, 5,  cvScalar(0,255,0), 2,
8, 0 );
cvCircle( harris_mg, maxxx, 5,  cvScalar(0,255,0),
            2, 8, 0 );
cvCircle( harris_mg, mixxx, 5,  cvScalar(0,255,0), 2,
            8, 0 );
cvCircle( harris_mg, maxxx, 5,  cvScalar(0,255,0),
            2, 8, 0 );
  cvLine( harris_mg, mixxx, mixxx, cvScalar(255,0,0),
            3, 8 );
   cvLine( harris_mg, mixxx, maxxx,
            cvScalar(255,0,0), 3, 8 );

cvLine( harris_mg, maxxx, maxxx,
            cvScalar(255,0,0), 3, 8 );
        cvLine( harris_mg, maxxx, mixxx,
            cvScalar(255,0,0), 3, 8 );
        height=  maxxx.y - mixxx.y;
        width=  maxxx.x - mixxx.x;

         //cvRotate(harris_mg, GetOrient());
        //cvrotate(harris_mg, GetOrient(), harris_mg);
        //cvNamedWindow("Carrot_measure",
            CV_WINDOW_AUTOSIZE);
       //cvShowImage ("Carrot_measure",
            harris_mg);
     cvSaveImage("Carrot_measure.jpg",harris_mg);
}
public:
        CvPoint Carrotsdll::rotatePoint(CvPoint p1,
            CvPoint center, double angle)
{
              double x=   (double)p1.x -
            (double)center.x;
              double y=   (double)p1.y -
            (double)center.y;
              p1.x=  (int)(x  * cos(angle)  -  y *
            sin(angle));
              p1.y=  (int)(x  * sin(angle)  +  y *
            cos(angle));
              p1.x=p1.x+center.x;
              p1.y=p1.y+center.y;
              return p1;
}
public:
double Carrotsdll::Gety1()
               {
            Return y1;
}
 public:
              double Carrotsdll::Gety2()
              {
```

```
        return y2;
}
public:
            double Carrotsdll::Getx1()
            {
        return x1;
}
public:
            double Carrotsdll::Getx2()
            {
        return x2;
}
public:
            double Carrotsdll::GetOrient()
            {
                        double value=(y1-y2)/(x1-x2);
                        return  atan (value) * 180 / PI;
}
public:
            int Carrotsdll::GetHeight()
            {
return height;
}
      int Carrotsdll::GetWidth()
            {
        return width;
}
public:
            int Carrotsdll::OpenCamera(int cam_no)
            {
          capture = cvCaptureFromCAM(cam_no);
          cvNamedWindow( "mywindow1",
          CV_WINDOW_AUTOSIZE );
          if ( !capture ) {
          getchar();
          return 0;    }
            return 1;  }
            int Carrotsdll::ShowImage()
            {
            framecam = cvQueryFrame( capture );
            cvShowImage( "mywindow1", framecam
          );
            if ( (cvWaitKey(10) & 255) == 32 )
            return 0;
            }
int Carrotsdll::AnalyseImageFromCam()
        {
cvSetCaptureProperty(capture,CV_CAP_PROP_EX
        POSURE,10);
framecam = cvQueryFrame( capture );
cvShowImage( "mywindow1", framecam );

//cvNamedWindow( "real_img",
        CV_WINDOW_AUTOSIZE );
//cvNamedWindow( "canny_img",
        CV_WINDOW_AUTOSIZE );
//cvNamedWindow( "gray_img",
        CV_WINDOW_AUTOSIZE );
//framecam = cvQueryFrame( capture );

des_img=cvCreateImage(cvSize(framecam-
        >width, framecam->height),framecam-
        >depth,framecam->nChannels);


            cvResize(framecam,des_img,CV_INTER_L
          INEAR);
            CvSize sz = cvSize( des_img->width & -2,
          des_img->height& -2 );
            tgray = cvCreateImage( sz, 8, 1 );
            gray = cvCreateImage( sz, 8, 1 );
            cvCvtColor( des_img, tgray,
          CV_RGB2GRAY );

//cvShowImage( "gray_img", tgray );
cvSaveImage("gray_img.jpg",tgray);

            cvThreshold(tgray,tgray,100,255,CV_THRE
          SH_BINARY);
            cvSmooth(tgray, tgray,
          CV_GAUSSIAN,3,3);
            cvCanny( tgray, gray,100,50 );

            //Resim objesi üzerinde hatlar gaussian
          filtresinden geçirilir.
            //cvSmooth( frame, frame,
          CV_GAUSSIAN, 3, 3 );
            //Canny edge detection algoritmasıyla
          resim üzerindeki kırılım noktaları bulunur.
            //cvCanny(frame,frame,150, 50);
            //cvShowImage( "real_img", des_img );

      cvSaveImage("real_img.jpg",des_img);
          //cvShowImage( "canny_img", gray );
            return 0;
            }
            int Carrotsdll::AnalyseImage(const char*
          a)
            {

            //cvNamedWindow( "real_img",
          CV_WINDOW_AUTOSIZE );
            //cvNamedWindow( "canny_img",
          CV_WINDOW_AUTOSIZE );
//cvNamedWindow( "gray_img",
          CV_WINDOW_AUTOSIZE );

          frame =cvLoadImage(a);
          des_img=cvCreateImage(cvSize(frame-
          >width, frame->height),frame-
          >depth,frame->nChannels);
          cvResize(frame,des_img,CV_INTER_LINEAR)
          ;
          CvSize sz = cvSize( des_img->width & -2,
          des_img->height& -2 );
          tgray = cvCreateImage( sz, 8, 1 );
          gray = cvCreateImage( sz, 8, 1 );
          cvCvtColor( des_img, tgray,
          CV_RGB2GRAY );
       // cvShowImage( "gray_img", tgray );
            cvSaveImage("gray_img.jpg",tgray);
          cvThreshold(tgray,tgray,100,255,CV_THRES
          H_BINARY);
          cvSmooth(tgray, tgray, CV_GAUSSIAN,3,3);
          cvCanny( tgray, gray,100,50 );

//Resim objesi üzerinde hatlar gaussian filtresinden
          geçirilir.
//cvSmooth( frame, frame, CV_GAUSSIAN, 3, 3 );
//Canny edge detection algoritmasıyla resim
          üzerindeki kırılım noktaları bulunur.
//cvCanny(frame,frame,150, 50);
//cvShowImage( "real_img", des_img );

            cvSaveImage("real_img.jpg",des_img);
//        cvShowImage( "canny_img", gray );
            return 0;
          }};
}
```

* Kod üzerinde bazı değişkenler gizlenmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	: Mustafa Nevzat ÖRNEK
Uyruğu	: Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi	: 05.01.1969
Telefon	: 0532-7264661
Faks	: 0332-2376919
e-mail	: nevzat@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece	**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	: Konya Gazi Lisesi, Meram, Konya	1986
Ön Lisans	: Selçuk Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Makine Resim Konstrüksiyon Programı	1988
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü	1992
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı	1996

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
1992	Selçuk Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi	Sistem Çözümleyici
1995	Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler MYO	Uzman
1999	Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi	Öğr. Gör.

UZMANLIK ALANI

Bilgisayar Donanımı, Bilgisayar Ağları, İşletim Sistemleri, Görüntü İşleme, Otomasyon, Makine Tasarımı

YABANCI DİLLER

İngilizce, 63

YAYINLAR

Örnek, M.N., Şeflek A.Y., Özbek, O., Arısoy, H., Hacıseferoğulları, H., 2013, Konya'daki Tarım Makinaları İmalat Sektörünün Bilişim Altyapısının Belirlenmesi, *Ulusal Kop Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, Konya

Örnek, M. N., Acaroğlu, M., Şeflek, A.Y., Acar, M., Hacıseferoğulları, H., 2013, Ketencik Bitkisi Tohumundan(Camelina Sativa (L.) Crantz) Elde Edilen Yağın Yakıt Özellikleri, *9. Temiz Enerji Sempozyumu*, Konya

Örnek, M. N., Arısoy, H., Hacıseferoğulları, H., 2013, Konya'da Bulunan Değirmen Makinaları İmalat Sanayinin Yapısal Durumu, *28. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Konya

Örnek, M.N., Lorasokkay, M.A., Çevik, İ., Özek, T., 2013, Trafikte Kullanılan Bazı Elektronik Denetleme Sistemleri ve Koridor Hız Tespit Sistemi (TEDES) Uygulamasında Konya Örneği, *4. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu*, Ankara

Arisoy, H., **Ornek, M. N.**, Korkmaz I. and Haciseferogullari, H.,2013, Determination of the Prospective Works and Innovative Performance of the Firms That Manufacture Agricultural Machines in Konya Province, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19, 912-918

Örnek, M. N., Demir, F., 2011, İki Dingilli Tarım Arabasının Statik ve Dinamik Durumda Frenleme Etkinliğinin Belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3), 104-109

Acaroğlu, M., Öğüt, H., **Örnek, M.N.,**2002, Biyokütlenin Briketlenmesi ve Biyokütle Briketlerinin Fiziksel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, *IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyum*, İTÜ, İstanbul

Çalışır, S., **Örnek, M.N.**, Konak, M., 2001, Pompaj Sulama Tesisi Enerji Kayıpları Hesaplamasında Kullanılan Bazı Yöntemlerin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, *20. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Urfa

Hacıseferoğulları H. , Aydın, C. , Doğan, H. , **Örnek, M. N**., 2000, Şeker Pancarı Hasadında Kullanılan Çatal Tipi Sökücünün Performansının Belirlenmesi, *19. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, 249-253, Erzurum

Demir, F., **Örnek, M. N.**, 1995, Sarkaç Kol Mekanizmasının Bilgisayar Destekli Simülasyonu, *16. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Bursa

Acaroğlu M, Oğuz H, **Örnek, M. N**, 1994, Toprak Mekaniği Laboratuvar Deney Sonuçlan Bilgisayar Paket Programıyla Değerlendirilmesi Bilgisayar İle Simülasyonu, *Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu*, İzmir

Örnek, M. N. , Demir F.,1994 Tek Ve İkili Krank-Biyel Mekanizmalarının Kinematik Analizlerinin Bilgisayar İle Simülasyonu, Tarım Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 82-88, İzmir,

Yıldız F. , Erdi A. , **Örnek, M. N.,**1994, Yerel Bilgisayar Ağları Ve Selçuk Üniversitesi Örneği, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, C(9), L(2), 56-61. Konya