



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEKER PANCARI TARIMINDA YABANCI OT MÜCADELESİ İÇİN DEĞİŞKEN DÜZEYLİ HERBİSİT UYGULAMA PARAMETRELERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARIYLA BELİRLENMESİ

Kadir SABANCI

DOKTORA TEZİ

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Mart-2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ŞEKER PANCARI TARIMINDA YABANCI OT MÜCADELESİ İÇİN DEĞİŞKEN DÜZEYLİ HERBİSİT UYGULAMA PARAMETRELERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARIYLA BELİRLENMESİ

Kadir SABANCI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevat AYDIN

2013, 156 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Cevat AYDIN
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Ali İhsan ACAR
Prof. Dr. Bekir KARLIK
Prof. Dr. Hakan Okyay MENGEŞ

Bu çalışmada, şeker pancarı üretimi yapılan tarlada, sıra arası ve sıra üzerinde bulunan yabancı otları tespit ederek ilaçlanması için üzerinde ilaçlama ünitesi, kontrol ünitesi, bilgisayar ve kameraların bulunduğu bir ilaçlama robotu tasarlanarak imal edilmiştir. Geliştirilen bu robot ile sıra arasındaki yabancı otlar renk bilgisine, sıra üzerindeki yabancı otlar ise şekil ve renk bilgisine göre tespit edilerek üzerilerine ilaçlama sıvısı (mürekkepli su) uygulanmıştır. Sıra arasındaki yabancı otlar görüntü işleme teknikleri ile sıra üzerindeki yabancı otlar ise görüntü işleme ve yapay sinir ağları kullanılarak tespit edilmiştir. Şeker pancarı (*Beta vulgaris*) ve şeker pancarı tarlasında sık rastlanan yabancı otlardan sirken (*Chenopodium album*), yabani marul (*Lactuca serriola*), deve dikeni (*Carduus nutans*) ve darıcan (*Echinochloa crus-galli*) otları tarlada fotoğraflanmıştır. Bu fotoğrafların çıktısı alındıktan sonra PVC ile kaplanarak denemelerde kullanılan kültür bitkisi ve yabancı ot resimleri elde edilmiştir. Laboratuar koşullarında yürütülen denemelerde ilaçlama robotunun 8 farklı hız değerinde yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısının yabancı otu örtme yüzdeleri, uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ve sistemin yabancı otu tanıma performansı deneyleri yapılmıştır.

İlaçlama robotunun hızının artırılması, yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında bir azalmaya neden olduğu gibi, uygulanan ilaçlama sıvısının bitki yüzeyini örtme yüzdelerini de azalttığı görülmüştür. İlaçlama robotu üzerindeki meme yüksekliği azaldıkça uygulanan ilaçlama sıvısının bitkiyi örtme yüzde değerinin ve uygulanan ilaçlama sıvısı miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada hassas ilaçlama robotu ile yapılan uygulamada, uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında geleneksel ilaçlama uygulamasına göre %53.96 değerinde tasarruf edilmiştir. Böylece, sistem yabancı otları tespit ederek tarlanın geneli yerine sadece yabancı otlara ilaçlama yapacağından insan, hayvan ve çevre sağlığının korunması yanında ilaçlama maliyetlerinin düşürülmesi sağlanabilinecektir.

Anahtar Kelimeler: Hassas tarım, görüntü işleme, yapay sinir ağları, şeker pancarı tarımı, yabancı ot mücadelesi

ABSTRACT

Ph.D THESIS

DETERMINATION OF VARIABLE RATE HERBISIT APPLICATION PARAMETERS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR WEED CONTENTION IN AGRICULTURE OF SUGAR BEET

Kadir SABANCI

The Graduate School of Natural and Applied Science of Selçuk University
The Degree of Doctor of Philosophy in Department of Agricultural Machinery

Advisor: Prof. Dr. Cevat AYDIN

2013, 156 Pages

Jury
Prof. Dr. Cevat AYDIN
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Ali İhsan ACAR
Prof. Dr. Bekir KARLIK
Prof. Dr. Hakan Okyay MENGEŞ

In this study, a disinfecting robot having a disinfection unit, control unit, a computer and cameras was designed and made with the purpose of detecting and disinfecting weeds existent in interrows and rows in a sugar beet field. Through this robot, weeds in interrows were detected according to their colour and weeds on rows were detected according to both their shape and colour, and then disinfecting liquid (diluted ink) was applied on them. Weeds in interrows were detected through image processing techniques and weeds on rows were detected by the help of image processing and artificial neural networks. Sugar beet (Beta vulgaris) and such frequently found weeds in sugar beet fields as lamb's quarters (Chenopodium album), prickly lettuce (Lactuca serriola), musk thistle (Carduus nutans), and cockspur grass (echinochloa crus-galli) were photographed in the field. These photographs were printed out and covered with plastics so that photos of sugar beet and weeds used in tests were obtained. Tests were carried out in laboratory conditions. During tests, at eight different speed values of the disinfecting robot, the percentage of disinfecting liquid's covering weed, the amounts of disinfecting liquid applied on weeds, the weed recognition performance of the system were experimented.

While an increase in the speed of the disinfecting robot caused a decrease in the amount of disinfecting liquid applied on weeds, it was also observed that disinfecting liquid decreased the percentage of covering plant surface. It was detected that as the distance between the nozzle on disinfecting robot and the ground was shortened, the percent of disinfecting liquid's covering the plant was lowered and the amount of disinfecting liquid applied on weeds decreased.

In this study, in an implementation carried out with a sensitive disinfecting robot, when compared to conventional pulverizing methods there was a saving in the amount of the applied disinfecting liquid by %53.96. In this way, since the system is to detect weeds and implement disinfection not throughout the whole field but only on the weeds, human, animal and environmental health will be able to be preserved and disinfection costs will be reduced

Keywords: Precision agriculture, image processing, artificial neural network, sugar beet farming, weed control,

ÖNSÖZ

Ülkemizde yabancı otlarla mücadelede kullanılan yöntemlerin başında kimyasal mücadele gelmektedir. Ancak kimyasal mücadelede kullanılan ilaçlar, insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun yanında artan üretim maliyetleri nedeniyle tarımsal ilaçlar hassas, dikkatli ve en az ilaç kaybına neden olacak şekilde uygulanmalıdır. Geliştirilen sistemle şeker pancarı tarlasında bulunan yabancı otların görüntü işleme ve yapay sinir ağları kullanılarak tespit edilmesi ve tarlanın geneli yerine sadece yabancı otlar üzerine herbisit uygulamasının bir modeli gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasının seçiminde, planlanmasında, denemelerin yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde, benden ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden en üst düzeyde faydalandığım, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cevat AYDIN'a şükranlarımı sunarım. Tez İzleme Komitemde yer alan, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT ve Prof. Dr. Ali İhsan ACAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarıma maddi ve manevi destek olan ve yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. M. Fahri ÜNLERŞEN' e ve Arş. Gör. Dr. Şerafettin EKİNCİ' ye teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteklerinin yanı sıra sabır ve anlayışını esirgemeyen eşime, kendilerine yeterli zaman ayıramadığım kızım Sueda' ya ve oğlum Efe' ye teşekkürlerimi borç bilirim.

Kadir SABANCI
KONYA-2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Şeker Pancarı 2
1.2. Türkiye'de Şeker Pancarı Tarımı 3
1.3. Yabancı Otların Tanımı ve Önemi 4
1.4. Türkiye' de Şeker Pancarında Sorun Oluşturan Yabancı Otlar 5
1.5. Şeker Pancarı Tarımında Yabancı Ot Mücadelesi 6
1.6. Kimyasal Mücadele 8
1.7. Dünya' da ve Türkiye' de Tarım İlacı Kullanımı 10
1.8. Konya' da Tarımsal Mücadelede Pestisitlerin Rolü 12
1.9. Pestisitlerin Olası Sakıncaları 13
1.10. Pestisitlerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri 13
1.11. Herbisitlerin Tanımı ve Genel Özellikleri 14
1.12. Yabancı Ot Mücadelesinde Mekanik ve Kimyasal Mücadele 15

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **19**

2.1. Görüntü İşleme İle Yabancı Ot Üzerine Yapılan Çalışmalar 19
2.1.1. Görüntü işlemenin tarım alanındaki diğer uygulamaları 22
2.2. Yapay Sinir Ağları İle Yabancı Ot Üzerine Yapılan Çalışmalar 24
2.2.1. Yapay sinir ağlarının tarım alanındaki diğer uygulamaları 25

3. MATERYAL VE YÖNTEM **29**

3.1. Materyal 29
3.1.1. Hassas ilaçlama robotu 29
3.1.2. İlaçlama ünitesi 33
3.1.3. Kontrol ünitesi 35
3.1.4. Dizüstü bilgisayar 37
3.1.5. Web kamerası 38
3.1.6. Şeker pancarı ve yabancı ot resimleri 39
3.1.7. Matlab yazılımı 40
3.2. Yöntem 45
3.2.1. Bilgisayarla görme 45
3.2.2. Görüntünün sayısallaştırılması 45
3.2.3. Görüntü işleme 46
3.2.4. Görüntünün modellenmesi 47
3.2.5. Gri-düzey skala 48

3.2.6. Görüntü histogramı 50
5.2.7. Histogram eşitleme 52
3.2.8. Eşikleme (Thresholding) 55
5.2.9. Otsu eşik belirleme yöntemi 57
3.2.10. Kenar belirleme 60
3.2.11. Morfolojik işlemler 61
3.2.12. Resimleri RGB kanallarına ayırma 63
3.2.13. Web kamerasının Matlab' a tanıtılması 66
3.2.14. Sıra arası yabancı ot ilaçlaması 67
3.2.15. Sıra üzeri yabancı ot ilaçlaması 70
3.2.16. Yapay sinir ağları 85
3.2.17. Yapay sinir ağları ile sistemin eğitilmesi 90
3.2.18. PLC' nin programlanması 96
3.2.19. Programın çalıştırılması 97
3.2.20. İlaçlama robotu hızının belirlenmesi 98
3.2.21. İlaç normunun hesaplanması 100
3.2.22. Sıra arası ilaçlamada kullanılan ilaç sıvısı miktarının hesaplanması 102
3.2.23. Değişik hızlardaki yabancı otlara uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları 104
3.2.24. Sıra üzerindeki yabancı otların ilaçlanması 105
3.2.25. İlaçlama sıvısı (mürekkepli su) alanlarının ölçülmesi 108
3.2.26. İlaçlama robotunun performansının belirlenmesi 109
3.2.27. Şeker pancarı ve yabancı ot resimlerine ait RGB değerleri 111
3.2.28. Sistemin şeker pancarı ve yabancı otları tanıma performans testi 112

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 114

4.1. İlaçlama Robotunun Hız Değerleri 114
4.2. İlaçlama Sıvısı Normunun Belirlenmesi 115
4.3. Yabancı Otlar Üzerine Uygulanan İlaçlama Sıvısı Miktarlarının Değişimi 116
4.4. Değişik Hızlardaki Yabancı Otlara Uygulanan İlaçlama Sıvısı Miktarlarının Değişimi 117
4.4. Sıra Üzerindeki Yabancı Otlara Uygulanan İlaçlama Sıvısı Alanları 118
4.5. Sistem Performansının Değerlendirilmesi 128
4.6. Şeker Pancarı ve Yabancı Ot Resimlerine Ait RGB Değerlerinin Bulunması 134
4.7. Sistem Çalışma Performans Testleri 135

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 139

5.1 Sonuçlar 139
5.2 Öneriler 141

KAYNAKLAR 142

EKLER 150

ÖZGEÇMİŞ 155

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

N : İlaçlama normu (l/ha)
Q : Toplam meme verdisi (l/min)
V : Pülverizatör çalışma hızı (km/h)
B : İş genişliği (m)
n : Meme sayısı (adet)
m : Memeler arası uzaklık (m)
w : Ağırlık vektörü
x : Giriş katmanı
Qi : Eşik değeri
$F(v)$: Aktivasyon fonksiyonu

n_v : v piksel değerinin görüntüde tekrarlanma sayısı
N_v : Görüntüdeki toplam piksel sayısı
P_v : v pikselinin olasılık yoğunluğu fonksiyonu
μ_T : Olasılık yoğunluk fonksiyonu ortalamaları toplamı
k : Optimal eşik değeri
L : Gri ton ölçeğindeki değer sayısı
M_1 : Eşik değerinden küçük olan piksellerin gri tonlarının ortalaması
M_2 : Eşik değerinden büyük olan piksellerin gri tonlarının ortalaması
E_0 : YSA da kullanılan eşik değeri
$P_{(r_k)}$: Görüntü histogramı ayrık fonksiyonu
n_k : Görüntüdeki belirli bir gri ton değerindeki piksellerin sayısı
ω_x : Olasılık dağılım fonksiyonlarının bir x sınıfına göre toplamı
μ_x : Olasılık dağılım fonksiyonlarının bir x sınıfına göre ortalaması
σ_B^2 : Sınıflar arası varyans
σ_T^2 : Toplam varyans

Kısaltmalar

MATLAB	:	Matrix Laboratuarı (MATrix LABoratory)
PLC	:	Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (Programmable Logic Controller)
CCD	:	Yük Bağlamalı Düzen (Charge-Coupled Device)
ÇKP	:	Çok Katmanlı Perseptron
YSA	:	Yapay Sinir Ağları
ANN	:	Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)
DC	:	Doğru Akım (Direct Current)
RGB	:	Kırmızı-Yeşil-Mavi (Red-Green-Blue)
USB	:	Evrensel Seri Veriyolu (Universal Serial Bus)
PDA	:	Kişisel Sayısal Yardımcı (Personel Digital Assistant)
HDMI	:	Yüksek Tanımlı Multimedya Arayüzü (High Definition Multimedia Interface)
I/O	:	Giriş/Çıkış (Input/Output)
RAM	:	Rastgele Erişimli Bellek (Random Access Memory)

1. GİRİŞ

Endüstri bitkileri içerisinde önemli bir yere sahip olan şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*), şeker üretiminde olduğu kadar küspe ve melas gibi kıymetli yan ürünlerin üretiminde de değerli bir hammaddedir. Ayrıca şeker pancarı modern tarım tekniklerinin uygulanması ve istihdam oluşturmadaki katkısı nedeniyle de ülke ekonomisinde büyük önem taşımaktadır (Şiray, 1990).

Kültür bitkileri ile büyüme faktörleri olan su, besin maddesi ve ışık yönünden rekabete giren yabancı otlar, şeker pancarı, kısmen patates, mısır ve birçok sebzede başlangıçtaki gelişme hızlarının yavaş ve rekabet kabiliyetlerinin zayıf olması nedeniyle büyük zararlara neden olurlar (Özer ve ark., 2001).

Dünyada yabancı otlar nedeniyle oluşan ürün kayıpları birçok kültür bitkisinde hastalık ve zararlıların toplamından fazla olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde yabancı otlar, ürünün kalite ve veriminde %10-15 arasında zarar oluştururken, bazı Asya ülkelerinde bu oran %45'e ulaşabilmekte ve her yıl 1-1.5 milyon ton arasında şekerpancarı yabancı ot rekabeti nedeniyle kaybolmaktadır (Gürsoy, 1982). Ülkemizde bu oran %2–100 arasında değişmekte ve ortalama zarar %45 civarında olmaktadır (Gürsoy, 1991).

Şeker pancarı tarımında yabancı otlarla mücadelede en etkin olarak mekanik savaşta çapalama yöntemi ve kimyasal herbisit ilaç kullanımı olmaktadır.

Dünya'da kullanılan tarım ilaçlarının gruplara göre dağılımında herbisitler, % 47'lik bir payla ilk sırada yer alırken, bunu % 29 ile insektisitler izlemekte, fungisitlerin ise % 19'luk bir payı bulunmaktadır (Erkin ve Kişmir, 1996).

Ülkemizde 2006 verilerine göre (aktif madde olarak); insektisitler 6.666 ton ile ilk sırada yer almaktadır. Bunu 5.228 ton ile fungisitler, 4.023 ton ile herbisitler ve 551 ton ile diğerleri izlemektedir (Kantarcı, 2007). Dayanıklılık neredeyse herbisitlerin artarak kullanılmaya başladığı ikinci dünya savaşı yıllarında görülmeye başlamış olmakla beraber, bir kavram olarak 1970'lerde gündeme gelmiştir. Herbisitlerin kullanılma alanlarının ve miktarının artışına paralel olarak da vaka sayısı hızla artmıştır. Araştırmacılara göre dayanıklılık, son zamanlarda mücadelede kullanılan aynı etkili maddeli kimyasalların sürekli kullanılması sonucu ortaya çıkan bir durumdur. Bu durumda yeni etkili maddeli herbisitlerin daha yaygın olarak ticari hayattaki yerini alması gerekmektedir (Demirkan, 2009).

Dünyada tarım ilacı üretimi 3 milyon ton civarında, yıllık satış tutarı ise 25-30 milyar dolar arasında değişmektedir (Dağ ve ark., 2000). Tarımsal ürünlerde

hastalıklara dayanıklı çeşitler konusunda yapılan ıslah çalışmalarına rağmen üretim ve verimdeki artış, hastalık ve zararlılarla yapılan kimyasal, biyolojik vb. tarımsal mücadele yöntemlerine bağlıdır.

Pestisit kalıntıları konusunda olduğu gibi, organizmaların pestisitlere duyarlılıklarının azalışıyla ilgili çalışmalar da yetersiz düzeydedir. Yoğun bir biçimde tarım yapılan arazilerde kullanılan tarım ilaçlarının genellikle doğal ortamdaki etki süresi uzun olduğundan, bunların parçalanarak kaybolması yıllarca sürebilmektedir. Bunlar hem toprak, hem de dolaylı olarak su kaynaklarının önemli ölçüde kirlenmelerine neden olmaktadırlar (Kubaş ve ark., 2000).

1.1. Şeker Pancarı

Endüstri bitkileri içerisinde şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*) önemli bir yere sahiptir. Bugün dünyamızda ticari olarak şeker, şeker kamışı ve şeker pancarından elde edilmektedir. Şeker kamışı tropik iklim kuşağında yetişirken, şeker pancarı kuzey yarım kürede ülkemizin de bulunduğu 30 derece güney-60 derece kuzey enlemleri arasında değişik iklim kuşakları ve bölgelerde yetişmektedir (Gencer, 1988; Morillo-Velarde, 1993).

Şeker pancarı şeker üretiminde olduğu kadar kıymetli yan ürünleri, modern tarım tekniklerine uygun olması, tarımsal kalkınma ve istihdam yaratmadaki katkısı nedeniyle de, ülke ekonomisi yönünden büyük bir önem taşımaktadır. Şeker pancarının baş ve yaprakları ile küspe ve melası çok kıymetli birer hayvan yemidir. Ayrıca melas, kimya sanayinde kullanılan etil alkol üretiminde de önemli bir alternatif üründür. İnsanlar ve hayvanlar için yüksek besin değerine sahip olan seker pancarı iyi bir münavebe bitkisidir. Pancardan sonra ekilen buğday ve arpada %17 ürün artışı sağlanırken, bunun yanı sıra gerek ziraatında gerekse fabrikasyonunda insanlara iş imkânı da sunulmaktadır (Şiray, 1990).

Yüksek enerjili, tatlı bir besin maddesi olan ve kristal veya küp şeklinde kullanılan şeker, birer molekül fruktoz ve glukozdan teşekkül etmiş bir disakkarittir. Şekerpancarından şeker elde edilmesinin yanı sıra, kökünün büyüklüğüne göre %30-50 baş ve yaprak, %30-40 küspe ile %4 melas elde edilir (Şiray 1990).

Şekil 1.1’ de Konya Doğanhisar ilçesinde bir şeker pancarı tarlası görülmektedir.



Şekil 1.1. Şeker pancarı tarlası

1.2. Türkiye'de Şeker Pancarı Tarımı

Dünyada şeker pancarı üreten ülkelerin başında Ukrayna, Rusya, Çin, USA, Almanya, Fransa, Polonya ve Türkiye gelmektedir.

2002 yılı itibariyle Türkiye, Avrupa' da pancar ekimi ve üretiminde Almanya ve Fransa' dan sonra 3. sırada yer almaktadır. Ekim alanı olarak ilk sırada 455 000 ha' lık alanla Almanya bulunurken, ikinci sırada 409 000 ha ile Fransa, üçüncü sırada ise 372 000 ha ile Türkiye bulunmaktadır. Bunları 303 000 ha ile Polonya, 246 000 ha ile İtalya, 148 000 ha ile İngiltere ve 115 000 ha ile İspanya takip etmektedir. Üretimde ise ilk sırayı 33 235 000 ton ile Fransa alırken, ikinci sırayı 26 794 ton ile Almanya, üçüncü sırayı ise 16 522 ton ile Türkiye almaktadır. Bunları 13 958 ton ile Polonya, 12 728 ton ile İtalya, 9 557 ton ile İngiltere ve 8 821 ton ile İspanya takip etmektedir (Günel ve ark., 2006).

Çizelge 1.1' de Türkiye' de yıllara göre şeker pancarı ekim ve üretim değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.1. Yıllar itibariyle Türkiye' de Şeker Pancarı Ekim ve Üretimi (Anonim, 2012)

Yıllar	Ekilen Alan (10^3 x ha)	Üretim (10^3xton)	Ortalama Verim (ton/ha)
2002	3 718	16 523	44.44
2003	3 195	12 758	39.93
2004	3 207	13 753	42.89
2005	3 356	15 181	45.24
2006	3 237	14 452	44.64
2007	2 989	12 414	41.54
2008	3 207	15 488	48.29
2009	3 240	17 275	53.32
2010	3 287	17 942	54.58
2011	2 938	16 126	54.88

Çizelge 1.2' de ise yıllara göre Konya' da ekimi yapılan şeker pancarı değerleri görülmektedir.

Çizelge 1.2. Yıllar itibariyle Konya' da üretilen şeker pancarı verileri (Anonim, 2012)

Yıllar	Pancar Ekilen Alan (ha)	Verim (ton/ha)
2007	230 109	39.7
2008	315 062	47.7
2009	357 211	57.0
2010	287 316	54.6
2011	226 738	58.4

1.3. Yabancı Otların Tanımı ve Önemi

Yabancı otlar, kısaca kültür alanlarında istenmeyen bitkiler olarak tarif edilebilir. Örneğin mercimek tarlasında gökbaş, ballıbaba, şahtere ve yabani hardal gibi bitkilerin yanı sıra, bir kültür bitkisi olan kendiliğinden çıkmış buğday da mercimek için bir yabancı ottur. Yabancı otlar kültür bitkisi ile besin, su ve ışık için rekabet etmekte, gölge tesiri ile bitki gelişmesini engelleyerek verimi düşürmekte, sulama kanallarını işgal ederek suyun akışını yavaşlatmakta, sulama süresini azaltmaktadır.

Yabancı otların kültür bitkisinde meydana getirdiği ürün kayıpları, tarım sistemlerine ve kültür bitkisine göre değişmekle birlikte ülkemizde ortalama %20 değerindedir (Anonim, 2005). Yabancı otların kültür alanlarına yayılışı ve yerleşmesi

temiz tohumluk kullanma, toprak işleme, çapalama, ekim nöbeti ve ilaçlı mücadele yöntemleri ile önlenmelidir.

Yabancı ot mücadelesinde Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de artan oranda Herbisit kullanımının önemli bir yeri vardır.

1.4. Türkiye' de Şeker Pancarında Sorun Oluşturan Yabancı Otlar

Yabancı otlar özellikle ilk gelişme döneminde, şekerpancarının gelişmesini engelledikleri̇nden %60-80' lere varan verim kaybına neden olmaktadır. Genellikle erken çimlenen ve çabuk gelişen yabancı otlar, büyüme döneminin ilk 3 ayı süresince pancar bitkisinin gelişmesini engellemektedirler. Bu grup yabancı otlar içerisine *Sinapis arvensis* L. (yabani hardal), *Amaranthus refroflexus* L. (horoz ibiği) gibi genellikle tek yıllık ve geniş yapraklılar girmektedir. Buna karşılık geç çıkan yabancı otlar ise pancarın kuvvetli rekabeti sayesinde kontrol altına alınabilmektedir. Şekerpancarı bitkisi tohumlarının çimlenmesi ve ilk gelişmesi kısa sürede tamamlanırsa, yabancı otların rekabeti nedeniyle uğranılan zarar asgariye indirilmiş olacaktır (Güncan, 1993).

Yabancı ot kontrolünde en önemli dönem, rekabetin neden olduğu ürün kaybının önlenmesi gereken dönemdir. Ancak yabancı otlar, şekerpancarı üretimini başka yollarla da etkilemektedirler (Miller et al., 1993).

Ülkemizde şekerpancarında yaygın olan yabancı otların, *Papaver rhoeas* L. (gelincik), *Galium aparina* L. (yapışkan ot), *Lactuca scariola* L. (yabani marul), *Sonchus arvensis* L. (tarla eşek marulu), *Cirsium arvense* (L.) Scop. (köy göçüren), *Capsella bursa-pastoris* (L.) Med. (çoban çantası), *Centaurea cyanus* L. (gökbaş), *Urtica urens* L. (ısırgan otu), *Amaranthus refroflexus* L. (horoz ibiği), *Convolvulus arvensis* L. (tarla sarmaşığı), *Lamium amplexicaule* L. (ballıbaba), *Equisetum arvense* L. (kırkboğum), *Sinapis arvensis* L. (yabani hardal), *Chenopodium album* L. (kazayağı), *Ranunculus arvensis* L. (tarla düğün çiçeği), *Solanum nigrum* L. (köpek memesi), *Avena fatua* L. (yabani yulaf), *Echinochloa crus-galli* (L) P.B. (darıcan), *Atriplex hastata* L. (karapazı), *Rumex acetosella* L. (küçük kuzu kulağı) ve *Thlaspi arvense* L. (çayır akça çiçeği) olduğu belirtilmektedir (Gürsoy, 1982).

Şekil 1.2' de Konya Doğanhisar ilçesindeki bir şeker pancarı tarlasında bulunan yabancı otlar görülmektedir.



Şekil 1.2. Şeker pancarı tarlasında görünen bazı yabancı otlar (sirken, darıcan, yabani marul)

1.5. Şeker Pancarı Tarımında Yabancı Ot Mücadelesi

Yabancı otların sebep olduğu zararları ortadan kaldırmak veya en azından azaltmak için tarım alanlarında yabancı otlarla mücadele gün geçtikçe daha fazla önem kazanmakta, büyük iş gücü ve mali kayıplara neden olmaktadır. Bundan dolayı yabancı otlarla mücadele zamanını iyi belirleyip, maliyeti en aza indirmek amacıyla gün geçtikçe yeni yöntemler geliştirilmektedir (Malaslı, 2010).

Yabancı otlarla mücadele yönteminin seçiminde çeşitli faktörler rol oynamaktadır. Bunlar yabancı otun biyolojisi ve ekolojisine ait etkenlerdir. Yabancı otların biyoloji ve ekolojilerinin incelenmesiyle, mücadelede yardımcı olabilecek kritik noktaların saptanması ve buna göre mücadele yapılması gerekmektedir. Herhangi bir yabancı otun mücadelesinde tek bir yöntem yeterli olduğu halde diğerlerinde olmayabilir. Bu takdirde birkaç yöntem kombine olarak uygulanmalıdır. Yabancı ot mücadele yöntemlerini şöyle sıralayabiliriz:

1. Bulaşmayı önleyici önlemler
    - Temiz tohum kullanmak
    - Biçerdöver artıklarının tarlada bırakılması
    - Hayvan yemi olarak kullanılan dane, kuru ot ve diğer yemlerin yabancı ot tohumu içermemesi

- Çiftlik gübrelerinin yeterli derecede fermente edilmesi
- Çiftlik ekipmanlarının temizliğine dikkat edilmesi

2. Sağlıklı kültür bitkisi yetiştirmek

- Seçimi uygun kültür bitkisi çeşidi
- Toprak özelliklerinin düzeltilmesi ve uygun gübreleme
- Tohum yatağının iyi hazırlanması
- Uygun ekim yönteminin seçimi
- Ekim zamanının ayarlanması
- Münavebe(ekim nöbeti) uygulanması
- Rakip kültür bitkisi yetiştirme

3. Fiziksel mücadele

- Yabancı otların elle yolunması
- Çapalama
- Tırmıklama
- Toprak işleme
- Biçme
- Malçla boğma
- Solarizasyon
- Su altında bırakma
- Yakma
- Elektromanyetik ışınlarla yabancı ot mücadelesi

4. Biyolojik mücadele

5. Kimyasal mücadele

Kültür bitkilerinde çeşitli etmenlerin meydana getirdiği ürün kayıpları karşılaştırıldığında yabancı otların oluşturduğu kaybın daha fazla olduğu bildirilmektedir. Ayrıca yabancı otların etkinliği, diğer etmenlerin meydana getirdiği kayıplardan fazladır. Çünkü, böcek zararlıları ve hastalık etmenleri, ekolojik şartlara bağlı olarak epidemi yaptıkları yıllarda zararlı olurlarken, buna karşılık yabancı otların hem yağışlı hem de kurak geçen yıllarda meydana getirdiği ürün kayıpları, çok yüksek olmaktadır (Özer, 1993).

Şeker pancarında yabancı otlardan ileri gelen ürün kaybı, dünyada ortalama %5.8' dir. Asya ülkelerinde bu kayıp %45 iken Türkiye'de % 6-40 arasındadır. Şeker pancarı tohumu, yavaş çimlendiği için, erken çimlenen yabancı otlar kısa sürede pancar fidelerini bastırır. Şeker pancarı tarlalarında görülen yabancı otlar yıllık, çok yıllık ve iki yıllık otlardır. Yıllık yabancı otlar, tür sayısı açısından en zengin olanlarıdır. Bunları çok yıllıklar izler, iki yıllık otlar ise daha azdır (Güncan, 2000).

Yabancı otlar, kültür bitkisi ile büyüme faktörleri olan su, besin maddeleri ve ışık yönünden birinci derecede rekabete girmek suretiyle, kültür bitkisinin gelişmesini geriletmekte, ürünün kalite ve miktarının düşmesine sebep olmaktadır. (Güncan, 1982).

Yabancı otlar, şeker pancarı yaprakları altında kalmakta ve verimi az da olsa etkilemektedir. Şeker pancarının hasat zamanında tarlada bulunan yabancı otlar, hasat etkinliğini de azaltmaktadır. Pancar silosu içerisinde bulunan yabancı otlar ise fazladan silo kaybına neden olmaktadır (Jaggard ve ark., 1995).

1.6. Kimyasal Mücadele

Tarımsal üretimde hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede fiziko-mekanik, genetik, biyolojik ve biyoteknik gibi yöntemlere rağmen Dünya'da ve ülkemizde kimyasal mücadele en fazla kullanılan yöntemdir. Kimyasal mücadelede tarım ilaçları (pestisitler) kullanılmaktadır. Türkiye'de yıllara göre değişmekle birlikte tarım alanlarında kimyasal mücadele için kullanılan tarım ilacı miktarı yılda ortalama 30 – 35 bin ton civarındadır (Dursun, 2000).

Hastalık, zararlı ve yabancı otların neden olduğu ürün kayıplarının önlenmesinde tarım ilaçları çok önemli bir yere sahiptir. Ancak kimyasal mücadelede kullanılan ilaçların insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemesi ve artan üretim maliyetleri nedeniyle tarımsal ilaçlar hassas, dikkatli ve en az ilaç kaybına neden olacak şekilde uygulanmalıdır (Dursun, 2000).

Yabancı otlara karşı etkin tedbirlerin başında kimyasal mücadele gelmektedir. Ancak, kimyasal mücadelenin aşırı kullanımı dünyada ciddi çevre sorunları oluşturduğu için, fiziksel, biyolojik mücadele gibi daha ekonomik, bitki ve insan sağlığı açısından daha az zararlı ve çevreci yöntemler uygulanmaya çalışılmaktadır. Şekerpancarı üretiminde başarılı olabilmek için toprak hazırlığına, ekimine, gübrelenmesine, bakımına ve zararlı ve yabancı otlarla mücadele edilmesine ve

hasadına çok büyük özen ve çaba gösterilmelidir. Bu gibi nedenlerden dolayı etkin bir yabancı ot kontrolü gerekmektedir. Şekil 1.3' te şeker pancarı tarlasındaki herbisit uygulaması görülmektedir.



Şekil 1.3. Yabancı otlara karşı yapılan herbisit uygulaması

Ülkemizde yabancı ot mücadelesinde farklı yöntemler kullanılmasına rağmen hızlı ve kesin çözüm olarak tarımda kimyasal tarım ilaçları kullanılmaktadır. Tarımda pestisit uygulamaları insan ve çevre sağlığını etkileyen bazı olumsuzluklara neden olmaktadır. Tarımsal pestisitlerin yoğun ve bilinçsiz kullanımı sonucunda gıdalarda, toprak, su ve havada kullanılan pestisitin kendisi ya da dönüşüm ürünleri kalabilmektedir. Hedef olmayan diğer organizmalar ve insanlar üzerinde olumsuz etkileri görülmekte ve doğal denge bozulmaktadır. Ülkemizde doğal dengenin bozulmasına bağlı olarak Trakya bölgesinde balık ve arıların ölmesi, zararlı böcekleri yiyen faydalı böceklerin yok olması ve su kaynaklarının kirlenmesi gibi olumsuzluklar görülmektedir. Bundan dolayı tarımsal ilaçların azaltılması yada hiç kullanılmadan yabancı ot veya zararlılarla mücadele yöntemleri üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Malaslı, 2010).

Kullanılan tarım ilaçlarının biyolojik olarak diğer canlılara karşı az zehirli ya da zehirsiz olması istenirken şimdiye kadar yapılan ve hâlihazırda kullanılan ilaçlardan çok azı bu nitelikleri taşır. Bunların bir kısmı uygulandıkları bitki, toprak ve su ortamında uzun süre bozulmadan kalabilen ve zararlı etkilerini yavaş yavaş, uzun süre içerisinde belli etmeden yapan özelliktedir.

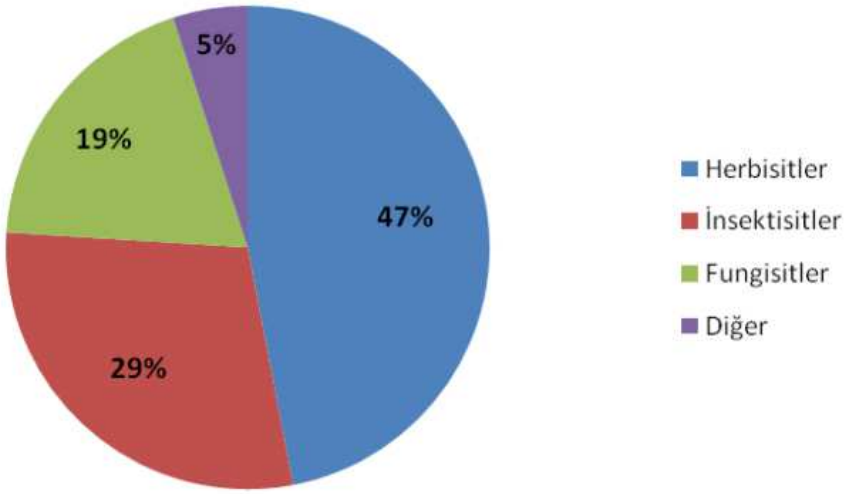
1.7. Dünya' da ve Türkiye' de Tarım İlacı Kullanımı

Son yıllarda dünya pestisit tüketimindeki artış hız kesmiş gibi gözükmektedir Buna karşın, 1983-1993'de %3.4 olan artış oranı, 1993-1995 arasında %18.5'e yükselmiştir (Lorbeer et al., 2001). Çizelge 1.3' de görüldüğü gibi, Türkiye'de yıllık pestisit tüketimi, yıllık iniş ve çıkışlara rağmen, 1979-2007 yılları arasında %270 oranında artmıştır (Delen, 2008). Bu değer yıllık olarak %9.64'e karşılık gelmektedir. Özellikle son yıllardaki önemli artışlar dikkat çekicidir. Pestisit tüketimimiz, 2002 yılında 12.199 ton iken, 2006 yılında yaklaşık %50 artış ile 18.258 ton ve 2007'de de %24.22 artarak 22.681 ton olmuştur.

Çizelge 1.3. Yıllar itibariyle Türkiye' de etki ettikleri canlı gurubuna göre etkili madde olarak pestisit tüketimi (ton) (Durmuşoğlu ve ark., 2010)

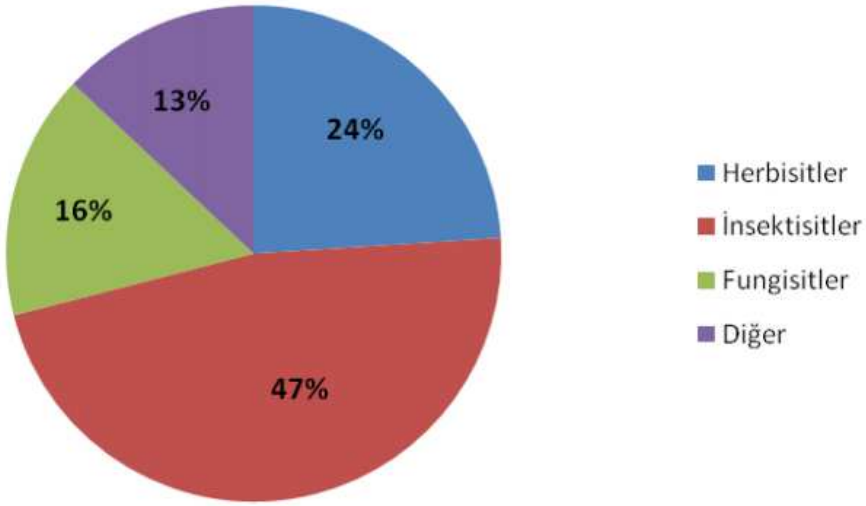
Pestisit grupları	1979	1987	1994	1996	2002	2006	2007
İnsektisitler	2288	3303	2065	3027	2251	3406	7304
Akarisitler	203	240	192	223	297	219	315
Yağlar	1595	2147	2147	2871	2428	2144	2447
Fumigant ve Nematisitler	316	322	531	1077	1559	2650	3031
Rodentisitler ve Mollusisitler	5.6	2.1	2.5	3.3	1.8	6.7	11.0
Fungisitler	1537	2612	2201	2951	1964	4432	4945
Herbisitler	2452	3495	3903	3644	3697	5400	4638
TOPLAM	8396	12112	10872	13797	12199	18258	22681

Dünyadaki toplam pestisit üretimi yıllık 3 milyon ton civarında olup (Delen, 2008), pestisitlerin yıllık satış tutarı ise 25-30 milyar $ arasında değişmektedir. Herbisitler ve insektisitler, kullanımın % 70'den fazla bir bölümünü kapsamaktadır. Diğer pestisit grupları ise % 5'lik bir paya sahiptir. Parasal olarak değerlendirildiğinde tüketimin % 31'ini insektisitler, %26'sını herbisitler, % 20'sini de fungisitler oluşturmaktadır (Tiryaki ve ark., 2010; Öztürk,1997). Şekil 1.4' de Pestisit gruplarına göre dünyada tarım ilacı kullanım yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 1.4. Pestisit gruplarına göre dünyada tarım ilacı kullanımı (Tiryaki ve ark., 2010)

Türkiye' de %47' si insektisit, %24' ü herbisit, %16' sı fungisit ve %13' ü diğerleridir. Pestisit üretimi ise 33.000 ton olup parasal değeri 230-250 milyon $ dır(Durmuşoğlu ve ark., 2010; Turabi, 2007). Dünya pestisit piyasasındaki payın % 80' i gelişmiş ülkelerin iken Türkiye' nin payı %0.6' dır (Durmuşoğlu ve ark., 2010; Kantarcı 2007; Özmen 2007; Öztürk 1997). Şekil 1.5’ de pestisit gruplarına göre Türkiye'de tarım ilacı kullanım yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 1.5. Pestisit gruplarına göre Türkiye'de tarım ilacı kullanımı (Tiryaki ve ark., 2010)

Ülkemizde birim alana kullanılan pestisit miktarı ise yıldan yıla artmaktadır. Bu artışa rağmen, ülkemizdeki pestisit tüketimi, AB ülkelerininki ile kıyaslandığında, hektara düşen pestisit miktarı olarak oldukça gerilerdedir. Örneğin, AB ülkelerinden

Hollanda, Yunanistan ve Almanya'nın hektara tüketimleri sırasıyla 13.8, 13.5 ve 2.25 kg' dır (Delen ve ark., 2010; Oskam et al., 1997). Ülkemizde birim alana kullanılan pestisit miktarının AB ülkelerine kıyasla oldukça az olmasına karşın, ülkemizdeki pestisit kullanımının oldukça heterojen olduğu unutulmamalıdır (Delen ve ark., 1995 ve 2005). Entansif tarım yapılan bölgelerinden olan Ege ve Akdeniz Bölgeleri ile ekstansif tarım yapılan Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerinin 1993-1998 yıllarındaki preparat olarak pestisit tüketim payları kıyaslandığı zaman bu heterojen yapı açıkça görülecektir. Ege ve Akdeniz Bölgeleri tüketim toplamı, genel olarak ülke tüketiminin %34' den fazlasını, hatta bazı yıllar %50'sine yakınını oluşturmaktadır. Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerindeki kullanım ise, ülke tüketiminin ancak %10' u kadardır (Durmuşoğlu ve ark., 2010; Turabi, 2004). Ayrıca Türkiye'de hektar başına daha az pestisit tüketilmesine karşın, en yoğun tüketilen pestisitler çevre ve sağlık açısından önemli risk taşıyanlardır (Durmuşoğlu ve ark., 2010).

1.8. Konya' da Tarımsal Mücadelede Pestisitlerin Rolü

2008 yılı verilerine göre Türkiye' de birim alanda kullanılan pestisit miktarı 120.9 g/da (Delen ve ark., 2010) iken bu oran Konya ili için 128 g/da (Anonim, 2011) 'dır. Diğer bir deyişle Konya ilinde birim alanda kullanılan pestisit miktarı ile Türkiye ortalaması arasında bir paralellik görülmektedir. Ancak son yıllarda, Konya ilinde kullanılan pestisit miktarı ortalamasında 2010 yılında, 2007 yılına göre yaklaşık olarak % 50' lik bir artış görülmüştür. Bu artışın muhtemel sebebinin, son yıllarda Konya ilinin yağış rejiminde görülen değişikliklere bağlı olarak hastalık ve zararlı popülasyonundaki artış olduğu düşünülebilir. Çizelge 1.4’ te 2007–2010 yılları arasında Konya’ da kullanılan zirai ilaç miktarları görülmektedir.

Çizelge 1.4. Konya ilinde yıllar itibariyle kullanılan zirai mücadele ilaçları miktarları(ton) (Yeşil S. ve Ögür E., 2011)

Pestisit grupları	2007	2008	2009	2010
İnsektisitler	412.487	408.306	528.390	634.068
Fungisitler	520.362	516.340	685.140	856.425
Akarisitler	21.625	19.520	24.500	26.950
Nematositler ve Fumigantlar	22.244	18.760	-	-
Herbisitler	497.227	437.186	620.185	806.240
Kışlık-Yazlık Yağlar	52.715	49.870	-	-
Rodentisitler ve Mollusidler	28.585	26.403	40.150	44.165
Diğerleri	137.067	129.054	37.400	42.430
TOPLAM	1.694.319	1.607.447	1.935.765	2.410..278
Birim alanda kullanılan pestisit miktarı (g/da)	128	129	155	190

1.9. Pestisitlerin Olası Sakıncaları

Aşırı ve bilinçsiz kullanım sonucu artan pestisit tüketimi çevre kirlenmesi ve insan sağlığı açısından çeşitli sorunların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu sorunlar aşağıda sıralanmıştır.

a) Pestisitler kanser, doğum anormallikleri, sinir sistemi zararları ve uzun dönemde oluşan yan etkilere neden olurlar,

b) Pestisitler ve parçalanma ürünleri toksik maddeleri içerirler,

c) Parçalanma ürünlerinden bazıları ana pestisitten daha toksik ve kalıcıdır,

d) Uygulanan pestisite ve uygulama koşullarına bağlı olarak, çevre kirliliğine neden olmaktadır,

e) Aşırı buharlaşabilenler soluduğumuz havayı kirletmektedir,

f) Aşırı kullanımı organizmalarda ilaca karşı direnç oluşturmakta, pestisit uygulaması başarısız olmaktadır,

g) Hedef alınan ve alınmayan zararlıların doğal düşmanlarını ve faydalı organizmaları da öldürerek yeni salgınlar oluşturmaktadır (Delen, 2008).

1.10. Pestisitlerin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Pestisitlerin insanlarda toksik olmaları nedeniyle mücadelede çalışan herkesin bunların kullanımı sırasında meydana gelebilecek potansiyel zarardan sakınmaları gerekir. İnsanların pestisitlere maruz kalması mesleki zehirlenmeler veya kaza ile

meydana gelebilmektedir. Her iki tür zehirlenmenin ana nedenleri:

i. Halkın bu konuda yetersiz eğitime sahip olması ve pestisitlerin toksisite potansiyellerinin bilinmemesi,
ii. Uygun olmayan koşullarda depolama,
iii. Kaza ile saçılma sonucu gıdalara bulaşması,
iv. Dikkatsiz yükleme ve taşıma,
v. Yıkanmamış pestisit kaplarının kullanımı,
vi. Genel bakım ve atık değerlendirme işlemleri olarak sayılabilir (Tiryaki ve ark., 2010).

İlaçlama tekniklerinin hemen hepsi, uygulanan dozun hedef tarafından alınan miktarı ya da o popülasyonu oluşturan bireylere doğrudan atılması varsayımı ile karşılaştırıldığında, oldukça verimsizdir. Nitekim Brown (1951) bir böceği öldürmek için genelde 0.03 µl' nin yeterli olduğunu, bir alanda 1 milyon böcek için ise 30 mg etkili madde yeterli olmasına rağmen arazide ancak bunun yaklaşık 3000 katının uygulanmasıyla yeterli etki alınabildiğini bildirmektedir. Bu durum ilaçlama tekniklerinin henüz istenilen seviyeye ulaşamamasının sonucudur. Şu da unutulmamalıdır ki, zararlı, hastalık ve yabancı otların biyolojileri itibarıyla bunlarla yapılacak tarımsal mücadele faaliyetlerinden yüksek yararlanma beklenmemelidir. Bilindiği gibi enerjinin esas kaynağı olan bitkilerden başlayarak daha üst düzeye iletilmesi besin zincirleri vasıtasıyla olur. Bu zincirin ilk halkasını bitkiler, sonraki halkalarını otçul ve etçil hayvanlar oluşturur. Bir ekosistemde yaşayan tüm canlılar arasında denge vardır. Herhangi bir düzeyde meydana gelen değişme farklı kademelerde dalgalanmalar oluşturarak var olan dengenin bozulmasına neden olur. Bu dengenin korunması diğer önlemler yanında tarım ilaçlarının uygun kullanımı ile mümkündür. (Ünal ve Gürkan, 2001).

Bitkinin doğrudan yolla veya toprakta kalan pestisiti kendi bünyesine alması ve bu bitkilerin insan gıdası veya hayvan yemi olarak kullanılması sonucunda pestisitler insanların gıda zincirine girmektedirler (Tiryaki ve ark., 2010). Kimyasal mücadele, belirtilen riskler nedeniyle titizlikle yapılması gereken bir iştir. Bu riskleri minimuma indirmek için uygulama sırasında gerekli her türlü önlem alınmalıdır.

1.11. Herbisitlerin Tanımı ve Genel Özellikleri

Kültürü yapılan bitkilerin kullandığı ışığa, besin maddelerine, suya ortak olan,

üretim ve kalitenin düşmesine sebep olan bitkiler "yabancı ot", bu otların öldürülmesi veya gelişmesinin sınırlandırılması için kullanılan kimyasal maddeler "herbisit" olarak adlandırılırlar.

Dünyada tarımsal mücadele ilacı üretimi hızla artmakta ve gün geçtikçe yeni yeni ilaçlar geliştirilmektedir. Buna bağlı olarak, kullanılan ilaç çeşitleri de artmaktadır. Bu artışta en büyük payı herbisitler almakta ve ileride herbisit kullanımının daha da yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir (Ahrens, 1977).

Herbisitlerin içindeki etkinlik gösteren kimyasal maddeler "aktif madde" olarak nitelendirilmekte ve ticari preparatlarda "dolgu maddesi" ile karışık halde bulunmaktadır. İçerdikleri aktif maddelerin formülasyonuna bakılarak herbisitin etkinliği hakkında bir fikir edinmek mümkündür. Aktif maddeler kısaltılmış olarak ifade edilmektedir. Mesela, 2,4-Dichlorophenoxy acetic acid; "2,4-D" olarak ifade edilmektedir. Bunun yanında ticari herbisit preparatları bir de ticari isim taşımaktadır (Güncan, 1985).

Günümüzde herbisitlerin hemen hemen tamamı organik maddelerden oluşmuştur. Yani C, H, O'dan meydana gelmiştir. Buradaki karbonların sıralanışı ya halka (aromatik) ya da zincir (alifatik) şeklindedir. Bazen "C" atomlarına "N" da bağlanabilir (Güncan, 1985).

1.12. Yabancı Ot Mücadelesinde Mekanik ve Kimyasal Mücadele

Tarımsal üretimde yabancı otlarla mücadelede en fazla kullanılan yöntem kimyasal mücadeledir. Türkiye'de yıllara göre değişmekle birlikte tarım alanlarında kimyasal mücadele için kullanılan tarım ilacı miktarı 30–35 ton civarındadır.

Yabancı otların yok edilmesinde en çok kullanılan mücadele yöntemi ise kimyasal mücadeledir. Tüketilen ilacın %30' u hedef yüzeylere ulaştırılamadığından ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Kayıp olan ilaçlar nedeniyle ilaçlamada olması gereken homojenlikte sağlanamamaktadır.

Şeker pancarı tarımında yabancı otlarla mücadelede en etkin olarak mekanik savaşta çapalama yöntemi ve herbisit ilaç kullanımı olmaktadır (Buzluk ve Acar, 2002). Şekil 1.6' da Konya Doğanhisar ilçesinde çekilmiş, bir kısmına çapalama yapılmış diğer kısmına çapalama yapılmamış şeker pancarı tarlası görülmektedir.



Şekil 1.6. Bir kısmı çapalama yapılmış şeker pancarı tarlası

Çapa yapılması ve arkasından elle ot toplanması 17. yüzyıldan bu yana yabancı ot mücadelesinin başlıca yöntemi olmuştur. Pancar sıralarına yakın olarak uygulanan mekanik çapalama ile birlikte çapayla seyreltme ve ot alma, pancar tarlasında sıra arasında ve sıra üzerinde erken ve etkili bir yabancı ot mücadelesi sağlamaktadır. Bu yolla yapılan ot mücadelesi kök sisteminin otun diğer aksamından ayrılması, otun bütünüyle topraktan çıkarılması ve küçük otların bir toprak tabakasıyla örtülmesi gibi yabancı otların fiziksel olarak hırpalanması esasına dayanmaktadır. Ot popülasyonunun yoğun olduğu yerlerde ve yağışlı bölgelerde pancar sıraları üzerinde el işçiliği, herbisitle mücadeleye göre daha etkisiz olmaktadır. Yapılan gözlemler genel olarak, elle yapılan mücadelede herbisitle yapılan mücadeleye göre tarlada daha fazla ot kaldığını göstermiştir. Makine ile yapılan çapalama, pancar sıraları arasındaki yabancı otların yok edilmesi için etkili ve ekonomik bir yol ise de, makineler pancar sıralarına çok yakın ayarlanmaları halinde pancar köklerine zararlı olabilmektedir (Sullivan ve Fischer, 1971).

Şeker pancarında çapa makineleri kullanarak ve herbisitle ot kontrolü, özellikle çapa işçisinin temininde zorluklarla karşılaşılan yerlerde önem taşımaktadır. Çapa ile ot

kontrolü, pancar tarlası yağışın (yağmur ve dolunun kaymak tabakası oluşturması), güneşin (kaymak tabakasının kuruması) ve otların (ışık, su ve besin maddesi rekabeti) zararlı etkileri altında kaldıkça periyodik olarak tekrarlanmaktadır (Buzluk ve Acar, 2002).

Türkiye'de şeker pancarı tarımında herbisit kullanımı 70'li yılların ortasında hassas ekimine geçişle birlikte başlamıştır. Ancak, ekonomik yapının uygun olmaması yüzünden herbisit uygulaması çok gelişememiştir. Türkiye'de pancar tarımında yabancı ot mücadelesinin % 90-95'i çapa, % 5-10'u herbisitle yapılmaktadır. Çapa yapılan ekili alanlarına % 83'ünde el çapası, % 17'sinde traktör çapa makinesi kullanılmaktadır. El çapasının %39'u aile iş gücü, % 27'si gündelik işçiler ve %17' si götürü işçiler ile yürütülmektedir (Buzluk ve Acar, 2002).

Türkiye'de pancar tarımı yapılan yerlerde son senelerde işçi bulma zorluğu artmakta, buna bağlı olarak işçi ücretleri de gün geçtikçe yükselmektedir. Sanayileşmiş ülkelerde çok daha önceleri ortaya çıkan bu durum karşısında hızla mekanizasyona gidilmiş ve bu arada yabancı ot mücadelesi için herbisitlere önem verilmiştir. Bugün bütün Avrupa ülkelerinde herbisitlerle yabancı ot mücadelesi % 90-100 arasındadır (Gürsoy, 1982).

Yabancı otlarla mücadelede fiziko-mekanik, genetik, biyolojik ve biyoteknik yöntemlere rağmen dünyada ve ülkemizde kimyasal mücadele en fazla kullanılan yöntemdir. Son yıllarda tarımda ilaç kullanımı artmıştır. Tarım işçilerinin bulunmasındaki zorluk ve çapalama sırasında tarım işçilerinin dikkatsizliği sonucu şeker pancarına verdiği zararlardan dolayı kimyasal kullanımı daha da artmıştır. Ancak kimyasal mücadelede kullanılan ilaçların insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemesi ve artan üretim maliyetleri nedeniyle tarım ilaçları hassas, dikkatli ve en az ilaç kaybı olacak şekilde uygulanmalıdır.

Çalışmada geliştirilen hassas ilaçlama robotu ile şeker pancarı tarlasında bulunan yabancı otlar görüntü işleme teknikleri ve yapay sinir ağları kullanılarak tespit edilmiş ve üzerlerine değişken düzeyli herbisit uygulanmasının bir modeli gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar şartlarında şeker pancarı ve şeker pancarı tarlasıda bulunan yabancı ot resimleri ile denemeler yapılmıştır. Denemelerde ilaçlama sıvısı olarak mürekkepli su kullanmıştır. Bu çalışma hassas tarım uygulamalarına bir örnektir. Şeker pancarları arasındaki yabancı otlar tespit edilerek sadece yabancı otlar üzerine ilaçlama sıvısı uygulanması amaçlanmıştır.

Çalışmanın amaçları aşağıda belirtilmiştir.

- ✓ Tarımsal ilaç kullanımını azaltmak,
- ✓ Zirai ilaçların insan, hayvan ve çevre sağlığına olan olumsuzlukları azaltmak,
- ✓ Zirai ilaç kullanımını azaltarak girdi maliyetini düşürmek,
- ✓ Yukarıdaki amaçlara dönük ilaçlama robotu geliştirmek,
- ✓ Bu robotun çalışmasını sağlayarak temel verileri oluşturmak,
- ✓ Görüntü işleme teknikleri kullanarak şeker pancarı sıra arasında bulunan yabancı otları renk bilgisine göre tespit etmek,
- ✓ Görüntü işleme algoritmaları ve yapay sinir ağları yardımıyla sıra üzerinde bulunan yabancı otları renk ve şekil bilgisine göre tespit etmek;
- ✓ Sadece yabancı otlar üzerine ilaçlama sıvısı uygulamak,
- ✓ Geliştirilen sistemin başarısını tespit etmek ve
- ✓ Bu çalışmaya benzer ileriki çalışmalar için temel veriler oluşturmaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde, şeker pancarı, yabancı otlara karşı yapılan kimyasal mücedele, Dünya' da ve ülkemizdeki şeker pancarı üretimi ve yabancı otlara karşı kullanılan tarım ilacı tüketimi hakkında bilgiler ve literatür değerlerine yer verilmiştir. İkinci bölümde ise, araştırmada ele alınan konular ile ilişkili olarak daha önce farklı araştırıcılar tarafından yapılmış olan çalışmalar özetlenmiştir. Üçüncü bölümde deney düzeneğinin tasarımı ve çalışmada kullanılan materyal ve metotlar açıklanmış, dördüncü bölümde deney sonuçları verilerek tartışılmıştır. Beşinci bölümde, deneylerde elde edilen sonuçlar özetlenerek çalışma hakkında önerilerde bulunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Görüntü İşleme İle Yabancı Ot Üzerine Yapılan Çalışmalar

Feyaerts ve ark. (1998), çok bantlı görüntüleme sistemi ile arazi şartlarında yabancı otların belirlenmesi için bir çalışma yapmışlardır. Kullanılan donanımlar ve geliştirilen algoritmalar sayesinde bitki ve yabancı ot tanımlamalarında ortalama %86 oranında ve herbisit uygulamalarında %90 oranında azalma sağlamışlardır.

Meyer ve ark. (1998) iki geniş yapraklı ve iki tane dar yapraklı yabancı ot türü için topraktan bitkileri ayırmak için bilgisayar görüntü işleme istatiksel bir yöntem geliştirmişlerdir. Yeşil indeks kullanılarak topraktan bitkiler ayırt edilmiştir. Belirli periyotlarla toprak ve bitkinin yeşil renkte sınıflandırılması yapılmıştır. ikili sistemler, toprak ve bitki için dört farklı klasik tekstürel özellikleri ortaya çıkarmak için Gri skala görüntüleri ile birlikte kullanılmıştır. Bu özellikler ortak matristen türetilmiştir.

LaMastus ve ark. (2000), homojen bir şekilde büyüyen bitkilerde yabancı otların belirlenmesi amacıyla çok bantlı (4 bant) kamera sistemi kullanmışlardır. Sonuçta yetiştirilen bitki türüne ve yabancı ot çeşitlerine bağlı olarak %69–88 oranında doğruluk elde etmişlerdir.

Mortensen ve ark. (2000), mısırda yabancı ot kontrolü ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Yabancı ot popülasyonunu belirlemek için geliştirdikleri sensörden elde ettikleri verilerle değişken düzeyli ilaçlama yapmışlardır. Sonuçta geleneksel yöntemlere göre uygulanan ilaç miktarında %11,5–98 oranında azalma sağlamışlardır. Bu değerlerin yabancı ot yoğunluğuna göre değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Pérez ve ark. (2000), araştırmalarında tahıl ekili tarlalarda bulunan yabancı otların belirlenmesinde şekil ve renk analizi yapabilen görüntü işleme tekniğinden yararlanma olanakları üzerinde durduklarını belirtmişlerdir. Herbisit uygulamalarında tarladaki yabancı ot dağılımının bilinmesinin öneminden söz etmişlerdir. Görüntü işleme tekniğiyle yabancı ot ve ana bitkinin renk ve şekil özelliklerinden yararlanarak yabancı otları belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla değişik yöntemlerden yararlanarak tarla koşullarından elde ettikleri görüntüler üzerinde işlemler yapmışlardır. Araştırmaları sonucunda, asıl ve görüntü işlemeyle yapılan ölçümler arasında % 85’ in üzerinde korelasyon saptadıklarını açıklamışlardır. Görüntü işleme tekniğinden bu amaçla başarıyla yararlanılabileceğini ve yöntemin doğruluğunun çok yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Hemming ve Rath (2001), kültür bitkileri arasındaki yabancı otları belirliye bilmek için dijital görüntü analizi geliştirmişlerdir. Sınıflandırma algoritmasını geliştirmek amacıyla lahana ve havuç sebzeleri ve doğal olarak ortaya çıkan yabancı ot türlerinin bir kısmı kullanmışlardır. Bu görüntüler kontrollü aydınlatma şartları altında elde edilmiştir. Bu analiz çevrim dışı gerçekleştirilmiştir. 8 farklı morfolojik özellik ve 3 renk özelliği her biri için hesaplanmıştır. Farklılıklar için uygun olan özelliklerin saptanmasında istatistikten faydalanılmıştır. Sınıflandırma için bulanık mantık yaklaşımı kullanılmıştır. Deneyler sınıflandırmanın doğrulunu arttırmak için renk özellikleri gerekli ve önemli olduğunu göstermiştir. Renk özelliği bitki ve toprağın ayırt edilmesinde başarıyla kullanılmıştır. Yetiştirme dönemi, yabancı ot yoğunluğu ve hesaplama yöntemine bağlı olarak sınıflandırma %51 ile %95 oranında doğru olarak yapılmıştır.

Gebhardt ve ark. (2006), çalışmalarında dar yapraklı ve geniş yapraklı dirençli ve yaygın olan yabancı ot türlerinin tanımlanması üzerinde yoğunlaşmışlardır. Tarla uygulamalarında bu bitkilerden 108 adet dijital fotoğraf görüntüsü alınmıştır. Bu görüntüler sınıflandırılmıştır. Görüntüler kırmızı, yeşil ve mavi renk tonlarına göre bölüntülere ayrılmıştır. %97 görüntü eşiğinde elde edilen görüntülerin homojenliğini hesaplamışlardır. Sonuç olarak morfolojik açılım gerçekleştirilmiştir. Objeler bitişik bölgeleri ile değerlendirilmiştir. Şekil, renk ve tekstür tanımlayan özellikler her bir obje için hesaplanmıştır. Yabancı ot türleri arasındaki farklılıklar maksimum olasılık sınıflandırmasıyla yapılmıştır. Buna ek olarak özelliklerin kombinasyonunun sınıflandırmanın sonucunu nasıl etkilediğini test amacıyla derecelendirme analizi yapılmıştır.

Watchareeruetai ve ark. (2006), görüntü işleme teknikleri kullanarak çim içerisindeki yabancı otları tespit ederek ilaçlama yapmışlardır. Bu çalışmada %90-%94 arasında kimyasal ilaç kullanımında azalma ve %58-%85 arasında yabancı ot imhası gerçekleştirmişlerdir.

Jafari ve ark. (2006), tarafından yapılan çalışmada makineli görüş konusu şeker pancarındaki yabancı otlar için işlenmiştir. Ama yaprakların üst üste binmesi ve onların üstünü kapaması yüzünden zararlı otları belirlemede zorluklar çekmişlerdir. Çalışmada farklı bitkilerin doğru renklerini oluşturan 3 temel bileşenin (mavi, kırmızı, yeşil görüntü) arasındaki bağlantı ayırma analizinde kullanılan 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.

Habib ve ark. (2007), görüntü işleme yöntemiyle yabani ot sınıflandırması yapmışlardır. Görüntünün işlenmesi ve herbisit uygulamasını sağlayan mikrokontrolör ünitesinin kontrolü bir PDA ile sağlamışlardır. Bu çalışma laboratuarda çeşitli yabancı otlarla yapılmıştır. Dar ve geniş yapraklı yabancı otların her birinden 70' er örnek ile 140 yaprak şekli alınarak yapılan çalışmada yabancı otların sınıflandırılmasında % 97 verim alınmıştır.

Ihsak ve ark. (2007), görüntü işleme yoluyla geniş ya da dar yapraklı yabancı otlar tespit etmişlerdir. Bu çalışmada iki farklı yöntem kullanmışlardır. RIO dar yapraklı yabancı ot tespitinde Quadratic Polynomial tekniği ise geniş yapraklı yabancı ot tespitinde kullanılmıştır. Dar ve geniş yapraklı yabancı otlara farklı herbisit uygulaması gerçekleştirmişlerdir.

Mustafa ve ark. (2007), yabancı ot çeşitlerini dar ve geniş olarak tanımlamak ve ayırt etmek için, görüntü işleme yöntemini kullanan zeki bir yabani ot kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Görüntü işlemede yabancı otların tanınması ve sınıflandırılmasında en iyi çözümü gerçekleştiren GLCM ve FFT tekniklerini kullanmışlardır. Çevrimdışı görüntüler ve kaydedilmiş videolar test etmişler ve başarı oranı %80' in üzerinde başarı sağlamışlardır.

Ishak ve Rahman (2010), çalışmalarında online otomatik yabancı ot saptayıp pülverizasyon yapan bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem yabancı otu otomatik ve hassas olarak algılayarak pülverizasyon yapmaktadır. Ayrıca sistem gerçek zamanlı olarak yabancı otların yoğunluğunu ve çıkış noktalarını belirlemektedir. Pülverizasyon uygulamasının başlamasından sonra web kamera öncelikle yabancı otların görüntülerini çekmektedir. Bilgisayar programı piksel formunda RGB değerlerini saptamaktadır. Bu değerler pülverizasyon süresince gerçek görüntüleri yakalanan yabancı otları RGB değerleri ile referans olarak kullanılan RGB değerlerini karşılaştırılmalarında kullanmışlardır. Yabancı otların yeşil renkli piksel değerinin yoğunluğu veya yüzdesine bağlı olarak püskürtme memeleri açma ya da kapama yapmaktadır. Başka bir değişle kamera yabancı otu yakaladığında püskürtme memesi açılmaktadır. Bu çalışmada asıl amaç çevre kirliliğini, masrafları, iş gücünü ve kayıpları azaltmaktır.

2.1.1. Görüntü işlemenin tarım alanındaki diğer uygulamaları

Majumdar ve Jayas (1999), buğday büyüklüklerinin sınıflandırılması için dijital görüntü işleme algoritması geliştirmişlerdir. Örneklerin tekstürel özellikleri, tanelerdeki en yüksek sınıflandırma doğruluğunu veren renk veya renk bandı kombinasyonunu saptamak amacıyla, görüntülerin farklı renkler(RGB) ve renk bandı kombinasyonların'dan ortaya çıkarılmıştır. Tekstürel özellikler, tanelerdeki en yüksek sınıflandırmayı veren maksimum gri seviyedeki 32 değerinde kırmızı renkten ortaya çıkmıştır. Alt görüntülerden ortaya çıkan renk veya tekstürel özellikler ve alt görüntülerin içerisinde bölüntülenmiş orijinal görüntüler kullanıldığı zaman orijinal görüntülerin kullanıldığında sınıflandırılma doğruluğu azalmıştır. Örneklerin renk özellikleri veri gruplarındaki tanelerin sınıflandırılması için kullanıldığı zaman, ortalama doğruluk %100 dür.

Dursun ve Göknur-Dursun (2000), araştırmalarında görüntü işleme tekniği yardımıyla sıra üzeri tohum dağılımının belirlenmesi konusu üzerinde durmuşlardır. Buğday, mısır, havuç, domates ve şeker pancarı tohumlarını kullanarak sıra üzeri uzaklıkları farklı olan örnekler hazırlamışlardır.

Varner ve ark. (2000), soya sıraları arasında kazık otu yetiştirmiş ve uzaktan algılama yöntemleri ile bunları belirlemeye çalışmışlardır. Uzaktan algılama görüntülerinde kontrollü sınıflandırma yapmak suretiyle %78- %86 doğruluk düzeyinde yabancı otları belirlemişlerdir. Bu sonuçlarla birlikte uzaktan algılama yöntemlerinin hassas tarım uygulamalarında daha etkin olarak kullanılabilmesinin, yersel ve spektral çözünürlüğü artırılmış uydu verilerinin kullanılmasına bağlı olduğu belirtilmiştir.

Brosnan and Sun (2002), derleme niteliğindeki çalışmalarında tarım ürünlerinin gıdaların sınıflandırılmasında ve denetiminde görüntü işlemeden yararlanılması olanakları üzerinde durarak bu konuda yapılan çalışmalardan söz etmişlerdir. Görüntü işleme tekniğinin bu tür çalışmalara çok uygun, hızlı sonuç veren ve basit bir teknik olduğunu belirtmişlerdir. Görüntü işleme tekniğinden sebzelerde ve meyvelerde olduğu kadar tahıllarda da başarıyla kullanılabileceğini açıklamışlardır. Elmalarda, portakallarda, çileklerde, sert kabuklu meyvelerde, domateste vb. diğer ürünlerin sınıflandırılması ya da şekil, renk, zedelenme gibi bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesine ilişkin birçok çalışmanın yapıldığını belirtmişlerdir. Tahıllardan buğdayda, arpada, yulafta, mısırda, pirinçte tohum kalitesinin görüntü işleme tekniğiyle belirlenmesine yönelik olarak birçok çalışmanın yapıldığından söz etmişlerdir.

Shahin and Symons (2002), araştırmalarında baklagil tohumlarının boyut ve renk analizinde görüntü işleme tekniğinden yararlandıklarını belirtmişlerdir. Bu amaçla tohumların görüntülerinin bir bilgisayara aktarıldığını belirtmişlerdir. Bilgisayara aktarılan görüntülerin bir görüntü işleme programıyla analiz edildiğini bildirmişlerdir. Elle ve görüntü işleme tekniğiyle ölçülen değerler arasında % 95' in üzerinde ilişki belirlemişlerdir.

Aktan (2004), araştırmasında Japon bıldırcınlarında bazı yumurta iç ve dış kalite özellikleri ile bunlar arasındaki ilişkilerin sayısal görüntü analizi yöntemiyle belirlenmesini amaçlamıştır. Sekiz aylık bir bıldırcın sürüsünden elde edilen toplam 72 adet yumurtaya ait kabuklu ve kırılmış haldeki sayısal görüntülerden kabuklu yumurta alanı, yumurta genişlik ve uzunluğu, toplam yumurta içeriği, dış sulu ak, iç koyu ak ve yumurta sarısı yayılma alanları belirlenmiştir. Ayrıca yumurta sarısı renk değerinin RGB renk uzayında belirlenmesine çalışılmıştır. Dış sulu ak yayılma alanı ve yumurta sarısının dairesel görüntüden sapması bakımından daha geniş bir varyasyon görülmüştür (sırasıyla % 33,23 ve % 51,01). Yumurta ağırlığı ile iç koyu ak ve yumurta sarısı yayılma alanı arasında sırasıyla 0,489 ve 0,796 ($P<0.001$) düzeylerinde korelasyon belirlenmiştir. Yumurta sarısı sayısal renk analizinde, renk tonunun R (kırmızı) ve G (yeşil) değerleri tarafından belirlendiği sonucuna ulaşmıştır.

Shahin and Symons (2005), araştırmalarında görüntü işleme tekniğinin tohumların boyutlarına göre ayrılmasında çok önemli bir yeri olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında 4 farklı tohum çeşidini ele alarak bunlara ait renk, şekil ve boyut özelliklerini görüntü işleme tekniğiyle belirlemişlerdir. Ölçümler sırasında küresel bir yapıya sahip olan yeşil ve sarı bezelye ile küresel bir yapıda olmayan nohut ve soya fasulyesi çeşitlerini incelemişlerdir. Tohumları bir tarayıcıdan geçirerek bir görüntü işleme programıyla analiz etmişlerdir. Ölçümleri elle ve görüntü işlemeyle yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır. Bir örneği ölçme zamanının görüntü işlemede 30 saniyeden daha az olduğunu buna karşılık elle ölçümde bu zamanın 10 dakikanın üzerinde olduğunu açıklamışlardır. Araştırmaları sonucunda, geliştirdikleri görüntü işleme programının küresel olan ve küresel olmayan tohumların boyut ve şekil özelliklerini ölçmede başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Elle ve görüntü işlemeyle ölçülen değerler arasındaki farkın önemsiz ($p>0.05$) düzeyde; maksimum hatanın % 3' den ufak olup % 1,2 düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir.

2.2. Yapay Sinir Ağları İle Yabancı Ot Üzerine Yapılan Çalışmalar

Hahn and Muir (1996), lahanalar üzerine yaptıkları çalışmada yapay sinir ağlarını kullanarak lahana, toprak ve yabancı otu ayırt etmeye çalışmışlardır. Her birinin renk örnekleri alınarak renge göre sınıflandırma yapmışlardır. Bir ışık kaynağından gönderilen ışığın yansımasıyla gelen ışık, renk detektörleri aracılığı ile dalga boylarına göre seçilerek ayırt etme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Lee ve ark. (1999), domates yetiştiriciliğinde gerçek zamanlı olarak yabancı ot mücadelesi yapabilecek robotik yabancı ot kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Sistemin temelini kısa sürede görüntü elde edip işleyebilen bir düzenekle buradan aldığı komutlarla ilaçlama yapan ilaçlama ünitesi oluşturmuştur. Sonuçta bazı ilave çalışmalarla sistemin kullanışlı hale geleceğini belirtmişlerdir.

Moshou ve ark. (2001), kendi kendini organize edebilen YSA' larla bitkilerin sınıflandırılması çalışması yapılmıştır. Burada ağın eğitimi süresince elde edilen hatalı bilgiler, yeni bir eğitme algoritması ile tekrar eğitilmişlerdir. Bu metod iyi bir genelleme ve hızlı bir şekilde sonuca ulaşmada başarılı olmuştur. Bu sınıflama metodu mahsullerin ve yabancı otların sınıflandırılmasında da kullanılmıştır. Bu metod, klasik Bayes sınıflandırma metodu ile de karşılaştırılmış ve önerilen metodun daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

El-faki ve ark. (2000) makalelerinde buğday ve soyanın gövdelerinin yeşil olduğu fakat birçok yabancı türün kırmızımsı gövdeye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu renk özellikleri renk görüntü işleme sistemi yardımıyla basit bir yabancı ot saptama yöntemi kurulması için kullanılmıştır. Bu metod, üst üste gelme, yaprak yönü, kamera odaklanması ve rüzgarın etkisine bağlı olarak düşük hassasiyeti sebebi ile tekstür veya şekil tabanlı yöntemlerden daha pratiktir. RGB nin gri seviyeleri ile oluşan bağıl renk indisinin 4 tipi tasarlanmıştır. Bu renk indislerinin en efektif kombinasyonlar'ı istatiksel metod kullanılarak seçilmiştir. Bu kombinasyonlar, iki yapay sinir ağı (NN) sınıflandırıcı ve fark analizi (DA) tabanlı istatiksel sınıflandırıcı için değişen inputlar olarak kullanılmıştır. Bu sınıflandırıcılar buğdayda 3 yabancı türü, soyada 3 yabancı türü kullanılarak eğitilmiş ve test edilmiştir. Ön işlem ve sonra işlem algoritmaları pürüzleri azaltmak işlem zamanı kısaltmak için geliştirilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki sonuçlandırmanın başarısında istatiksel DA sınıflandırıcı NN sınıflandırıcıdan daha doğru olduğunu bildirmişlerdir. Yabancı ot türlerinin yanlış sınıflandırma oranları %3 ün altında olmuştur. Bunun sebebinin bitkilerin gelişme

dönemine bağlı olarak bazı yabancı otların gövdelerindeki kırmızımsı renkteki değişimler olduğunu açıklamışlardır.

Aitkenhead vd. (2003), yabancı otların mahsullerden ayrılmasında da YSA metodlarından yararlanmışlardır. Bu metodla tarımda, kimyasal olmayan metodlarla mahsullerin yabancı otlardan ayrılmasında bir adım atılmış olmaktadır. Bu çalışmada kendi kendini organize edebilen bir YSA kullanılmıştır. Burada ağ bitkilerin tanıtılması için eğitilmiş ve bu eğitimin sonunda da ağ, kendisine sonradan gösterilen ve daha önce görmediği bitkilerin %75'ini tanımayı başarmıştır.

Yang vd., (2003), yabancı otları yok etme spray sisteminin geliştirilmesinde de YSA' dan yararlanılmıştır. Böyle bir sistem için gerçek zamanlı olarak görüntü toplama ve işleme sistemine ihtiyaç vardır. Yabancı otların tanımlanması, yoğunlukları dijital kamera kullanılarak kontrolü sağlanmıştır. Bu görüntü işleme için de bir YSA' dan yararlanılmıştır. Bulanık mantık metodu ile birlikte yapılan bu çalışmanın sonucunda yabancı otları yok etme sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

2.2.1. Yapay sinir ağlarının tarım alanındaki diğer uygulamaları

Elizondo ve ark. (1994), YSA' nın diğer bir uygulaması ABD'de, soya fasulyesinin çiçeklenmesi ve fızyolojik olgunlaşması tarihlerinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Bu durumdaki YSA modeli dört giriş düğümünden, üç gizli düğümden ve bir çıkış düğümünden oluşmaktadır. Giriş verileri olarak maksimum ve minimum sıcaklıklar, foto periyodu ve ekinden veya çiçeklenmeden sonra kaçıncı gün olduğu girilmekte, çıkışta ise ya çiçeklenme günü (tahmin), ya da olgunlaşma günü (tahmin) elde edilmektedir. Ağla yapılan deneyler bu YSA' nın yaklaşık 2-4 gün hata ile tahmin yaptığını göstermiştir.

McClendon ve ark. (1996), yerfıstığı yetiştirilmesinde kullanılan bir YSA, en uygun sulama kararını verebilmek için Georgia-ABD'de kullanılmıştır. Burada giriş verileri olarak yılın günleri, topraktaki su oranı, sıcaklıklar ve benzeri gibi on iki değişken girilmektedir. Çıkış olarak elde edilen veri sulama kararıdır (0 - sulama yok, 1 - sulama yapılsın). Eğitim 1986 yılı verilerini temel alarak yapılmıştır.

Yang ve ark. (1996), yeraltı suları drenaj sisteminin tasarlanması için başka bir YSA uygulaması da, beş giriş verisi (suyolu alanı, günlük yağmur miktarı, günlük buharlaşma miktarı, bir önceki günün su tablosu derinliği ve önceki gün suyolu akımı) ve iki çıkış düğümü (günlük su tablosu derinliği ve suyolu akımı) şeklinde Kanada'da

yapılmıştır. Yöntem yonca tarlalarının drenaj sisteminin tasarımı için kullanılmış ve olumlu sonuçlar vermiştir.

Tamari ve ark. (1996), YSA' nın diğer bir uygulaması, toprağın su geçiriciliğini tahmin etmek için Meksika'da yapılmıştır. Toprağın doymazlık akın problemini çözmek için çoğu zaman zorlukla elde edilen toprak verileri gerekmektedir. Problemi YSA ile çözmek için iki katmanlı bir model kullanılmıştır. Sonuçlar lineer regresyon yöntemi ile kıyaslanmış ve hangi durumlarda YSA' nın daha efektif olduğu belirlenmiştir.

Jarmulak ve ark. (1997), tarımda meydana gelen belirsiz doğrusal olmayan sistemlerin kontrolünde de YSA' dan yararlanılmıştır. Bu sistemlerin kontrolünde kullanılan klasik yazılımlar oldukça geç sonuçlar vermektedir. Kullanılan YSA modeli klasik yöntemlere göre daha hızlı çalışmaktadır. Ama YSA için, istenilen sonuçları almadan önce geniş bir deneysel veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Burada bu veri setini elde etmek için öncelikle iki yazılımdan sonuçlar elde edilmiş ve bunlar YSA' nın eğitme ve test setlerinde kullanılmışlardır. Aynı zamanda bu çalışmadan elde edilen bu setler bioreaktör çalışmalarında da kullanılmıştır.

Noguchi and Terao (1997), bir zirai mobil robotunun optimal yolunun belirlenmesi için geliştirilen teknikte YSA ve genetik algoritma beraber kullanılmışlardır. Burada YSA zirai mobil robotun hareketlerini yönlendirmek için kullanılmıştır. YSA tarafından bir simülasyonla yolu belirlenen robotun, bu yolu en optimum şekilde nasıl kullanacağına da genetik algoritma ile karar verilmiştir. Bu teknik tarımdaki doğrusal olmayan kontrol problemlerine önemli bir katkı sağlamıştır.

Parmar ve ark. (1997), yerfıstığı ile ilgili aynı grubun ikinci bir çalışmasında yerfıstığı hasadının aflatoksinle aflatoxin kirletilmesinin değerlendirilmesi yine YSA kullanılarak yapılmıştır. Modelde giriş verileri olarak toprak sıcaklığı, kuraklık süresi, ürünün yaşı ve toplanmış ısı üniteleri gibi dört değişken ele alınmıştır. Toplanmış ısı üniteleri 23 °C den 29 °C ye kadar değişen toprak sıcaklıkları sınırını baz alarak hesaplanmıştır. En hassas sonucun toplanmış ısı değerini 25 °C olarak ve sekiz gizli düğüm götürüldüğü zaman elde edildiği gözlemlenmiştir.

Patel ve ark. (1998), yumurtaların sınıflandırılmasında uzman sistem ve YSA' dan yararlanılmıştır. Burada uzman sistem YSA' nın çıktı değerlerinde ve yumurtaların sınıflandırılmasında nasıl karar verileceğini bulmak için bilgi tabanını kullanmıştır. Öncelikle bu çalışma için bir simülasyon geliştirilmiştir. YSA tarafından kontrolü yapılan yumurtaların dağıtımları rassal bir şekilde simüle edilmiştir. Uzman sistem bu örnek yumurtaların sınıflandırılmasında kullanılmışlardır. Bu simülasyon çalışmasında

uzman sistem yumurtaları 5 kategoride sınıflandırmıştır. Bu simülasyon çalışmasının sonucunda, Uzman sistem ve YSA tarafından yapılan yumurta sınıflandırılması ve kontrolünün insanlar tarafından yapılan sınıflandırma ve kontrolünden daha iyi olduğu sonucunun ortaya çıktığı belirtilmiştir.

Draganova ve ark. (2003), çalışmalarında görüntü işleme analizi kullanarak Fusarium (Spp) hastalığına yakalanan mısır tanelerinin belirlenmesi için bir yazılım geliştirmişlerdir. Geliştirilen model, bulanık mantık kanunları ve yapay sinir ağları (PNN) temelli, sınıflandırma, renk ve tekstür özelliği kullanılabilirliği için istatiksel yaklaşımlar ve görüntü işlemeyi birleştirmektedir. Model üç çeşit mısır tanesinde denenmiştir. Mısır tanesinin renk ve tekstür analizinin birleştirilmesinde en iyi başarı(%98) yapay sinir ağları (PNN) temelli sınıflandırıcı kullanarak sağlanmıştır.

Moshou ve ark. (2004), çağımızda bitki hastalıklarının tedavisi için çok fazla kullanılan ilaçlar, maliyetleri yükseltirken aynı zamanda da tarımsal ürünlerdeki zehirli madde seviyesinde tehlikeli boyutlara gelmektedir. Bu nedenle bu ilaçların kullanımının en düşük seviyelere çekilmesi bir zorunluluk içermektedir. Bu bağlamda da hastalıkları daha değişik şekillerde teşhis edilip, iyileştirmek için YSA tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir. Burada bir buğday hastalığı olan "yellow rust" için havadan ilaçlama aracı geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada aynı zamanda yeni veri işleme tekniklerinden olan YSA sınıflama için kullanılmış ve iyi sonuçlar elde edilerek bitki hastalıklarının tanımlanmasında bu çalışma teşvik edici bir ilk adım olmuştur.

Çeşitli araştırmacılar tarafından, görüntü işleme teknikleri ve yapay sinir ağları kullanılarak yapılan çalışmaların genelinde şeker pancarı arasında bulunan yabancı otlar renk bilgisine göre tespit edilmiştir. Yabancı ot, toprak ve kültür bitkisine ait RGB değerlerindeki farklılığa göre sınıflandırma yapılmıştır. Çalışmaların çoğunda daha önce çekilmiş şeker pancarı ve yabancı ot resimleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca çalışmalarda yabancı otun yoğun olduğu bölgelerde değişken düzeyli herbisit uygulamaları yapılmıştır. Kültür bitkisi ile yabancı otu şekil bilgisine göre ayırt eden çalışmalar daha azdır. Şekil bitkisine göre ayırt etme işlemlerinde dar yapraklı ve geniş yapraklı yabancı otlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çalışmamızın özgünlüğü, şeker pancarı tarlasında sıra arası ve sıra üzerinde bulunan yabancı otları aynı anda ve gerçek zamanlı (online) kontrol ederek, yabancı otun tespit edilmesi durumunda üzerine ilaçlama yapan akıllı bir ilaçlama sistemi modeli geliştirilmiştir. Sıra arasındaki yabancı otlar renk bilgisine göre, sıra üzerindeki

yabancı otlar ise yapay sinir ağları yardımıyla şekil ve renk bilgisi kullanarak denemeler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada geliştirilen hassas ilaçlama robotunun değişik hız değerleri için yabancı otu tespit etme ve üzerine uygulanan ilaçlama sıvısının yabancı otu örtme yüzdelerini bulmak için deneyler yapılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

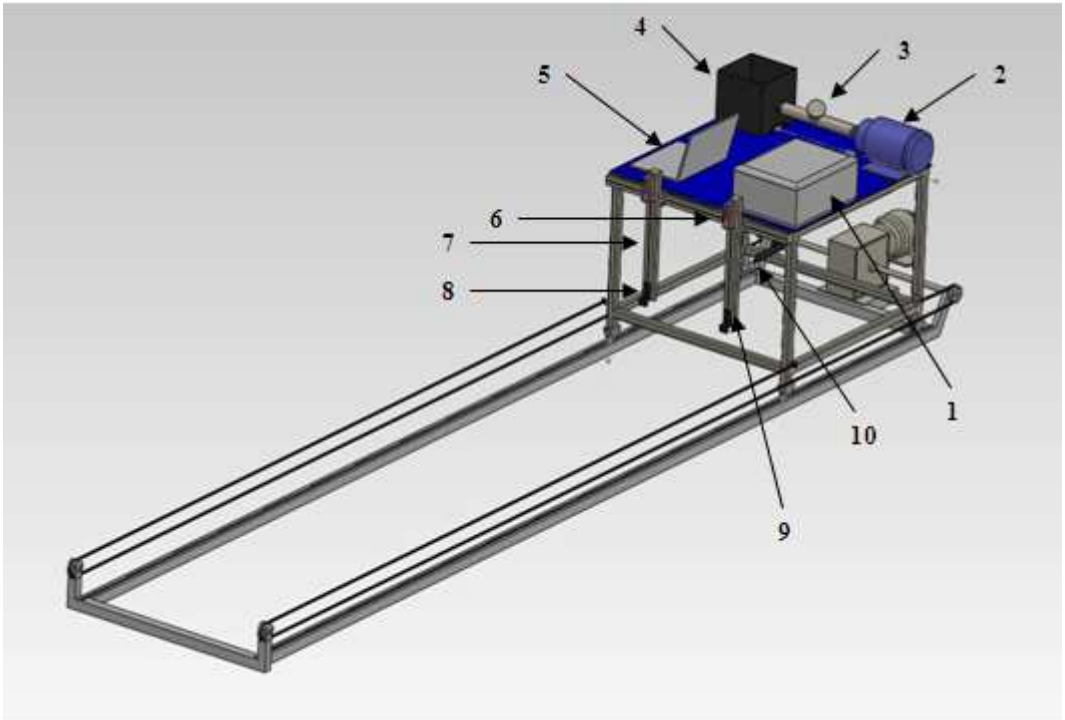
3.1. Materyal

3.1.1. Hassas ilaçlama robotu

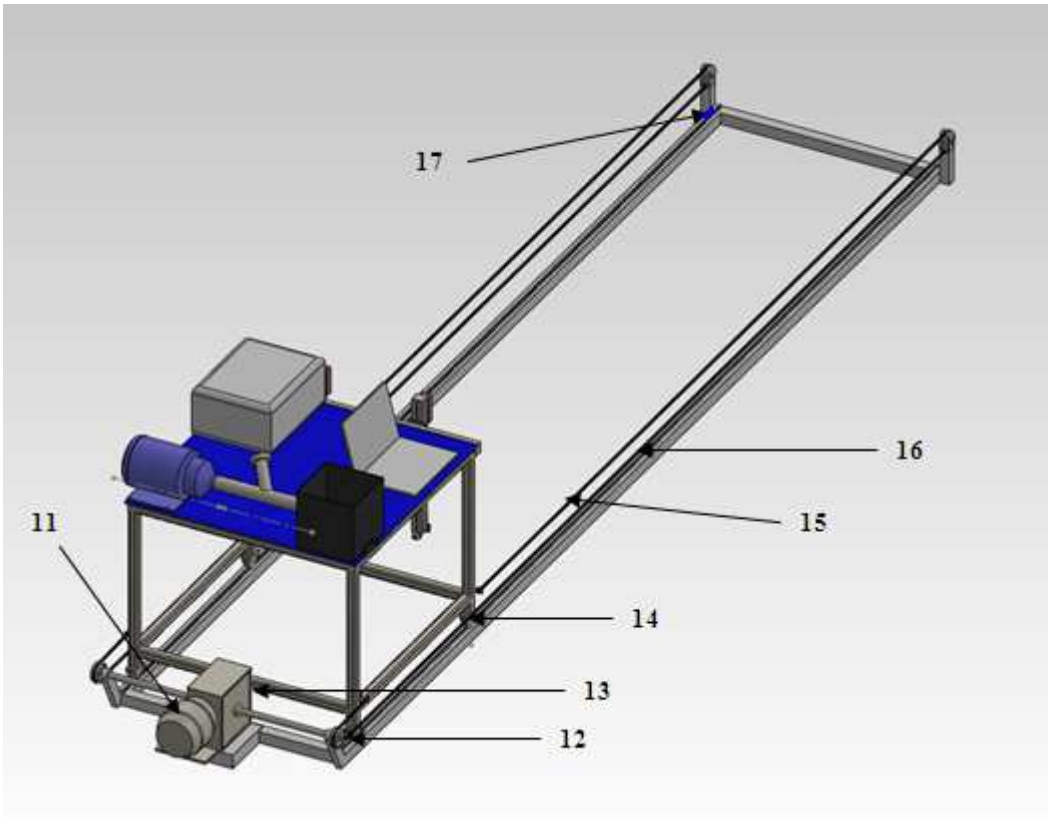
Çalışmada ilaçlama ünitesinin, kontrol ünitesinin, kameralar ve dizüstü bilgisayarın üzerinde bulunduğu profilden yapılmış hassas bir ilaçlama robotu geliştirilmiştir (Şekil 3.1). İlaçlama robotu 40x40 mm profilden 100x100x70 cm ebatlarında yapılmıştır. İlaçlama robotunun hareketi için 4 adet (6 cm çaplı) tekerlek kullanılmıştır. İlaçlama robotu, 5 m uzunluğundaki bir ray üzerinde 0.4 mm' lik çelik bir halat vasıtasıyla ileri geri hareket ettirilmiştir. Kameraların gördüğü alanları aydınlatmak için 12V' luk şerit ledler kullanılmıştır. Kullanılan aydınlatma sisteminin ışık değeri 100 lux olarak ölçülmüştür. Şekil 3.2' de hassas ilaçlama robotunun sıra arası ve sıra üzerindeki yabancı otları tespit ederek üzerlerine ilaçlama sıvısı (mürekkepli su) uygulayacağı test düzeneği görülmektedir. İlaçlama robotu ve test düzeneğine ait teknik çizimler Ek-1' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Hassas ilaçlama robotunun genel görünümü



1. Kontrol ünitesi, 2. Basınç pompası, 3. Filtre, 4. İlaçlama tankı, 5. Bilgisayar, 6. Yatay konum profili, 7. Dikey konum profili, 8. Web kamerası 9. İlaçlama memesi, 10. Aydınlatma sistemi



11. Asenkron motor, 12. Kasnak, 13. Redüktör, 14. Tekerlek, 15. Çelik halat, 16. Ray, 17. Siviç

Şekil 3.2. Test düzeneği

Hassas ilaçlama robotunun ileri ve geri hareketi PLC' li kontrol ünitesi üzerinde bulunan butonlar ile kumanda edilmektedir. 5 m uzunluğundaki rayın iki ucuna ilaçlama robotunun rayın başında ve sonunda olduğunu belirlemek için 2 adet limit siviç kullanılmıştır (Şekil 3.3).



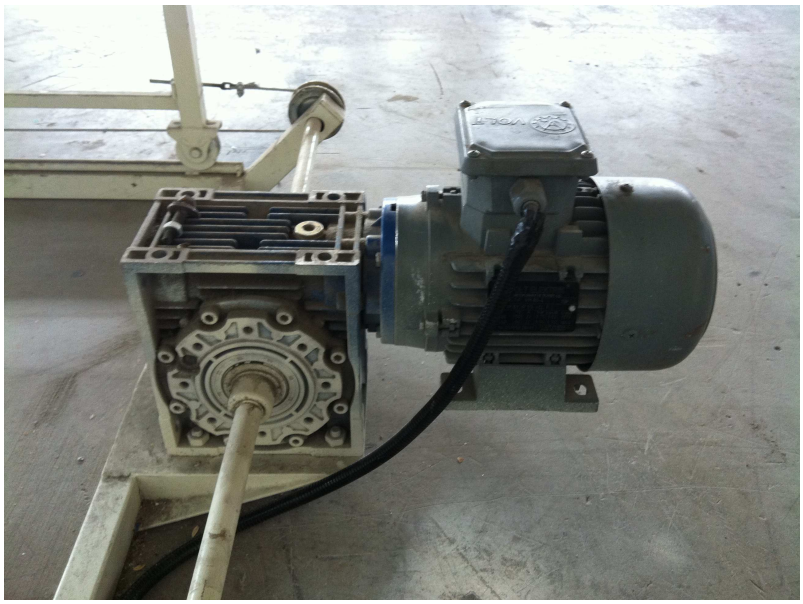
Şekil 3.3. Limit siviç

Hassas ilaçlama robotunun ray üzerindeki hareketi için 0.75 kW' lık 3 fazlı bir asenkron motor kullanılmıştır. Kullanılan motorun teknik özellikleri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Asenkron motora ait teknik özellikler

Özellik	**Değer**
Faz	3-faz
Tip	VM 80-4
Gerilim (V)	Δ 220 γ 380
Frekans (Hz)	50 / 60
Akım (A)	3.6
Güç (kW)	0.75
Cosφ	0.72
Devir (d/d)	1370

Kullanılan asenkron motor devri çok yüksek olduğu için bir redüktör yardımıyla oranlı bir şekilde düşürülmüştür. Kullanılan redüktör 1/100 oranlıdır. Çalışmada kullanılan asenkron motor ve redüktör Şekil 3.4' te görülmektedir.



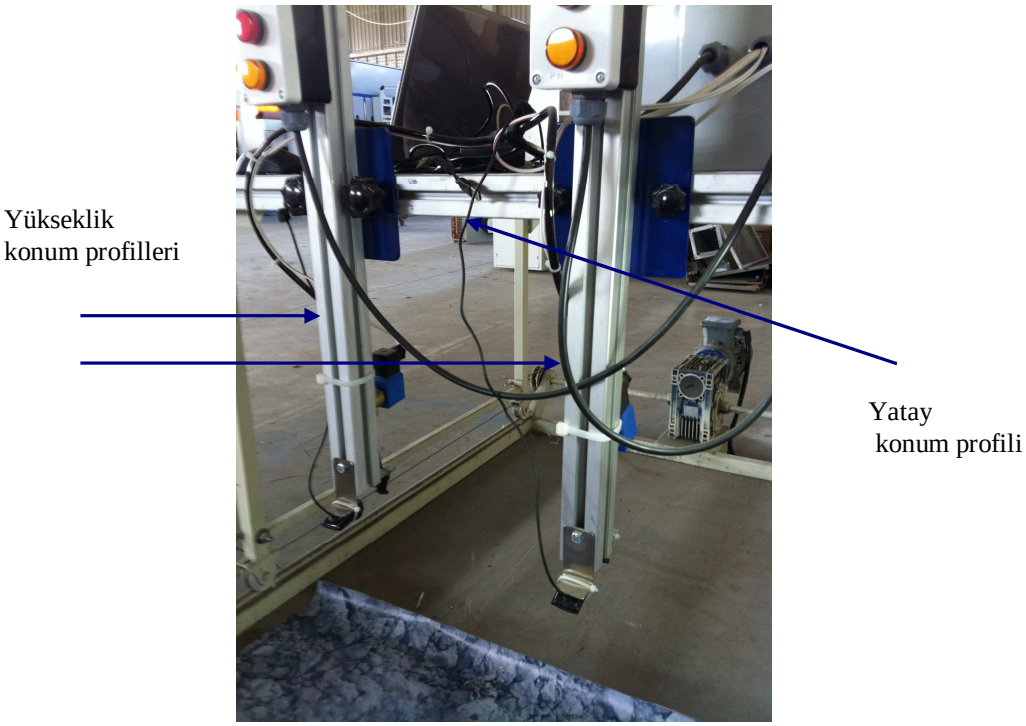
Şekil 3.4. Asenkron motor ve redüktör

Hassas ilaçlama robotunu istenilen hızda yürütebilmek için motor devrini kontrol eden Delta marka EL serisi VFD015EL21A model 1.5 kW gücünde bir hız kontrol cihazı (inverter) kullanılmıştır (Şekil 3.5). Frekansı 0- 100 Hz arasında değiştirerek değişik hızlarda ilaçlama robotunun hareketi sağlanmıştır.



Şekil 3.5. Hız kontrol cihazı

Kamera ve ilaçlama memesinin 4 yönlü konumunu istediğimiz ayarda kullanabilmek için alüminyum sigma profil kullanılmıştır. 45x45 mm boyutundaki yükseklik profilleri 60 cm, yatay konum profili ise 100 cm uzunluğundadır. Ana şasiye sabitlenmiş yatay konum profili üzerinde bulunan yükseklik ayar profilleri istenen yükseklikte ayarlanabilmektedir. Yatay konum ve yükseklik ayar profilleri Şekil 3.6' da görülmektedir.



Şekil 3.6. Yatay konum ve yükseklik ayar profilleri

3.1.2. İlaçlama ünitesi

İlaçlama ünitesi, basınç pompası, depo, filtre, selenoid valf ve ilaçlama memesinden oluşmaktadır. İlaçlama sıvısı olarak mürekkepli su kullanılmıştır. Yabancı otların üzerini ilaçlamada kullanılan sıvının (mürekkepli su) bulunduğu depo, 25x25x25 cm boyutlarında krom nikel saçtan yapılmıştır. İlaçlama robotunun hareketi sırasında ilaç deposunun yerinden oynamaması için ilaçlama robotunun üzerinde deponun konulduğu kısmın 4 kenarına saç korumalar yapılmıştır. Ayrıca deponun içerisindeki ilaçlama sıvısına toz girmemesi için bir kapak yapılmıştır. İlaçlama ünitesinin genel görünümü Şekil 3.7' de görülmektedir.

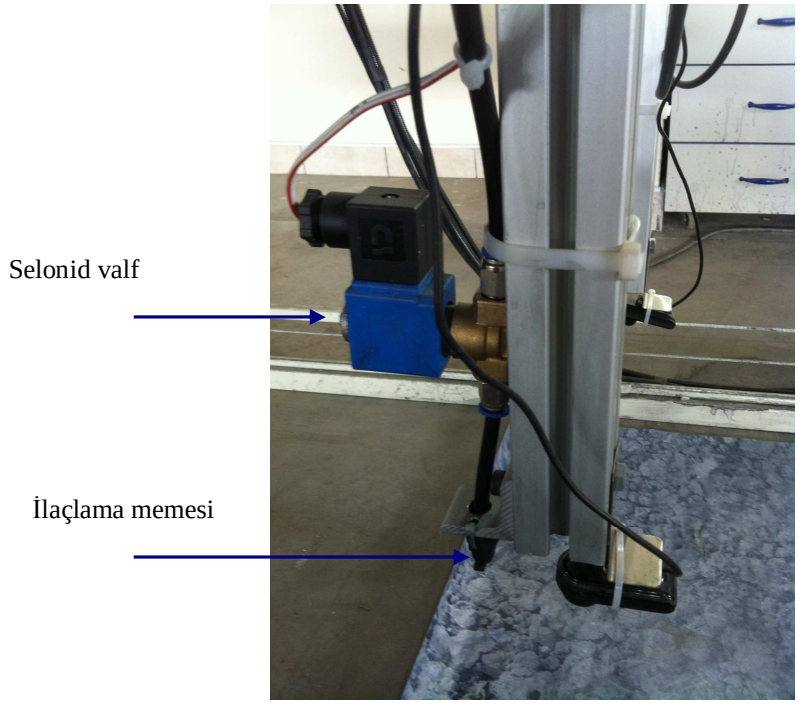
Depo ile pompa arasına, ilaçlama sıvısı püskürten ilaçlama memesinin tıkanmasını engellemek için 150 mikron filtre konulmuştur.

İlaçlama ünitesinde, yabancı ot üzerine uygulanan ilaçlama sıvısını ilaçlama memesinden püskürtmek için 0.75 kW, 8 bar basınç pompası kullanılmıştır. Pompanın üzerindeki basınç deposu 1 litre hacmindeki ilaçlama sıvısını istenilen basınçta bünyesinde muhafaza edebilecek kapasitedir. Herhangi bir anda gerekli olan basınçlı sıvı basınç deposundan kullanılır. Basınç deposuna bağlı basınç şalteri genleşme deposunun basıncı düştüğünde basınç pompasını çalıştırarak tekrar basıncı yükseltir.



Şekil 3.7. İlaçlama ünitesinin genel görünümü

İlaçlama pompası ve selonid valfler arasına uygun redüksiyon elemanlarıyla 8 mm çapında maksimum çalışma basıncı 10 bar olan hortum bağlanmıştır. Kullanılan selonoid valfler 12 V DC ve maksimum çalışma basıncı 12 bardır. Valflerin çıkışları yine hortum bağlantısıyla ilaçlama memesine bağlanmıştır. Şekil 3.8’ de kullanılan selonid valf ve ilaçlama memesi görülmektedir. Kullanılan ilaçlama memesi olarak 80 mikron jet sisleme çekvalfli nozzle kullanılmıştır. Sisleme başlığı, filtre ve membranı birlikte içeren ilaçma memesi 5.8 lt/h debilidir. 3.5 Atm basınçta çok iyi bir performans sağlar. Jet sisleme tertip aralığı 1.0 m x 1.5 m’ dir. Jet sisleme çekvalfi 2.5 Atm basıncında açılarak ilaçlama başlar, 1.7 Atm basınçta çekvalf kapanarak ilaçlamayı durdurur.



Şekil 3.8. Selonid valf ve ilaçlama memesi

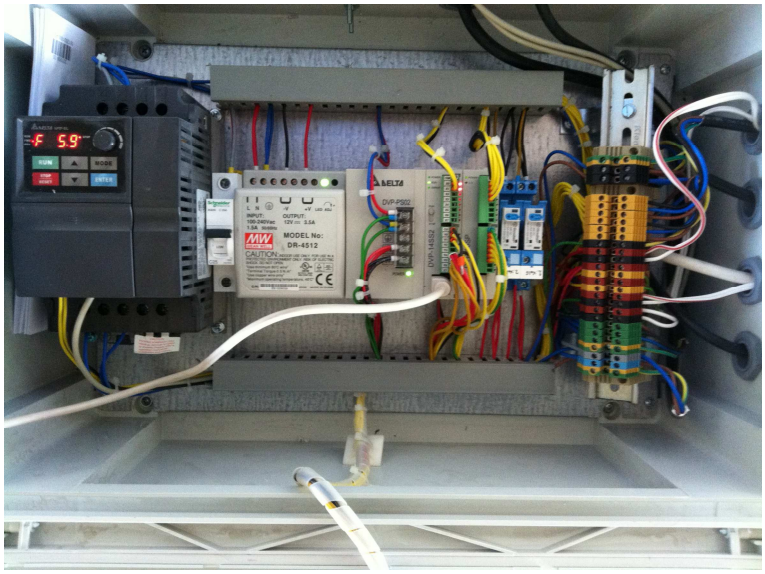
3.1.3. Kontrol ünitesi

Kontrol ünitesindeki devre elemanlarını korumak için bir adet polyester pano kullanılmıştır (Şekil 3.9). Panonun önünde ilaçlama robotunun hareketini kontrol eden ileri, geri ve stop butonları vardır. İlaçlama robotuna hareket veren asenkron motorun hız ayarını değiştirmek için bir adet potansiyometre kullanılmıştır. PLC ile bilgisayar arasında seri haberleşme yapılmıştır.



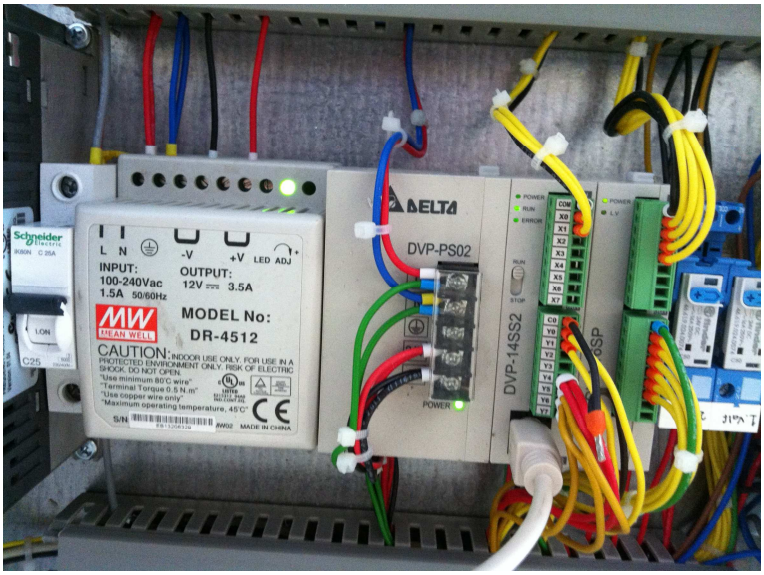
Şekil 3.9. Kontrol ünitesi panosu

Kontrol ünitesinde devre elemanlarını aşırı akım ve kısa devreden korumak için bir adet otomatik sigorta kullanılmıştır. Asenkron motor hız devrini ayarlamak için Delta marka EL serisi VFD015EL21A model 1.5 kW gücünde bir hız kontrol cihazı (inverter) kullanılmıştır. Valflerin enerjisini sağlamak için 12 V, 2.5 A anahtarlamalı güç kaynağı, valflerin durumunu değiştirmek için 2 adet 24 V, 6A role kullanılmıştır. Sistemin elektrik girişi, pompa enerjisi, motor enerjisi, siviç ve valf bağlantıları pano içerisindeki ray klemensleri ile yapılmıştır. Şekil 3.10' da kontrol ünitesinde kullanılan devre elemanları görülmektedir.



Şekil 3.10. Kontrol ünitesi devre elemanları

Kontrol ünitesinde dizüstü bilgisayardan gelen sinyallere göre valflerin durumunu değiştiren, ilaçlama robotunun hız kontrolünü sağlayan, limit siviçlerden gelen bilgileri kontrol eden Delta marka DVP-14SS2 serisi role çıkışlı bir adet PLC kullanılmıştır. Kullanılan PLC 8 adet dijital girişli ve 6 adet dijital çıkışlıdır. PLC' nin enerjisini sağlamak için 24 V, 2 A anahtarlamalı Delta marka DVP-PS02 serisi güç kaynağı kullanılmıştır. PLC' ye giriş ve çıkış sinyallerini aktarmak için Delta marka DVP-16SP serisi 8 adet dijital girişi ve 8 adet dijital çıkışı olan bir I/O modülü kullanılmıştır. Şekil 3.11' de kontrol ünitesinde kullanılan PLC ve arabirimleri görülmektedir. Kontrol ünitesindeki hız kontrol cihazı ve PLC' ye ait elektrik şemaları Ek-2' de verilmiştir.



Şekil 3.11. PLC ve arabirimleri

3.1.4. Dizüstü bilgisayar

Görüntü işleme algoritmalarının ve yapay sinir ağlarının geliştirilmesinde kullanılan Matlab yazılımının kurulu olduğu HP G62 model bir adet dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Kullanılan dizüstü bilgisayara ait genel özellikler Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Dizüstü bilgisayara ait teknik özellikler

Genel teknik özellikler	
İşlemci çeşidi	Intel Core i5
İşlemci hızı	2.53 GHz
Bellek boyutu	4 GB
Bellek çeşidi	DDR3
Ekran boyutu	15.6"
Ekran çözünürlüğü	1366 x 768
Ekran kartı	ATI
Ekran kartı boyutu	1024 MB
Hard disk boyutu	500 GB
Hard disk dönüş hızı	5400 rpm
USB port sayısı	3
HDMI	1

Dizüstü bilgisayara bağlı web kamerası ile alınan görüntü bilgileri Matlab yazılımında işlenerek resmin kültür bitkisi ya da yabancı ot olduğu belirlenmiştir. Eğer web kamerası tarafından alınan görüntü yabancı ot ise seri porttan PLC' li kontrol ünitesine sayısal bilgi gönderilir. PLC ilgili selonoid valfi açarak ilaçlamanın gerçekleştirilmesi sağlanır. Dizüstü bilgisayar ile PLC arasındaki haberleşme seri port ile sağlanmıştır.

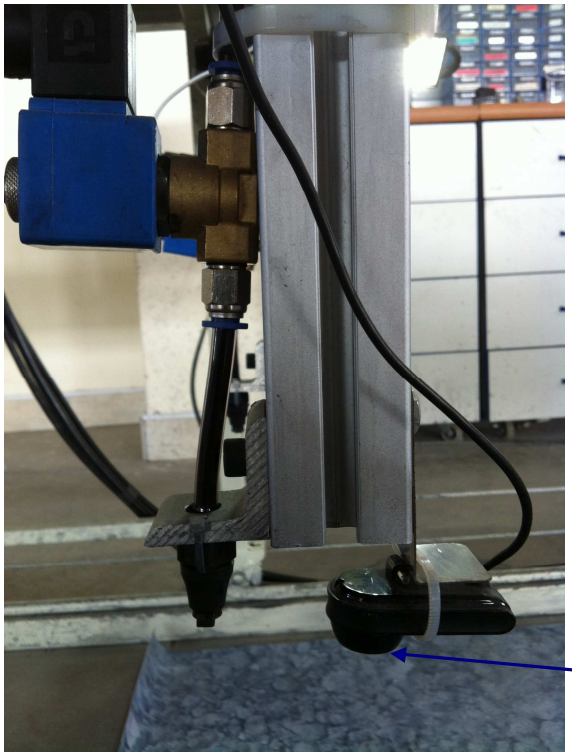
3.1.5. Web kamerası

Şeker pancarı bitkisi ve yabancı ot görüntülerini gerçek zamanlı olarak alan ve Matlab yazılımına aktaran CCD sensörlü Logitech C905 web kamerası kullanılmıştır (Şekil 3.12). Web kamerası ile dizüstü bilgisayar USB portu ile haberleşmektedir. Web kamerasına ait teknik özellikler Çizelge 3.3' te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Web kamerasına ait teknik özellikler

Logitech C905 Web Kamerasının teknik özellikleri	
Arabirim	USB 2.0
Maksimum çözünürlük	HD Video: 1600 x 1200 piksele kadar (720P Geniş Ekran), Fotograf: 8 megapiksele kadar(yazılım destekli)
CCD çözünürlük	Gerçek 2 megapiksel sensor
Lens tipi	Carl Zeiss®

Hassas ilaçlama robotunun ön tarafındaki yükseklik profiline sabitlenmiş olan web kamerası, zemindeki platform üzerine yerleştirilen kültür bitkisi ve yabancı ot resimlerini online alarak Matlab yazılımına aktarır.



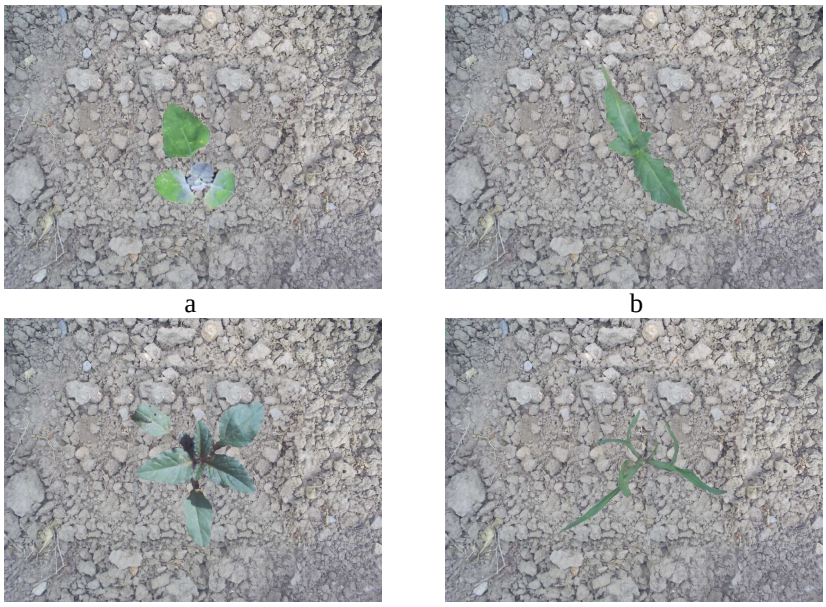
Şekil 3.12. Sistemde kullanılan web kamerası

3.1.6. Şeker pancarı ve yabancı ot resimleri

Çalışmada Konya ili Doğanhisar ilçesinde bulunan bir şeker pancarı tarlasındaki (38° 9' 24.78" N 31° 40' 32.74" E) şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*) ve yabancı otların fotoğrafı çekilmiştir. Şeker pancarı tarlasında bulunan sirken (*Chenopodium album*), diken (*Carduus natus*), yabani marul (*Lactuca scariola*) ve darıcan (*Echinochloa crus-galli*) çalışmamızda kullanılacak yabancı otlar olarak seçilmiştir. Araziden fotoğrafları çekilmiş şeker pancarı ve yabancı otlar, 1/1 oranında baskısı yapılarak elde edilen modeller çalışmada kullanılmıştır. Şeker pancarı bitkisi ve yabancı otlar aynı arka plana yerleştirilmiştir. Kullanılan modellerin üzerleri PVC kaplatılmıştır. Şekil 3.13' te denemelerde kullanılan şeker pancarı resmi, Şekil 3.14' te ise yabancı ot resimleri görülmektedir.



Şekil 3.13. Şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*) resmi



a b

c d

Şekil 3.14. Yabancı ot resimleri
a)Sirken (*Chenopodium album*) b) Deve dikeni (*Carduus nutans*)
c)Yabani marul(*Lactuca serriola*) d) Darıcan (*Echinochloa crus-galli*)

3.1.7. Matlab yazılımı

MATLAB Mathworks firması tarafından geliştirilen bir uygulama geliştirme ortamıdır. MATLAB MATrix LABoratory kelimelerinin kısaltılmasıdır. MATLAB kod yazılarak programlama yapılabilen uygulama geliştirilebilen bir platformdur (Demir, 2006).

Bu program ilk geliştirildiğinde amaç matris işlemlerinin kullanıcılar tarafından kolaylıkla yapılmasını sağlamaktır. Matlab, geliştirilmesi sonucu günümüzde basit matematiksel hesaplamalardan karmaşık analizlere varan çok çeşitli alanlarda kullanılabilir hale gelmiştir. Bu nedenle son zamanlarda Matlab özellikle bilimsel araştırmalar için tercih edilen ve popüler olarak kullanılan bir ortam haline gelmiştir.

Matlab’ ın bu denli popüler oluşunun altında sunduğu çok çeşitli komutların yanı sıra, grafiksel arabirime sahip oluşu, kolay alışılabilir ve kullanışlı bir ortam etkileşimi sunması, çok çeşitli alanlara (örneğin; Kontrol Bilimi, İnşaat Mühendisliği… gibi) hizmet eden farklı ve zengin kütüphanesinin olması yatmaktadır.

Çalışmada görüntü işleme algoritmaları ve yapay sinir ağının geliştirilmesi için MATLAB yazılımı kullanılmıştır. MATLAB R2011b versiyonunun Image Acquisition, Image Processing ve Neural Network araç kutuları kullanılarak çalışmadaki yazılım geliştirilmiştir.

3.1.7.1. MATLAB' in üstünlükleri

MATLAB' in diğer uygulama geliştirme platformlarına göre olan üstünlüğü zengin matematiksel işlem yeteneğidir. Başka programlama dilleri ile satırlarca kod yazılarak gerçekleştirilen işlemler MATLAB' in hazır matematiksel algoritmaları ile tek fonksiyon çağırılması ile gerçekleştirilebilir.

MATLAB birçok uygulama alanına göre hazırlanmış fonksiyonlara, algoritmalara ve fonksiyonlara sahiptir. MATLAB görüntü işleme gereçlerinin yanı sıra kontrol sistemleri, haberleşme, yapay sinir ağları, istatistik gibi birçok alanda uygulama geliştirebilecek imkân sağlamaktadır.

MATLAB ile kod yazılarak işlemler gerçekleştirilebildiği gibi simülasyonlar hazırlanarak birçok uygulama test edilebilir. Ayrıca simülasyonların sistemlerle gerekli donanım aracılığı ile bağlantısı sağlanarak gerçek zamanlı uygulamalar gerçekleştirilebilir (Demir, 2006).

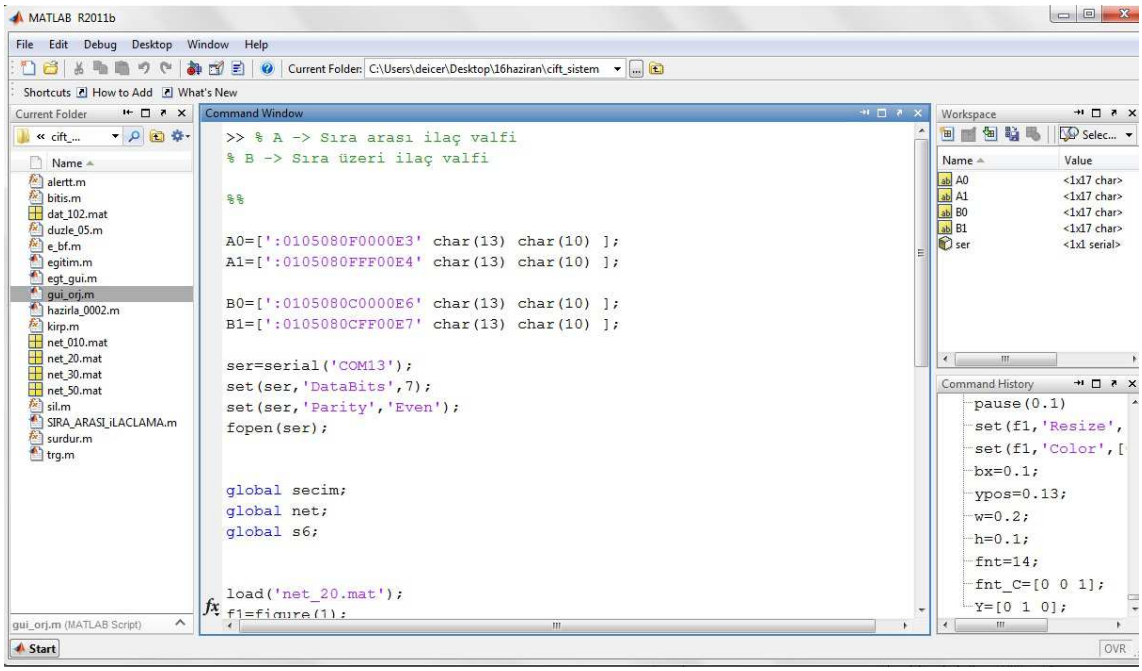
MATLAB işlem yapılan değişkenleri matris olarak tutmaktadır. Bu matrislerin sahip olduğu değerleri istenilen anda görüntüleyip, dış ortamlara aktarma, dış ortamdan veri alma imkânları sağlamaktadır. MATLAB' in önemli özelliklerinden biride üstün grafik yeteneğidir. İşlem sonuçları 2 ve 3 boyutlu grafik türleri ile görüntülenebilir (Özkan, 2010).

3.1.7.2. MATLAB ana ekranı

MATLAB ana ekranında bulunan kısımların en önemlisi "Command Window" denilen komut ekranıdır. Bu ekrana tek satırlı fonksiyonlar ve komutlar yazılarak işlemler yapılabilir. Ayrıca döngü ve karar yapıları ile çok sayıda fonksiyon ve komut bir arada kullanılabilir.

"Workspace" alanında ise o anda işlem yapılan, yüklenmiş olan tüm değişkenler ve matrisler yer almaktadır. Bunlardan istenilenler "Array Editor" denilen arabirim ile görüntülenir.

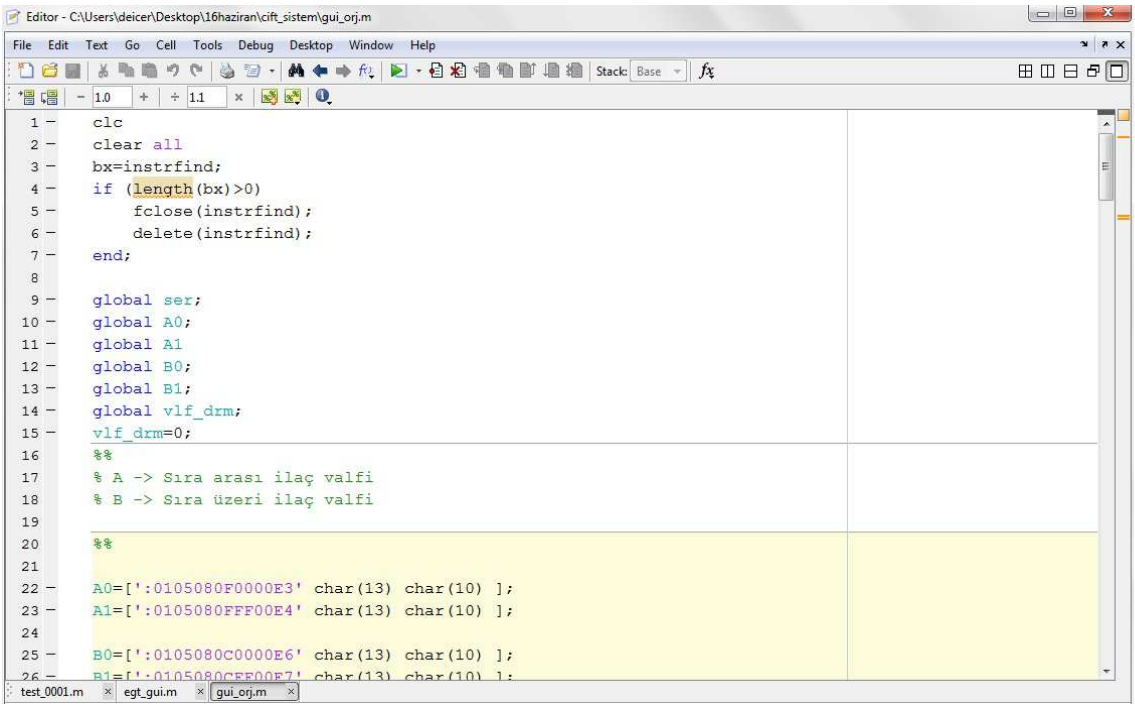
"Command History" denilen bölüm ise MATLAB' in son kullanımlarından gerçekleştirilen işlemler ve komutlar tarihleri ile birlikte tutulmaktadır. MATLAB' in menüleri kullanılarak dosya, düzenleme, grafik, program işlemleri, pencere ve yardım işlemleri yapılabilir. Ayrıca sol altta yer alan "Start" düğmesine basılarak MATLAB araç kutularına, simülasyon ve görsel arayüz tasarlama araçlarına erişilebilir. Şekil 3.15' de Matlab ana ekran görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.15. MATLAB ana penceresi

3.1.7.3. MATLAB kod yazma ortamı (.m File Editor)

MATLAB ortamında kod ile uygulama gerçekleştirme m dosyası denilen metin dosyaları yazılarak gerçekleştirilir. Bu uygulamalar ".m File Editör" denilen araç kullanılarak yazılır. M file editör ile MATLAB' in standart fonksiyonları ve ilgili gerecin fonksiyonları kullanılarak programlar yazılabilir. Editör gelişmiş birçok programlama editörü gibi kod düzenleme, derleme, test etme araçlarına sahiptir. Şekil 3.16' da Matlab kod yazma ortamı görülmektedir.

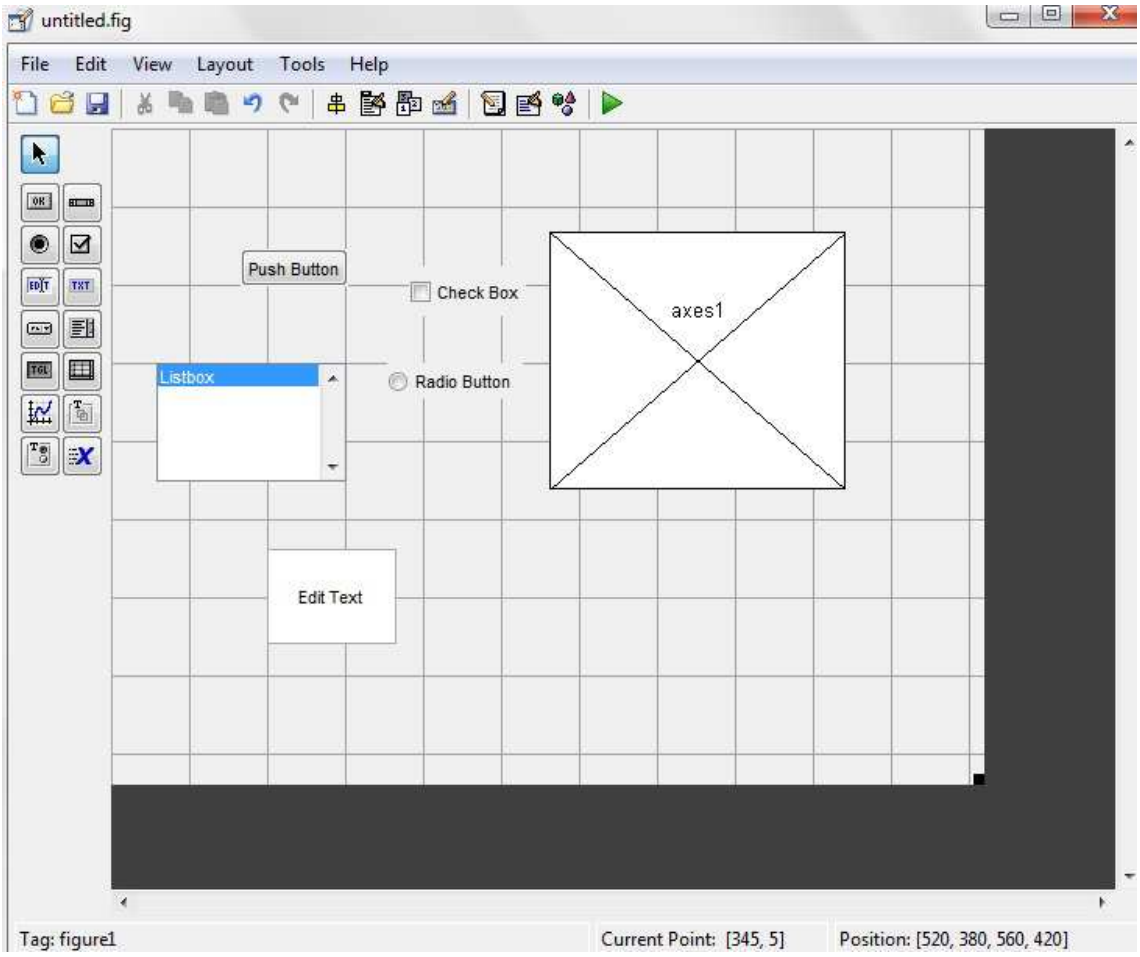


Şekil 3.16. MATLAB kod yazma ortamı

3.1.7.4. MATLAB görsel arayüz geliştirme aracı (GUIDE)

MATLAB klasik programlama tekniği olan kod yazarak uygulama geliştirmenin yanı sıra görsel arayüz geliştirme aracına sahiptir (Şekil 3.17). GUIDE denilen araç (Graphical User Interface DEsign) MATLAB ortamında görsel tasarım yapılabilir (Özkan, 2010). Düğmeler, metin kutuları, radyo düğmeleri, onay kutuları, kaydırma çubukları kullanılarak görsel tasarım oluşturulur. Bu elemanların arka planına yazılan. m dosyaları ile uygulama tamamlanır.

Çalışmada kültür bitkisi, yabancı ot ve toprak resimleri online alınarak, sistemin eğitilmesi için bir eğitim arayüzü geliştirilmiştir. Ayrıca sistemin daha kolay kullanılması için ana ekran arayüzü de GUI kullanılarak geliştirilmiştir.



Şekil 3.17. MATLAB görsel arayüz tasarım aracı

3.2. Yöntem

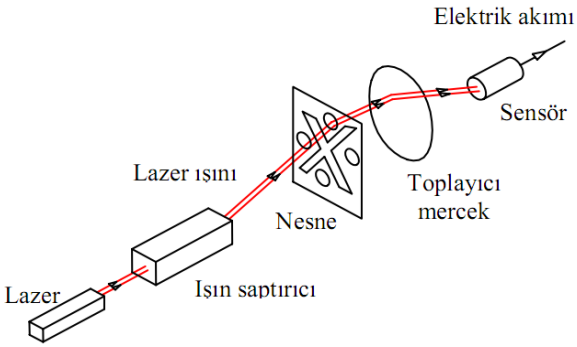
3.2.1. Bilgisayarla görme

Bilgisayarla görme, bir veya daha çok görüntünün üzerinde bilgisayar analizinin, bir veya daha çok ana işlemciyle zaman sırasına göre çeşitli tekniklerle gerçekleştirilmesidir. Bilgisayarla görme, görüntü veya görüntü setleri üzerinden bilgilerin teorik ve algoritmik olarak bilgisayar tarafından çıkarılıp incelenmesini sağlayan bir bilimdir. Görüntü üzerindeki nesne ve nesnelerle ilgili, nesnenin konumu ve yönlendirilmesi ile ilgili ve boyutuyla ilgili kavramları içerir (Baxes, 1994).

3.2.2. Görüntünün sayısallaştırılması

Görüntünün sayısallaştırılması, kameradaki görüntünün optik-elektrik mekanizma ile elektriksel sinyallere dönüştürülmesi işlemidir. Mercekte oluşan görüntü kameranın sensörleri üzerine odaklanır. Bu ışık elemanları üzerinde ışığın durumuna göre elektrik sinyalleri üretilir. Şekil 3.18' de şematik olarak bu durum gösterilmiştir. Bu sinyaller bilgisayar ortamına görüntü aktarılmasında kullanılan analog sinyallerdir. Sinyalleri üreten sistemler vakum tüp, yarı iletken sensör gibi yapılardan oluşmaktadır.

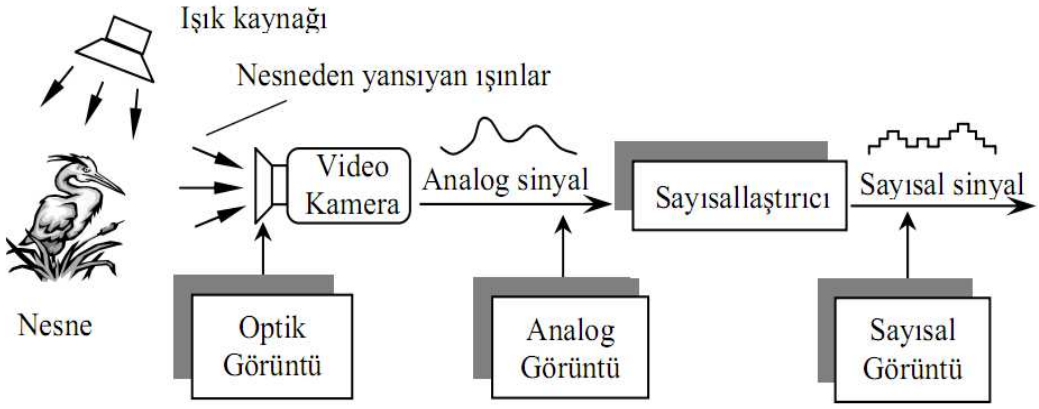
Diğer bir kullanılan teknoloji ise katı hal kameralardır. Bu kameralar Yük Bağlamalı Düzen veya Charge-Coupled Device (CCD) teknolojisi ile çalışan kamera çeşitleridir (Yaman, 2000). CCD sensör, bir dizi fotodiyottan oluşur. Fotodiyot üzerine ışık düştüğünde elektrik akımını ileten, düşmediğinde ise elektrik akımı iletmeyen özel bir diyot çeşididir. Fotodiyotlar ışığa duyarlı yüzey olarak iş görürler. Fotodiyotların üzerine düşen ışık elektrik gerilimi oluşturur. Bir analog-sayısal çevirici yardımıyla her bir pikseldeki elektrik şarjı ölçülür ve binary formda veriye dönüştürülerek bir matris oluşturulur.



Şekil 3.18. Sayısallaştırma işleminde temel aşamalar

3.2.3. Görüntü işleme

Görüntü işleme, genel terim olarak resimsel bilgilerin manipulasyonu ve analizi demektir (Castelman, 1996). Bu analizde takip edilen bazı temel aşamalar şu şekilde özetlenebilir: Birinci aşama, görüntü edinme işlemidir. Şekil 3.19' da görüntü yakalama aşamaları kabaca şematize edilmiştir. Burada bir ışık kaynağı ile aydınlatılmış nesne mevcuttur. Nesneden yansıyan ışınlar optik formda kameraya aktarılır. Nesneyi tanımlayan bu ışınlar, kamerada elektrik sinyallerine dönüştürülür. Böylece görüntü analog forma çevrilmiş olur. Analog sinyaller bir sayısal dönüştürücüde sayısal sinyallere dönüştürülür. Son aşamada sayısal forma dönüştürülen görüntü artık bilgisayar ortamına aktarılarak işlenecek hale getirilmiş olur. Bu işlem için görüntü sensörü ve bu sensörün üretmiş olduğu sinyalleri dijital forma dönüştürebilecek sistemlere ihtiyaç vardır. Sensörlerden elde edilmiş sinyaller hala analog formda ise analog-sayısal dönüştürücüler ile sayısal hale getirilebilir.



Şekil 3.19. Görüntünün alınması ve sayısal görüntüye dönüştürülmesi (Yaman, 2000)

Sayısal görüntüler astronomi, tip, biyoloji, uzaktan algılama vb. gibi uygulama ve araştırma sahalarında yaygın olarak kullanılan önemli veri kaynaklarıdır (Umbaugh, 1998). Bu nedenle sayısal imgelerin içerdikleri yararlı verilerin azami oranda elde edilmesi her uygulama sahası için büyük önem taşır.

Bilgisayar teknolojisinin hızla ilerlemesi günümüzde görüntü işleme tekniklerinde de oldukça başarılı çalışmalar yapılmasını sağlamıştır. Ses ve görüntünün işlenebilmesi ve bilgisayarlar tarafından algılanması şüphesiz ki teknolojide yeni boyutlar açacaktır. Bilimin ve teknolojinin yapay zekâya sahip güvenilir teknolojiler üretebilmesi için ses ve görüntünün işlenmesi mutlak bir gereklilik getirmektedir. Gelecek teknolojiler duyabilen, görebilen, dokunabilen, koklayabilen hatta tadabilen ve bunları değerlendirip kararlar alabilen teknolojiler olmalıdır (Eriksson ve Papanikotopoulos, 1997).

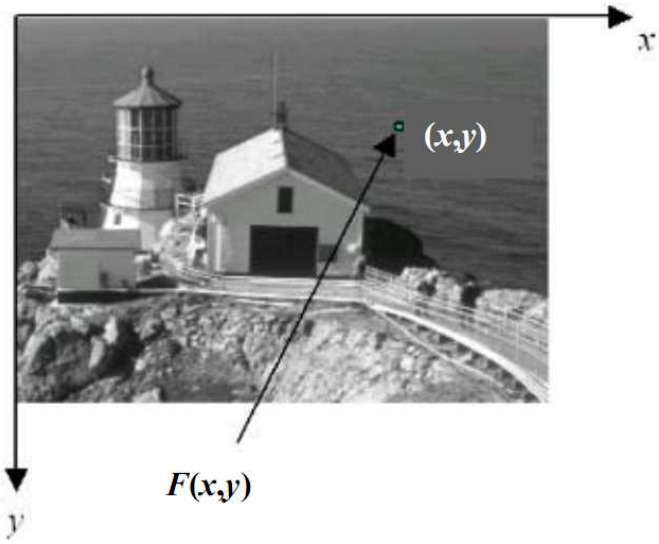
Sanayi, güvenlik, jeoloji, tıp, tarım gibi çeşit alanlarda görüntü işleme tekniğinden yararlanılmaktadır. Tarımda meyvelerde renk analiz sınıflandırma, kök gelişiminin izlenmesi, yaprak alanının ölçümü, yabancı otların belirlenmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Keefe 1992, Trooien ve Heermann 1992, Pérez ve ark 2000, Dalen 2004, Jayas ve Karunakaran 2005).

3.2.4. Görüntünün modellenmesi

Görüntü, iki boyutlu ışık şiddeti fonksiyonudur. Bu fonksiyon f(x,y) şeklinde gösterilir. Burada x ve y kartezyen koordinatları, (x,y) noktasındaki f'in sayısal değeri ise parlaklık değeri veya görüntünün ilgili noktadaki gri seviye değeridir.

Bir sayısal görüntü, satır ve sütun indisleri görüntü içerisinde herhangi bir noktayı tanımlayan elemanlardan meydana gelmiş bir matris olarak göz önüne alınabilir. Bu matrisin her bir elemanının sayısal değeri, kendisine karşılık gelen noktalardaki gri seviye değerine eşittir. Bu sayısal dizinin veya matrisin her bir elemanına görüntü elemanı, resim elemanı veya piksel denir (Haralick ve Shapiro, 1993).

Bir görüntü fonksiyonunu, f(x,y), bilgisayarda işlemeye uygun hale getirebilmek için, fonksiyonu hem uzaysal koordinatlar olarak, hem de genlik olarak sayısallaştırmak gerekir. Kartezyen koordinatların sayısallaştırılmasına örnekleme ve genliğin sayısallaştırılmasına da niceleme denir. Bu ifadeye Shanon'un Örnekleme ve Niceleme Teoremi de denir (Baxes, 1994).



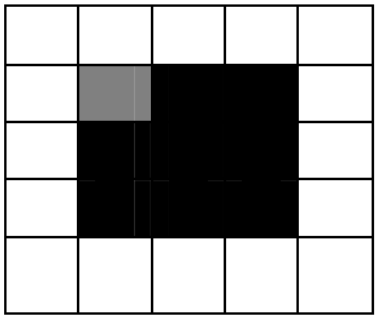
Şekil 3.20. Sayısal görüntü temsili ve eksenleri

3.2.5. Gri-düzey skala

Görüntü üzerindeki aydınlatma değerlerinin farklı seviyelerde olması, piksel düzeylerinin farklı olmasındandır. Bu şekilde ifadelerde görüntü siyah-beyaz renk tonlarından meydana geliyorsa, görüntü üzerindeki her bir nokta gri-düzey skala üzerindeki renk değerleriyle ifade edilir. Görüntü üzerindeki noktalar farklı olduğundan, her bir aydınlatma düzeyi için gerekli bitlerin yerleşimi farklıdır. Bu gibi değişik düzeylerin oluşturduğu görüntüler, gri-düzey veya gri-düzey skala ile ifade edilirler (Yaman, 2000).

Dört bitlik yani 16 farklı gri-ton aydınlanma değeri için her bir pikselin üzerinde bulunacak gri-seviye parlaklık değerleri şekil 3.21' de görülmektedir.

0 siyah
7 açık siyah (gri)
15 beyaz



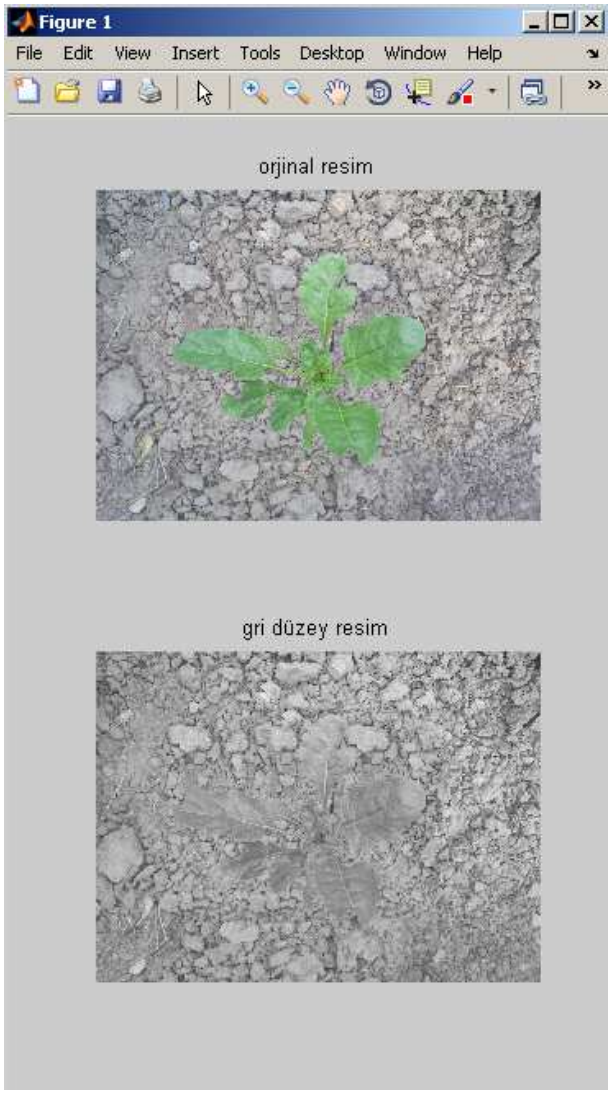
15	15	15	15	15
15	7	0	0	15
15	0	0	0	15
15	0	0	0	15
15	15	15	15	15

Şekil 3.21. On altı bitlik gri-düzey skala ifadesi

Bu gibi değişik düzeylerin oluşturduğu görüntüler, gri-düzey veya gri-düzey skala ile ifade edilirler. Piksel başına düşen bit sayıları; Burada 4 bit/piksel yani bir pikselin değerini belirtmek için 4 bit kullanılmıştır. 0 ile 15 arasında 16 gri-düzey değerleri mevcuttur (Yaman, 2000).

Şekil 3.22' de şeker pancarı bitkisine ait orijinal resim bilgisi ve gri düzeye çevrilmiş resim görülmektedir. Renkli şeker pancarı resmini gri düzey resme çeviren Matlab kodu aşağıda verilmiştir.

```
i=imread('1.jpg');
i2=rgb2gray(i);
subplot(2,1,1);imshow(i);
title ('orjinal resim');
subplot(2,1,2);imshow(i2);
title ('gri düzey resim');
```



Şekil 3.22. Şeker pancarına ait renkli ve gri düzey resim

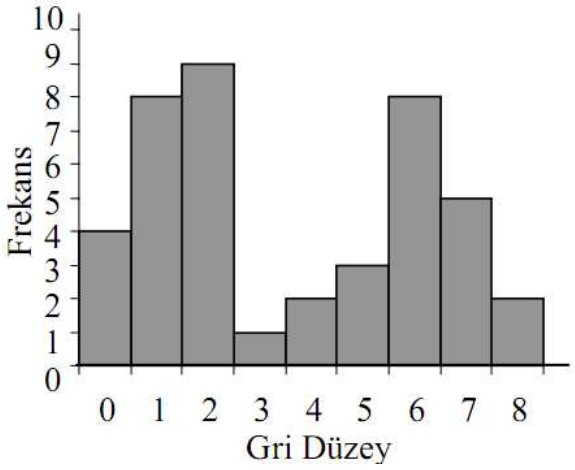
3.2.6. Görüntü histogramı

Histogram, görüntü üzerindeki piksellerin değerlerinin grafiksel ifadesidir. Buna görüntü histogramı veya gri-düzey histogramı denir (Castelman, 1996). Görüntü histogramı, görüntünün her bir noktasındaki piksellerin tespiti ile bu piksellerin sayısının ne olduğunu gösterir. Bu sayede histogram üzerinden görüntü ile ilgili çeşitli bilgilerin çıkartılması sağlanır. Görüntü üzerindeki piksellerin nerede yerleştiği tam olarak çıkartılamaz. Fakat görüntünün aydınlık-karanlık bölge değerlerinden görüntü hakkında genel bilgiler elde edilebilir. Uygulanmak istenen eşik değerleri tahmin edilebilir. Gri ton değerleri [0,Z -1] aralığında değişen bir dijital görüntünün histogramı,

$$P(r_k) = \frac{n_k}{n} \tag{3.1}$$

ayrık fonksiyonudur. Burada r_k gri ton değerini, n_k görüntüde bu ton değerinden piksellerin sayısını, n görüntüdeki toplam piksel sayısını gösterir (k=0, 1, 2,..., L-l) (Gonzalez ve Woods, 1993). Bu şekilde tanımlanmış $P(r_k)$ fonksiyonu, gri ton değerlerinin görüntüde bulunma olasılıklarının hesabını verir. Uygulamalarda histogramın tanımı çeşitli şekillerde basitleştirilebilir. Örneğin r_k değeri hemen her zaman doğrudan k tamsayısı olarak alınır. Ayrıca görüntü histogramı gösteren tablolarda çoğu zaman normalize edilmiş değerler (olasılıklar) yerine her bir gri ton değerinden piksellerin sayısı (frekanslar) gösterilir.

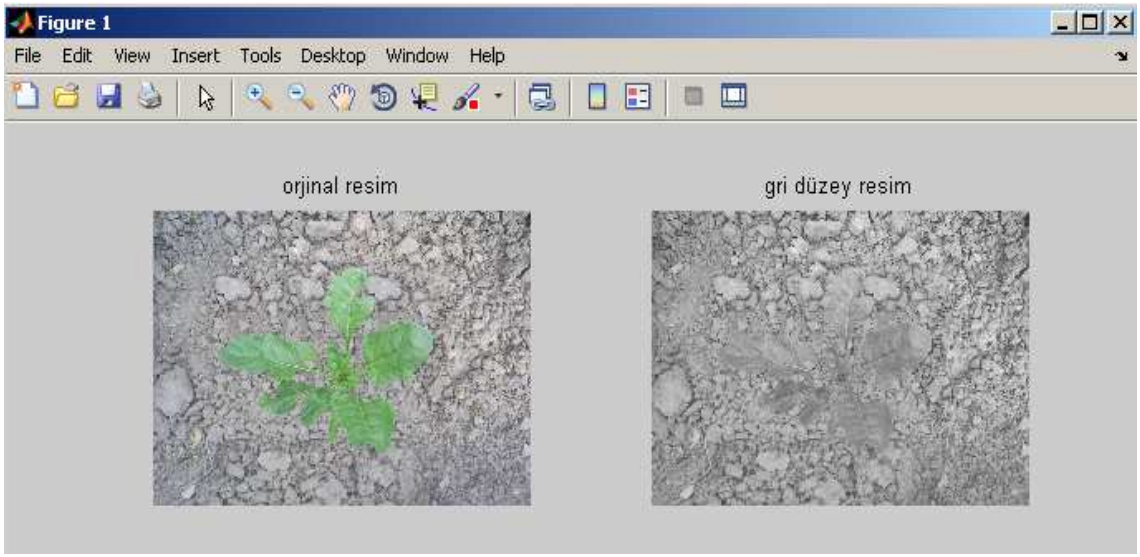
7	5	5	5	6	6	6
7	4	0	0	6	6	6
0	4	2	2	6	1	1
0	1	2	2	6	1	7
1	1	2	2	2	7	7
1	1	2	2	3	8	8



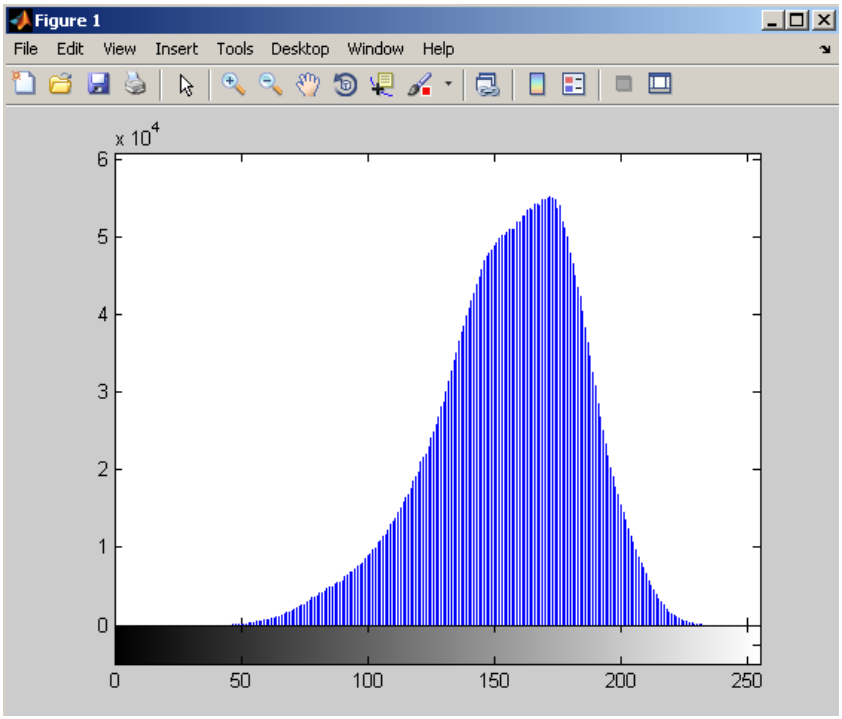
Şekil 3.23. Gri düzey histogramı

Görüntü histogrami, görüntünün genel görünümü hakkında bir bilgi verir. Bu görünüm, histogramda piksellerin yoğunlaştığı bölgelere bakarak çeşitli şekillerde yorumlanabilir.

Eğer pikseller histogramın küçük gri ton sayılı değerlerini gösteren bölgelerinde yoğunlaşıyorsa görüntünün genel olarak karanlık olduğu sonucuna varılabilir. Pikseller yüksek gri ton değerlerinde yoğunlaşıyorsa çok aydınlık ve beyazın ağırlıklı olduğu bir görüntü söz konusudur. Pikseller histogramın orta bölgelerinde dar bir alanda yoğunlaşıyorsa görüntüye gri ton hakimdir. Bu durumlar, kontrast geliştirme veya histogram işleme tekniklerinin uygulanabilirliği konusunda fikir verir. Ancak, histogramın verdiği bilgilerin sınırlarına dikkat etmek gerekir. Örneğin histogram, görüntünün içeriğine ait herhangi bilgi taşımaz. Ayrıca histogramın verdiği bilginin, görüntünün bütününe ait olduğunu unutmamak gerekir. Histogram, her bir gri ton değerinden piksellerin sayısı hakkında bilgi veremez. Bu yüzden görüntünün bütünüyle değil de sadece belli bir bölgesiyle ilgileniyorsak, bu bölgeye ait histogramı hesaplamak gerekecektir (Bellanger, 2000). Şekil 3.24 'de pancar resmi ve gri düzeye çevrilmiş resim görüntüsü Şekil 3.25' de şeker pancarı resmine ait histogram bilgisi görülmektedir.



Şekil 3.24. Şeker pancarı resmi ve gri düzey çevrilmiş görüntü



Şekil 3.25. Şeker pancarı resmine ait histogram bilgisi

5.2.7. Histogram eşitleme

Kontrast geliştirme bölümünde tartışılan tekniklerin etkinliği, gri ton değerlerini histogramda yoğunlaştığı bölgelere bağlıdır. Kontrastı artırmak için bu yoğunlaşma bölgelerinden bağımsız yöntemler de mevcuttur. Bunlardan biri kontrast yaymadır.

Bu yöntem $f(x,y)$ görüntüsündeki piksellerin gri ton değerlerinin

$$a \le f(x,y) \le b \tag{3.2}$$

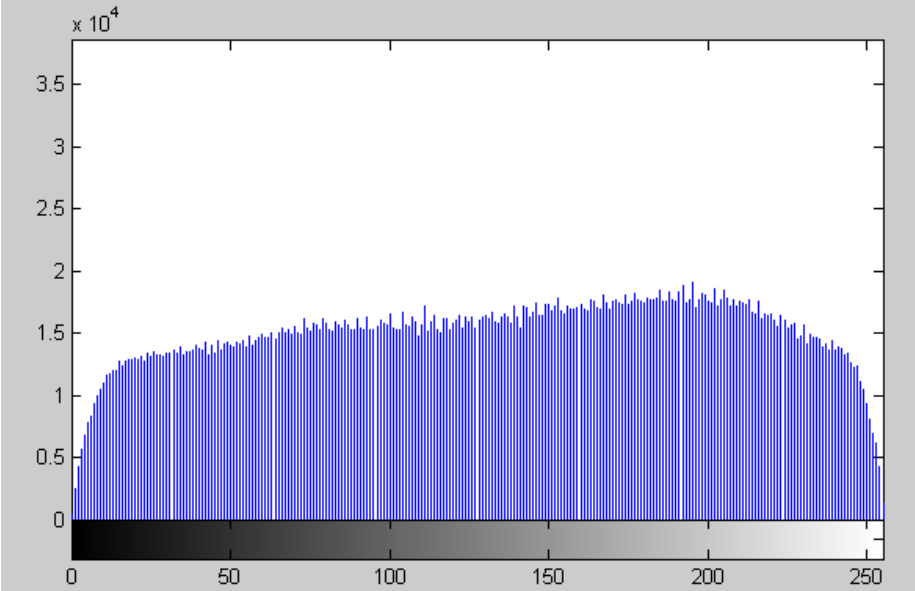
şeklinde sınırlı olduğu görüntülerde uygulanabilir. Bu koşullarda,

$$s = T(r) = (L-1)(r-a)(r-b)^{-1} \tag{3.3}$$

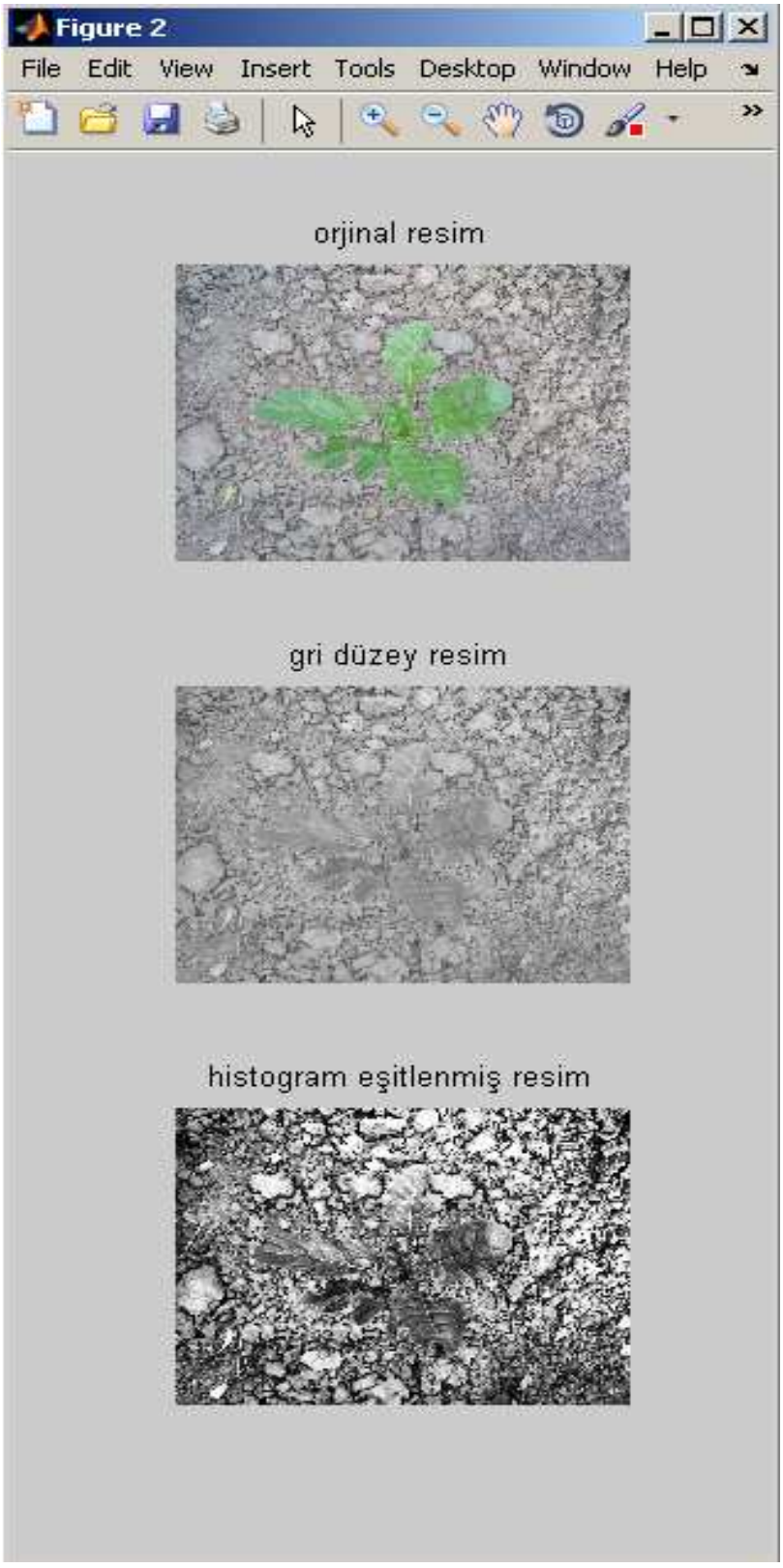
fonksiyonu, $[a,b]$ aralığındaki gri ton değerlerini $[0,L-1]$ aralığına eşit aralıklarla yaymaktadır. Burada L değeri toplam gri ton sayısını göstermektedir. Sonuçta gözle görülür bir etki elde etmek için $b-a$ değerinin L' ye göre küçük olması (örneğin yaklaşık olarak $L/6$) gerekir.

Histogram eşitleme yöntemi de, kontrast yayma yöntemi gibi, gri ton değerlerini tekrar dağıtmayı hedefleyen bir yöntemdir. Histogram eşitleme yönteminde piksel sayısının fazla olduğu gri ton değerlerine daha geniş bir aralık, piksel sayısının az olduğu gri ton değerlerine daha dar bir aralık ayrılır (Gonzalez ve Woods, 1993).

Kontrast yayma sonucunda piksel sayısı fazla olan gri ton değerleri için kontrast artar, az olanlar için kontrast azalır. Histogram eşitleme yöntemi histogram yayma yönteminden genellikle daha üstün sonuçlar verir. Histogram eşitleme yöntemi, gri ton değerleri bütün ölçeğe yayılmış görüntüler için kullanılabilir. Ancak bu yöntemin, daha çok sayıda bulunan gri ton değerinin daha önemli olduğunu kabul eden istatiksel bir yöntem olduğuna dikkat etmek gerekir. İlgilendiğimiz görüntüde böyle bir durum yoksa yöntem sonucunda elde edilen görüntü kullanılmaz olacaktır. Ayrıca histogram eşitleme yönteminin, histogramdaki gri ton değerlerinin dar bir aralığa sıkıştığı görüntülerde her zaman istenen sonucu vermediği gözlenmiştir. Şekil 3.26' da şeker pancarı resmine ait histogram eşitleme görüntüsü görülmektedir. Şekil 3.27' de ise histogram eşitlenmiş resime ait histogram bilgisi görülmektedir.



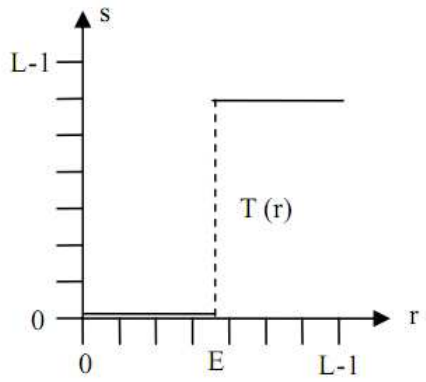
Şekil 3.27. Şeker pancarı resmine ait histogram bilgisi



Şekil 3.26. Şeker pancarı resmine ait histogram eşitlenmiş resim

3.2.8. Eşikleme (Thresholding)

Görüntü geliştirme söz konusu olduğunda eşikleme işleminin amacı, gri ton ölçeğinde L adet değer bulunan bir görüntüyü ele alıp, bu görüntüden gri ton ölçeği sadece iki adet değer içeren bir görüntü elde etmektir. Birçok uygulamada $[0, L-1]$ aralığındaki L adet değerden $\{0; L-1\}$ veya {0;l} değerlerine geçilir. Hangi değerlerin seçileceği uygulamanın ihtiyaçlarına bağlıdır. Eşikleme yöntemi global olarak uygulanırken gri ton ölçeği üzerinde bir eşik değeri saptanır ve bu eşik değerinden küçük olan değerler yerine sıfır, büyük olanlar yerine olanlar $L-1$ (veya uygulamaya göre 1) yerleştirilir. Bu değerlerin çeşitli anlamları olabilir. Örneğin bir uygulamada {0;l} değerleri, siyah için 0 ve beyaz için 1 olmak üzere, doğrudan renk değerlerini temsil ederken bir başka uygulamada 0 değeri arka planı ve 1 değeri ön planı temsil edebilir. Bu açıdan bakıldığında eşikleme işleminin amacı, görüntüde ilgi alanına giren kısımları diğer kısımlardan ayırmaktır. Şekil 3.28' de $[0, L-1]$ aralığındaki değerleri $\{0; L-1\}$ değerlerine gönderen bir dönüşüm fonksiyonu görülmektedir (Bellanger, 2000).



Şekil 3.28. Eşikleme için dönüşüm fonksiyonu

Bu fonksiyon aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$s = T(r) = \begin{cases} 0; & r \le T \\ L-1; & r > E \end{cases} \qquad (3.4)$$

Eşikleme işlemlerinde kullanılacak olan E (Eşik değeri) değerini saptamanın çeşitli yolları vardır. Bir gözlemci görüntü histogramını kontrol ederek bu değeri belirleyebilir. Ayrıca histogramın ağırlıklı olarak iki ayrı kümeden oluşturduğu

durumlar için kullanılacak yöntemler de mevcuttur. En sık kullanılan yöntemde, başlangıç olarak rastgele bir E_0 eşik değeri bu değerden küçük olan piksellerin gri tonlarının ortalaması (M_1) ve büyük olan piksellerin gri tonlarının ortalaması (M_2) bulunur. Yeni eşik değeri, M_1 ve M_2 değerlerinin ortalamasıdır:

$$E_1 = (M_1 + M_2) / 2 \tag{3.5}$$

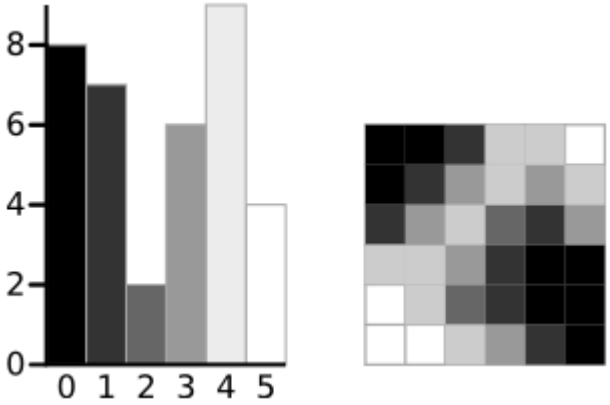
Bu işlem $E_k = E_{k-1}$ eşitliği sağlanıncaya kadar devam edilir. Diğer bir yöntemde, histogramda en çok sayıda pikseli gösteren noktadan diğer kümenin bulunduğu tarafta en uçtaki gri ton değerini ve bu değerden kaç tane piksel bulunduğunu gösteren noktaya bir doğru çizilir ve bu aralıktaki histogram değerlerinin bu doğruya uzaklığı hesaplanır. Şekil 3.29' da eşikleme yapılmış şeker pancarı resmi görülmektedir. Burada siyah beyaz resim bilgisinin daha anlaşılır olması için şeker pancarı resminin arka planı silinmiştir.



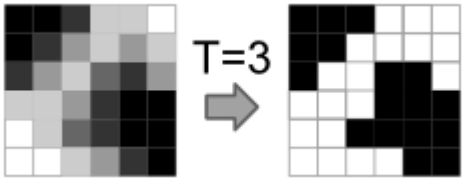
Şekil 3.29. Eşikleme yapılmış resim bilgisi

5.2.9. Otsu eşik belirleme yöntemi

Resmin etkili ve hızlı bir şekilde işlenebilmesi için en temel model olan siyah-beyaz modele dönüştürülmesi gerekir. Her gri resmin parlaklık değeri, çekildiği atmosfer koşullarına ve çevresel koşullara göre farklılık göstereceğinden, bu eşik seviyesinin değişken olarak belirlenebiliyor olması önem kazanır. Otsu' nun bölgesel eşikleme algoritması bu değişken eşik seviyesini bulmak için kullanılır (Otsu, 1979). Bulunan eşik seviyesi [0,1] aralığında, parlaklık parametresidir. Bu eşik değerini bulduktan sonra gri resim, siyah beyaza çevrilir.



Şekil 3.30. Seviyeli gri skala resim ve histogram görüntüsü



Şekil 3.31. Eşik değeri 3 için Otsu yöntem sonucu

Otsu eşik belirleme metoduna göre, olası her k eşik değeri için iki piksel kümesi arasında bir ayrım (diskriminant) değeri belirler ve bu değerin maksimum olduğu nokta optimal eşik değeridir. Bu metodun avantajlarından biri de lokal noktalardan çok histogramın tamamını dikkate almasıdır. Metodun yapısını şöyle açıklayabiliriz:

Bir resimde bulunan gri seviyeler {0, 1, 2, ..., V-1} olarak ifade edilsin. Her bir pikselin resimde bulunma sayısı n_v, resimdeki piksel sayısı N'dir. Piksellerin olasılık dağılım fonksiyonları hesaplanır.

$$P_v = \frac{n_v}{N} \qquad P_v \geq 0 \quad \sum_{V=0}^{V-1} P_v = 1 \tag{3.6}$$

$$\mu_T = \sum_{V=0}^{V-1} v P_v \tag{3.7}$$

n_v = v piksel değerinin görüntüde tekrarlanma sayısı.

N = Görüntüdeki toplam piksel sayısı.

P_v = v pikselinin olasılık yoğunluk fonksiyonu.

μ_T = olasılık yoğunluk fonksiyonu ortalamaları toplamı.

Pikselleri bir k eşiğiyle ω_0 ve ω_1 gibi iki sınıfa ayırdığımızda olasılık dağılım fonksiyonlarının sınıflara göre toplamları ve ortalama değerlerini (3.8-3.9) denklemleriyle ifade edebiliriz.

$$\omega_0 = \sum_{V=0}^{k} P_v \qquad \text{ve} \qquad \mu_0 = \frac{1}{\omega_0} \sum_{V=0}^{k} vP_v \tag{3.8}$$

$$\omega_1 = \sum_{V=k+1}^{V-1} P_v \qquad \text{ve} \qquad \mu_1 = \frac{1}{\omega_1} \sum_{V=k+1}^{V-1} vP_v \tag{3.9}$$

Bulunan eşik değerin doğruluğunu ölçmek için Otsu tarafından (3.10) eşitliği sunulmuştur.

$$\eta = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_T^2} \tag{3.10}$$

Bu eşitlikte sınıflar arası varyans (3.11) ile hesaplanır.

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2 \tag{3.11}$$

Toplam varyans ise (3.12) eşitliğiyle bulunur.

$$\sigma_T^2 = \sum_{V=0}^{V-1} (v - \mu_T)^2 P_v \tag{3.12}$$

Burada sonuç olarak η değerini (3.10) maksimum yapan *k* değeri aranır ve bu değer optimal eşik değeri olarak alınır. Şekil 3.32’ de otsu metodu uygulanmış resim bilgisi görülmektedir.



Şekil 3.32. Otsu metodu uygulanmış resim bilgisi

3.2.10. Kenar belirleme

Resim üzerindeki belirgin renk değişimlerinin olduğu yerler kenar(edge) olarak adlandırılmaktadır. Kenarlar, resim içerisindeki nesnelerin sınırlarını tasvir ederler. Kenar noktaları, resimde renk geçişlerinin belirgin olduğu noktalardır. Kenar belirleme metotlarında, bu renk geçişlerini yakalayabilmek için komşu piksellerin

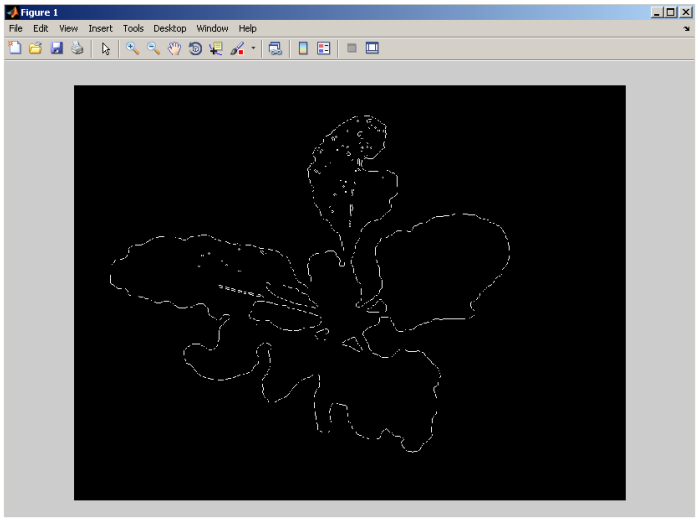
birbirine göre farkı, yani türevi değerlendirilir. Türev alma işlemi sonucunda, belirgin renk geçişi olmayan bölgelerde fark sıfıra yakın olacağı için renk değeri siyaha yakın, kenar olan bölgelerde büyük fark olacağı için beyaza yakın renkler elde edilir(Gonzalez ve Woods, 2002).

3.2.10.1. Canny kenar belirleme yöntemi ile kenarların bulunması

Canny kenar belirleme algoritması, kenar belirlemede oldukça başarılı olan çok aşamalı bir metottur. Canny kenar belirleme algoritmasının aşamaları aşağıdaki gibidir (Mitchell ve ark., 2003):

- Resmin Gauss filtresi kullanılarak yumuşatılması.
- Kenar değerlerinin ve yönünün bulunması.
- Kenar yönündeki zayıf kenar piksellerin temizlenmesi.
- Kesiklik eşik belirleme (Hysteresis thresholding) yöntemi ile kuvvetli kenarların belirlenmesi.

Şekil 3.33' te şeker pancarı resmine uygulanan Canny kenar belirleme görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.33. Şeker pancarı resmine uygulanan Canny kenar belirleme yöntemi

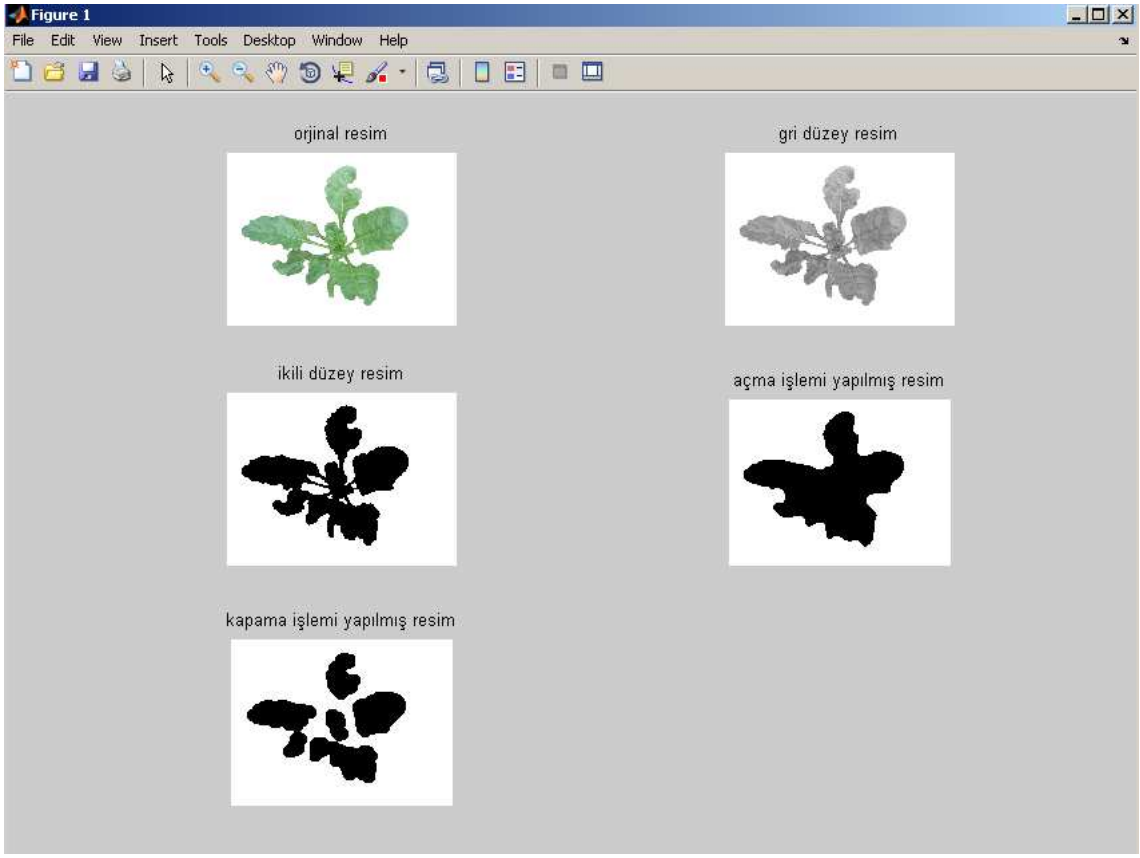
3.2.11. Morfolojik işlemler

Morfolojik işlemlerden en yaygın olarak bilinenleri, aşındırma ve genişletmedir. Genişletmede zengin daha zengin olurken, aşındırmada ise fakir daha fakir olur.

Özellikle genişletmede merkez veya aktif piksel, kendi komşularının maksimumuna ayarlanırken, aşındırmada ise merkez veya aktif piksel kendi komşularının minimumuna ayarlanır. Bu işlemler ikili görüntüler üzerinde sıklıkla gerçekleştirildiğinden, genişletme kenar, sınır veya bölgeleri genişletmek, büyütmek eğiliminde iken; aşındırma küçük bölgeleri küçültmek veya elimine etmek eğilimindedirler. Açık olarak, kullanılan komşuluğun boyutu ve şekli iki işlemden biri tarafından üretilen sonuç üzerinde çok kuvvetli bir etkiye sahiptir.

Bu iki işlem birlikte aynı alan üzerinde yapılabilir. Aşındırma ve genişletme doğrusal olmayan işlemler olduğu için tersi alınamayan işlemlerdir. Bir başka deyişle, birinin diğerini takip etmesi genellikle orijinal görüntü ile sonuçlanmaz. Eğer aşındırma işlemini genişletme işlemi takip ederse, bu işlem açma olarak adlandırılır. Eğer görüntü ikili ise bu birleşik işlem büyük nesnelerin boyut ve şeklini değiştirmeden küçük nesneleri kaldırma eğiliminde olacaktır. Sonraki aşındırma, aşındırma tarafından kaldırılmayan nesneleri eski haline getirecektir. Eğer sıralama ters çevrilir ve genişletme işlemi ilk uygulanıp onu aşındırma takip ederse bu birleşik işlem kapama olarak adlandırılır. Kapama birbirine yakın olan nesneleri bağlar, küçük delikleri doldurma eğilimindedir ve bir nesnenin iskeletini küçük boşluklar ile doldurarak düzleştirir. Genişletme ve aşındırmanın daha temel işlemleri ile olduğu gibi, açma ile kaldırılan veya kapama ile doldurulan nesnenin boyutu, seçilen komşuluğun boyutu ve şekline bağlıdır (Semmlow, 2004).

Şekil 3.34’ de şeker pancarı resmine ait açma kapama işlemi yapılmış görüntüler görülmektedir.

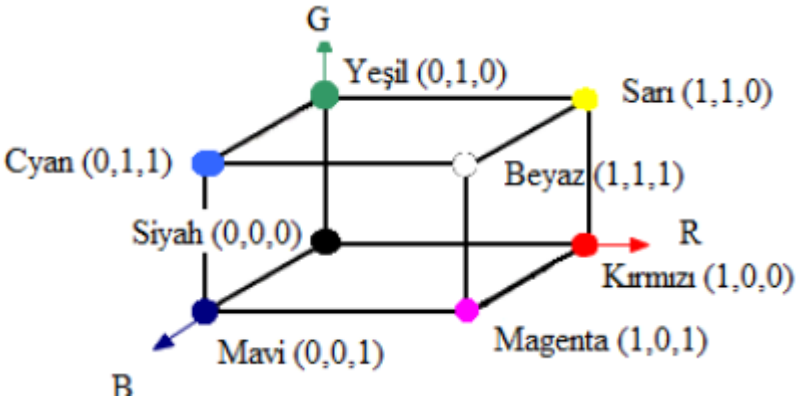


Şekil 3.34. Şeker pancarı resmine açma kapama işlemi uygulama görüntüleri

3.2.12. Resimleri RGB kanallarına ayırma

Gerçek renk (true color) olarak isimlendirilen görüntülerde her bir piksel üç ayrı bileşenden oluşur. Bu bileşenler, pikselin rengini oluşturan kırmızı, yeşil ve mavi temel renklerin ağırlıklarını gösterir. Resmi oluşturan her bir piksele ait 0-255 arasında kırmızı, yeşil ve mavi değerleri vardır. Bu görüntüde her bir bileşenin ayrı bir histogramı vardır.

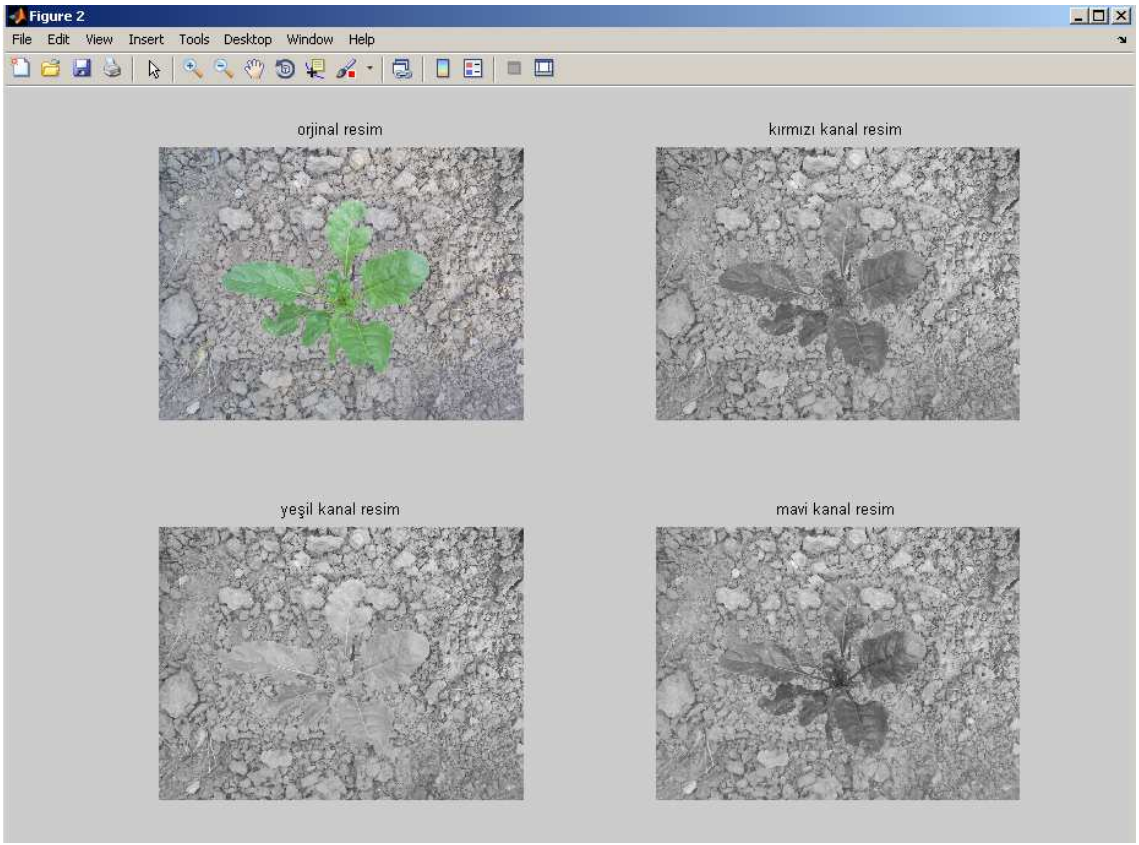
RGB renk uzayı toplamalı renk karışımı yöntemiyle bir birim küpün içinde renkleri tanımlayacak şekilde tasarlanmıştır. Herhangi bir rengi bilgisayarda gürüntülemek için bu üç renk belirli yoğunluklarda karıştırılır. RGB renk uzayı koordinat eksenleri kırmızı, yeşil ve mavi olan 3D bir uzay olarak düşünülebilir (Şekil 3.35). Oluşturulmak istenilen renkler bu üç ana rengin koordinatları cinsinden ifade edilebilir (Yılmaz, 2002).



Şekil 3.35. RGB renk uzayı koordinat eksenleri

Şekil 3.36' da şeker pancarı resmine ait RGB kanal görüntüleri görülmektedir. Şeker pancarı resmini RGB kanallarına ayıran Matlab kodu aşağıda verilmiştir.

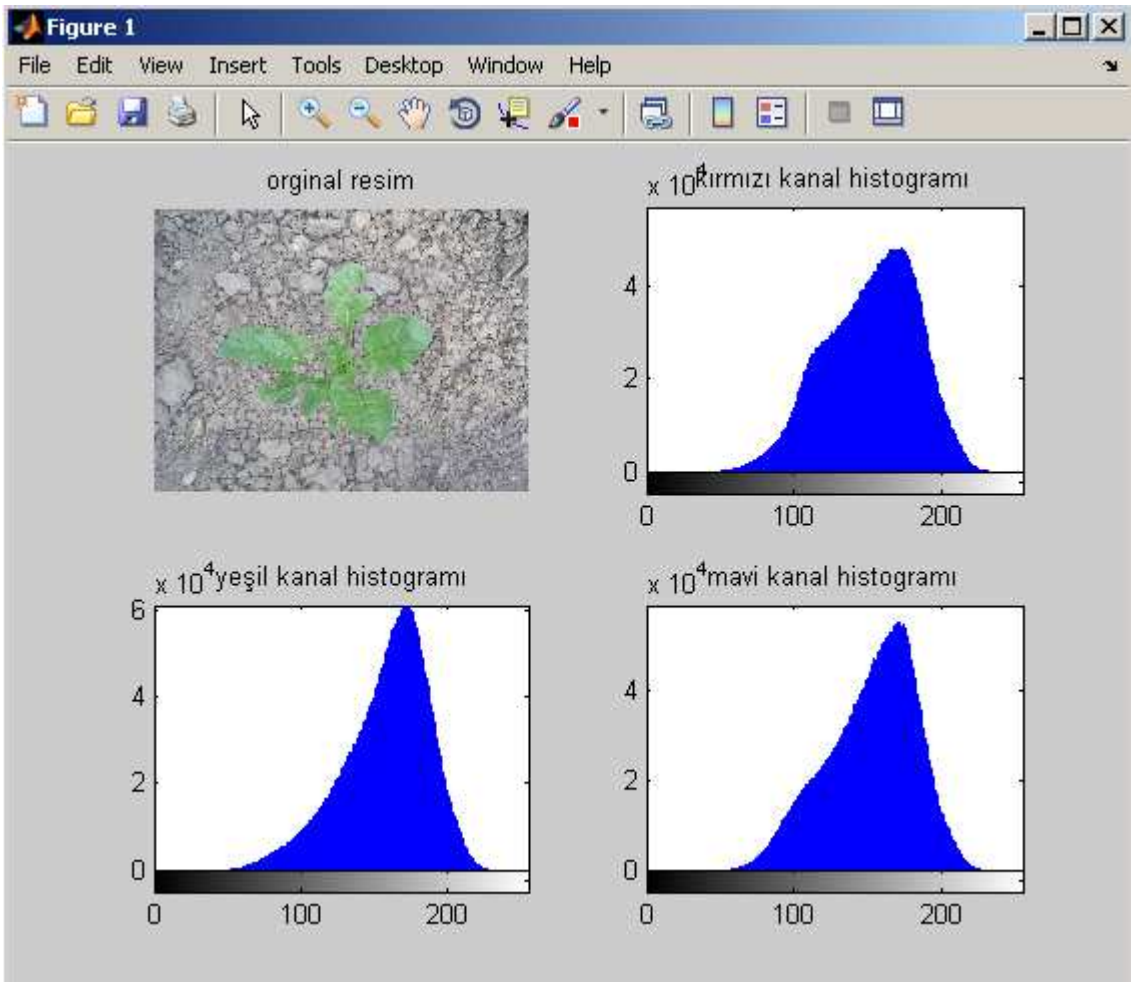
```
i=imread('pancar.jpg');
r=i(:,:,1);
g=i(:,:,2);
b=i(:,:,3);
subplot(2,2,1);imshow(i);title 'orginal resim';
subplot(2,2,2);imshow (r),title 'kırmızı kanal resim';
subplot(2,2,3);imshow (g),title 'yeşil kanal resim ';
subplot(2,2,4);imshow (b),title 'mavi kanal resim ';
```



Şekil 3.36. Şeker pancarı resmine ait RGB kanal görüntüleri

RGB kanallarına ait histogram bilgileri elde edilmiştir. Şeker pancarı resminin RGB kanallarına ait histogram bilgileri Şekil 3.37' de görülmektedir. Şeker pancarı resminin RGB kanallarının histogramlarını alan Matlab kodu aşağıda verilmiştir.

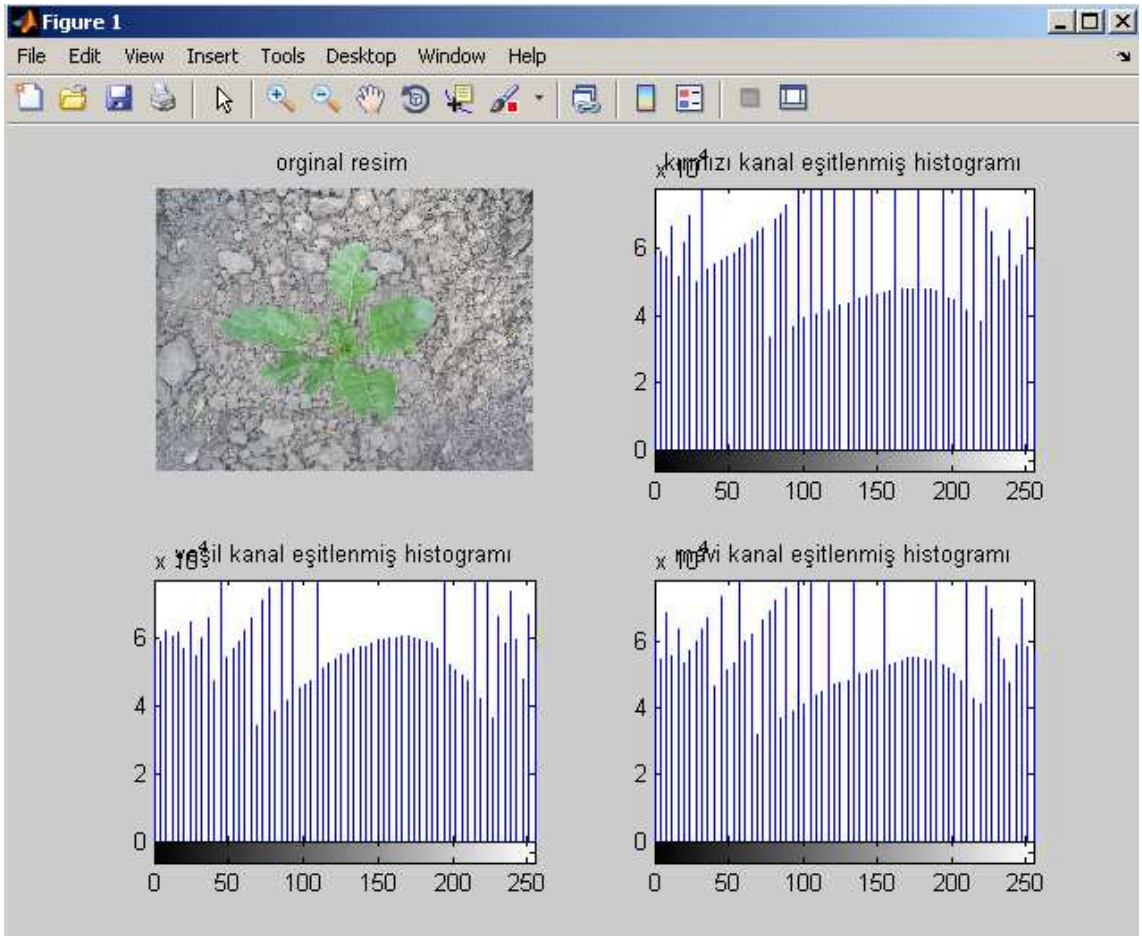
```
rh=imhist(r);
gh=imhist(g);
bh=imhist(b);
subplot(2,2,1);imshow(i);title 'orginal resim';
subplot(2,2,2);imhist(r),title 'kırmızı kanal histogramı';
subplot(2,2,3);imhist(g),title 'yeşil kanal histogramı';
subplot(2,2,4);imhist(b),title 'mavi kanal histogramı';
```



Şekil 3.37. Şeker pancarı resmine ait RGB kanal histogram bilgileri

RGB kanallarına histogram eşitlemesi yapılmıştır. Histogram eşitlemesi yapıldıktan sonra elde edilen histogram bilgileri Şekil 3.38' de görülmektedir. Şeker pancarı resminin RGB kanallarının histogram eşitlemesini yapan Matlab kodu aşağıda verilmiştir.

```
rr=histeq(r);
gg=histeq(g);
bb=histeq(b);
subplot(2,2,4);imhist(bb),title 'mavi kanal eşitlenmiş histogramı';
subplot(2,2,3);imhist(gg),title 'yeşil kanal eşitlenmiş histogramı';
subplot(2,2,2);imhist(rr),title 'kırmızı kanal eşitlenmiş histogramı';
subplot(2,2,1);imshow(i);title 'orginal resim';
```

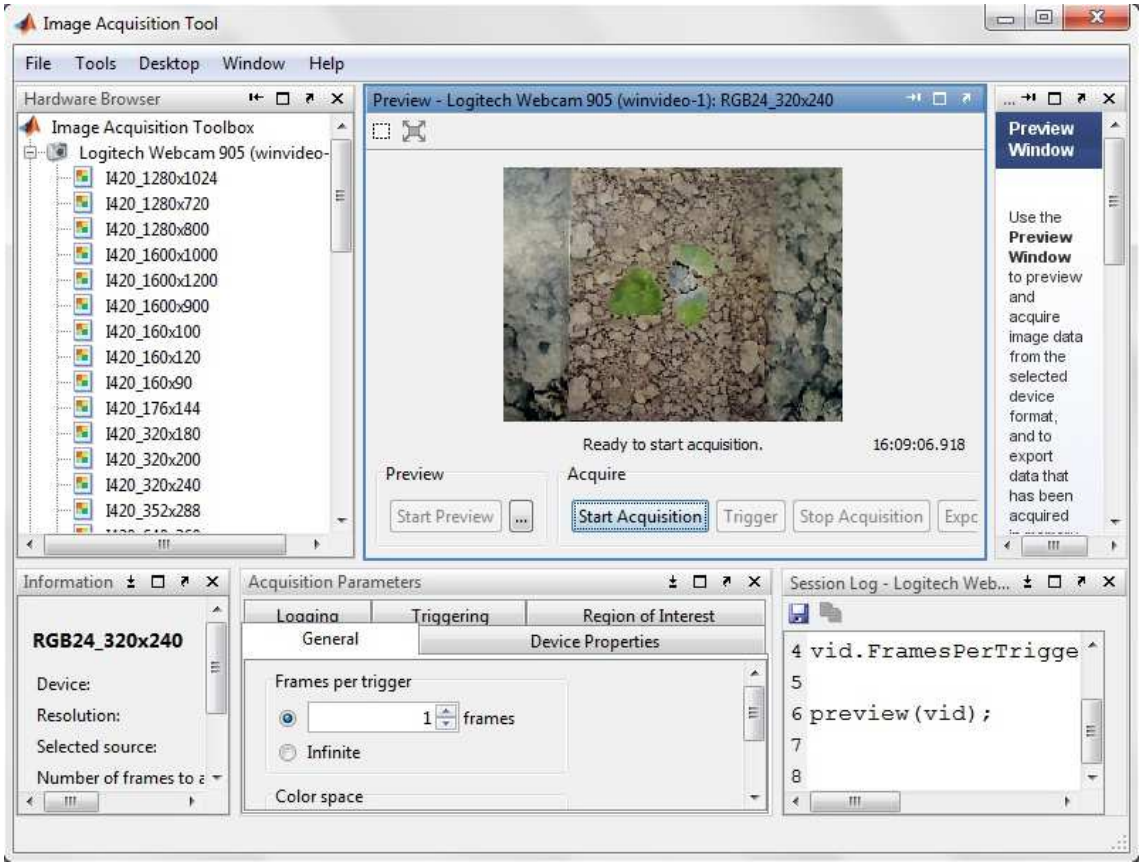


Şekil 3.38. Histogram eşitlemesi yapılmış RGB kanal histogram bilgileri

3.2.13. Web kamerasının Matlab' a tanıtılması

Çalışmada kullanılan Logitech C905 web kamerası USB port kablosu ile dizüstü bilgisayar bağlanmıştır. Dizüstü bilgisayarda kurulu olan Matlab yazılımının Image Asquistion araç kutusu açılarak Hardware Browser bölümünde kullandığımız web kamerası görülmektedir. Bu bölümde kullanılabilir web kameraları görüntülenir. Acquistion Parameters alanında ise Hardware Browser' da seçtiğimiz Logitech C905 web kamerasının ayarları yapılmıştır. Buradan saniyedeki frame sayısı alma, otomatik

odaklama, keskinlik, arka plan ışığı gibi kamerada kullanılacak genel ayarlar yapılmıştır. Şekil 3.39' da Matlab Image Acquistion araç kutusu görülmektedir.



Şekil 3.39. Matlab image acquistion araç kutusu

3.2.14. Sıra arası yabancı ot ilaçlaması

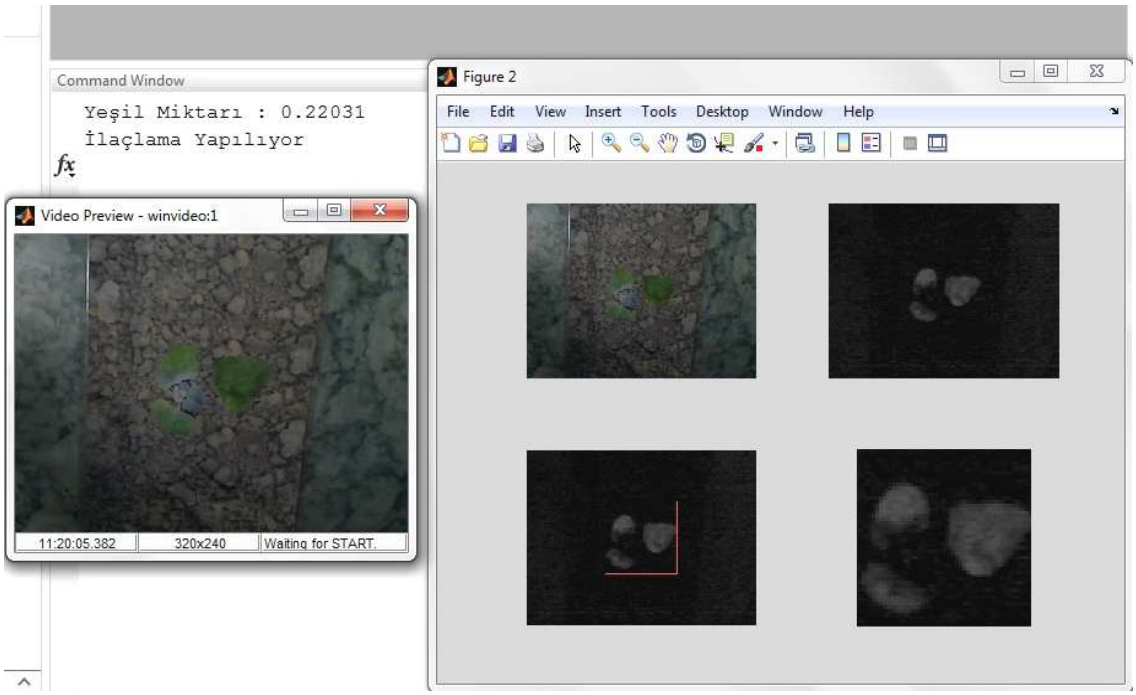
Hassas ilaçlama robotu üzerinde bulunan web kamerası ile alınan görüntüdeki bitkiyi seçmek için görüntü RGB kanallarına ayılır ve eşitlik 3.13' kullanılarak yeşil renk değeri elde edilir.

$$F=G-0.5*R-0.5*B \quad (3.13)$$

Yeşil renk bilgisinin öne çıkarılması için kırmızı(R) ve mavi(B) renk değerleri 0.5 ile çarpılarak yeşil(G) değerinden çıkarılmıştır. Bu fonksiyonda(F) amaç rengin yeşile yakınlığını tespit etmektir. Matlab' da double türündeki resim bilgisinde maksimum 1 ve minumum 0 değerindedir. Bu fonksiyonda yeşil değerinin 1, mavi ve kırmızı değerinin 0 olması durumunda sonuç 1' dir. Hepsinin 1 olması durumunda (beyaz renk) sonuç 0' dır. Yeşil değerinin 0, kırmızı ve mavi değerinin 1 olması durumunda (mor

renk) sonuç -1 olacaktır.

Web kamerasından alınan görüntünün tamamı yerine 100x100 piksel değerinde bir alanda bu işlem gerçekleştirilmiştir. İlaç sıvısının hassas bir şekilde uygulanması için bitki tam memenin altındayken ilaçlama gerçekleştirilmiştir. Bu alanda yeşil renk değeri belirli bir eşik değerinin üzerindeyse yabancı ot üzerine ilaçlama sıvısı uygulanmıştır. Bitkinin büyüklüğüne göre üzerine uygulanan ilaçlama sıvı miktarı atmaktadır. Şekil 3.40' da sıra arası yabancı ot kontrolü ve ilaçlanmasına ait Matlab ekran görüntüsü görülmektedir. Şekil 3.41' de ise sıra arası yabancı ot ilaçlamasına ait akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.40. Sıra arası ilaçlama Matlab ekran görüntüsü



Şekil 3.41. Sıra arası yabancı ot ilaçlamasına ait akış diyagramı

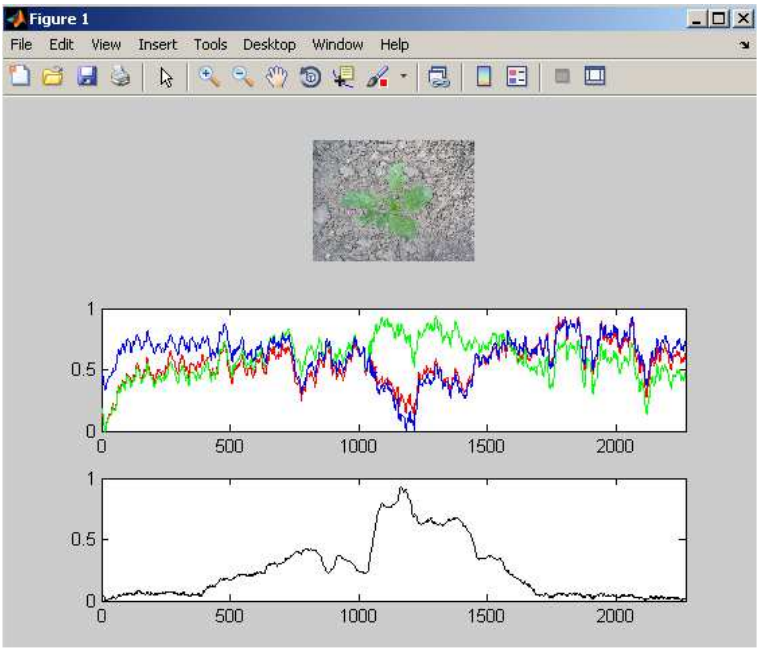
3.2.15. Sıra üzeri yabancı ot ilaçlaması

3.2.15.1. Bitkinin konum bilgisinin elde edilmesi

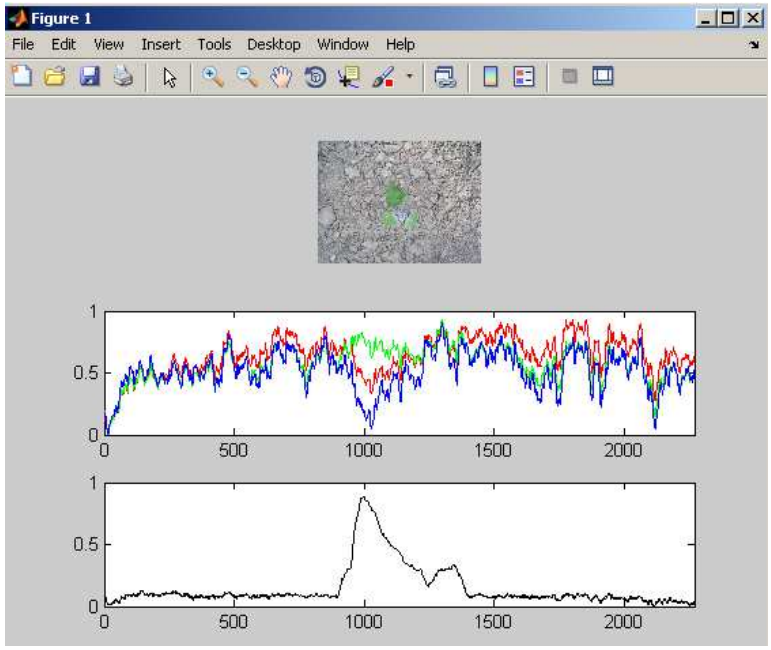
Web kamerası ile alınan görüntüdeki bitki RGB kanallarına ayrılarak hareket yönündeki yoğunluk değişimleri analiz edilmiştir. Elde edilen RGB değerleri eşitlik 3.13 kullanılarak hassas ilaçlama robotunun hareket yönündeki bitkinin konumu elde edilmiştir.

Şekil 3.42' deki 1. grafikte şeker pancarına ait RGB kanal bilgileri görülmektedir. Grafikte yatay eksen, resmin genişliğindeki piksel sayısını göstermektedir. Resmi oluşturan yataydaki her bir sütunun ortalama RGB değerleri ise dikey ekseni oluşturmuştur. Şekil 3.42' deki 2. grafik ise şeker pancarı bitkisinin RGB değerlerine göre elde edilmiş konum bilgisi görülmektedir.

```
img_r=img(:,:,1);
img_g=img(:,:,2);
img_b=img(:,:,3);
img_x=img_g-0.5*img_r-0.5*img_b;
```

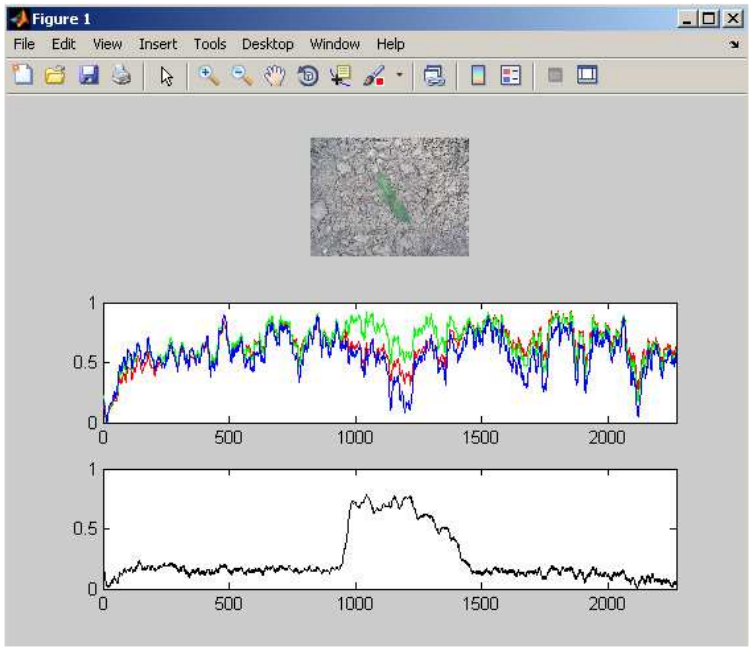


Şekil 3.42. Şeker pancarı bitkisine ait konum grafiği



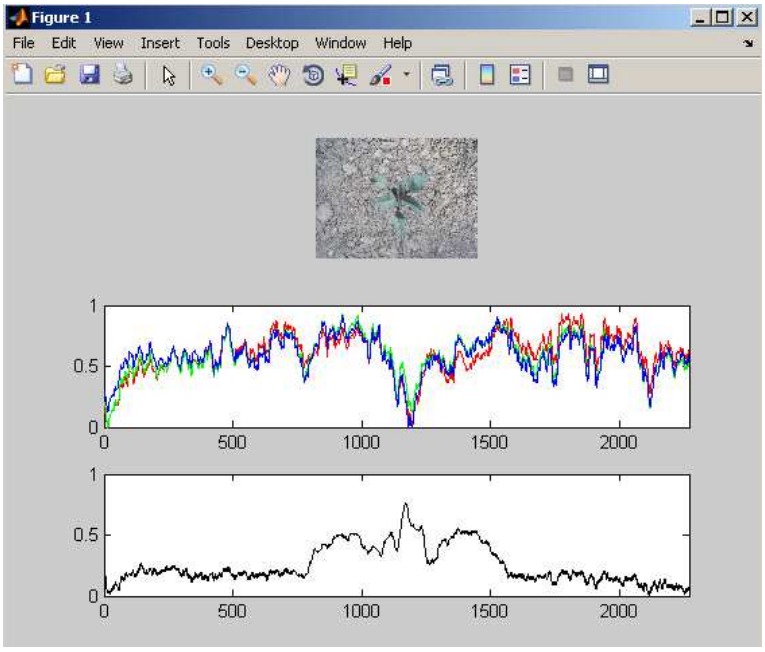
Şekil 3.43. Sirken bitkisine ait konum grafiği

Şekil 3.43' de sirken bitkisinin RGB değerlerine göre elde edilen konum grafiği görülmektedir.



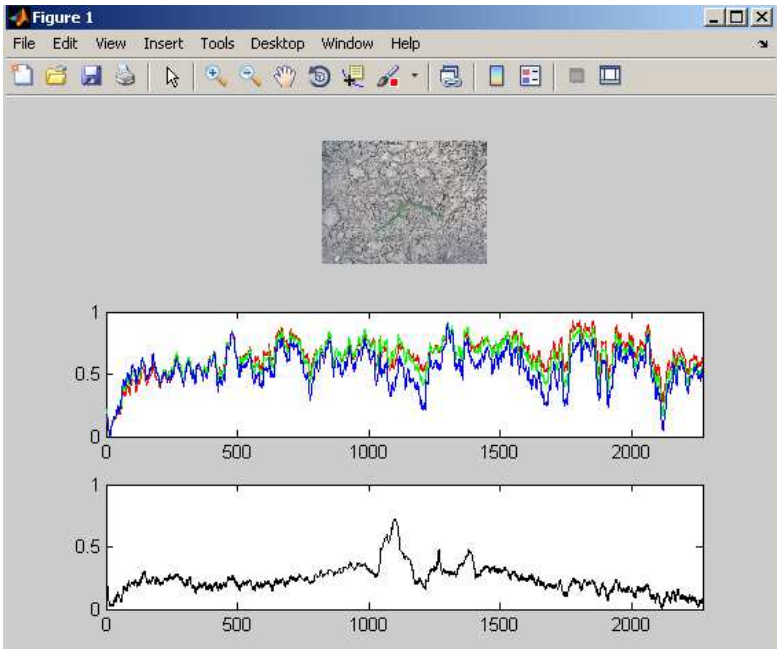
Şekil 3.44. Diken bitkisine ait konum grafiği

Şekil 3.44' de diken bitkisinin RGB değerlerine göre elde edilen konum grafiği görülmektedir.



Şekil 3.45. Yabani marul bitkisine ait konum grafiği

Şekil 3.45' de yabani marul bitkisinin RGB değerlerine göre elde edilen konum grafiği görülmektedir.

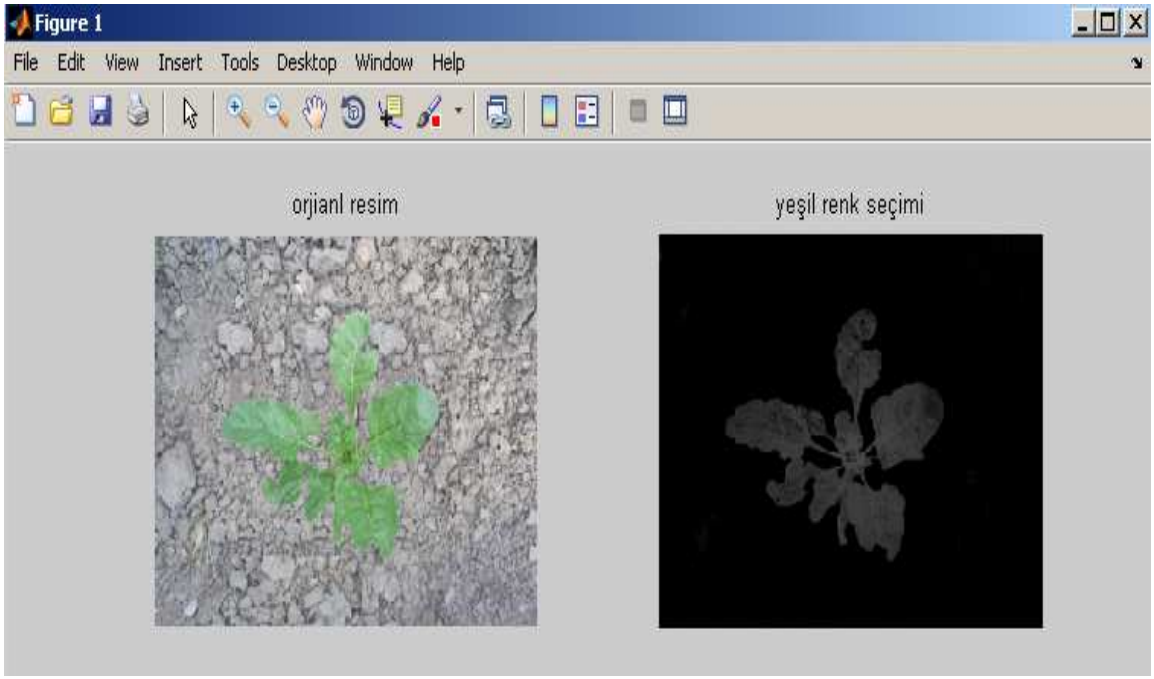


Şekil 3.46. Darıcan otuna ait konum grafiği

Şekil 3.46' da darıcan otunun RGB değerlerine göre elde edilen konum grafiği görülmektedir.

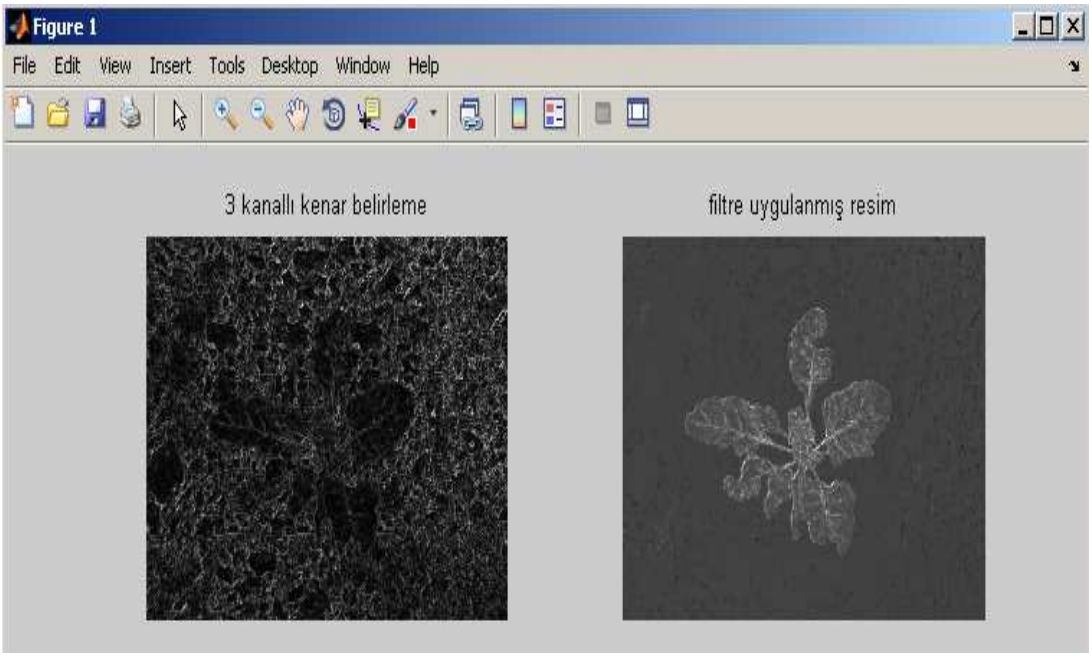
3.2.15.2. YSA' ya girecek şekil bilgisinin elde edilmesi

Web kamerasının aldığı şeker pancarına ait görüntü de şeker pancarının bulunduğu kısım görüntü işleme teknikleri kullanılarak seçilmiştir. Bunun için öncelikle alınan görüntü RGB kanallarına ayrılmış ve eşitlik 3.13 kullanılarak yeşil renk değeri elde edilmiştir. Yeşil renk değeri seçilmiş resimde histogram eşitlenmesi yapılmıştır. Şekil 3.47' de şeker pancarı bitkisi ve yeşil renk seçili histogram eşitlenmiş resim görülmektedir.



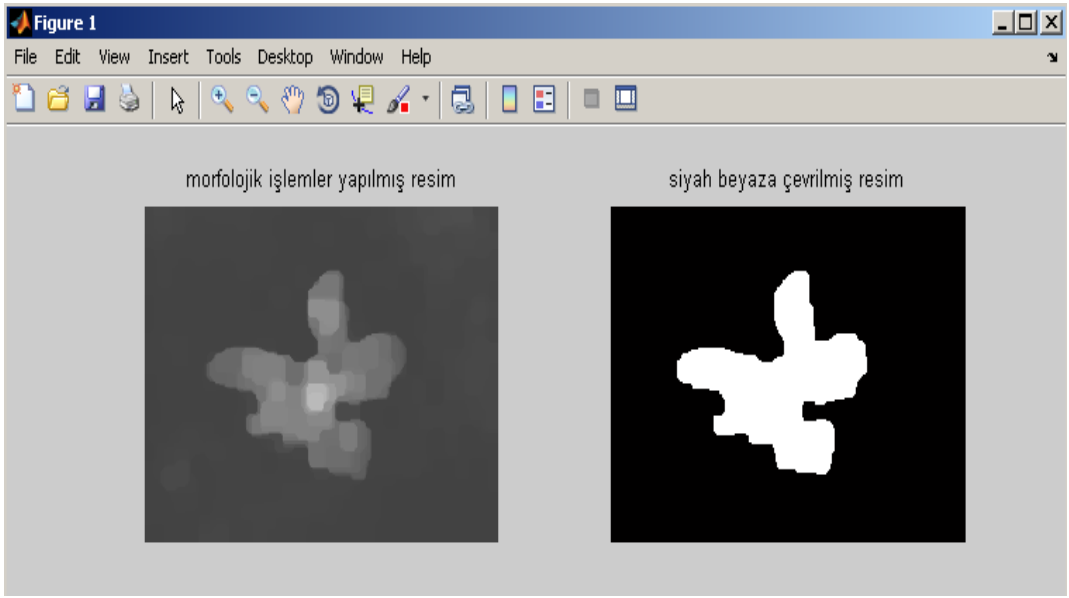
Şekil 3.47. Şeker pancarı bitkisi ve yeşil renk seçilmiş görüntü

Daha sonra yeşil renk seçilmiş görüntüye 3 kanallı kenar belirleme uygulanmıştır. Elde edilen resim bilgisindeki yeşil rengi daha netleştirmek için filtreleme yapılmıştır. Şekil 3.48' de 3 kanallı kenar belirleme ve filtrelenmiş resim görüntüleri görülmektedir.



Şekil 3.48. 3 kanallı kenar belirleme ve filtrelenmiş resim görüntüleri

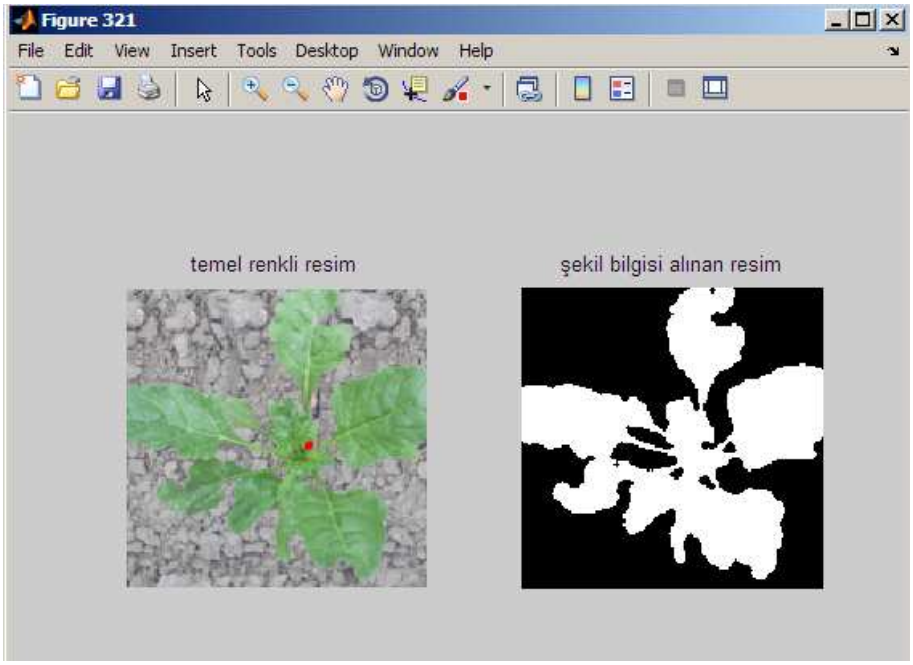
Filtrelenmiş resim bilgisine daha sonra morfolojik işlemlerden açma ve kapa işlemi uygulanmıştır. Bu resim bilgisine Otsu metodu kullanılarak siyah beyaz resme çevrildikten sonra bu resmin koordinatları elde edilmiştir. Şekil 3.49' da morfolojik işlemler yapılmış ve siyah beyaza çevrilmiş resim görüntüleri görülmektedir.



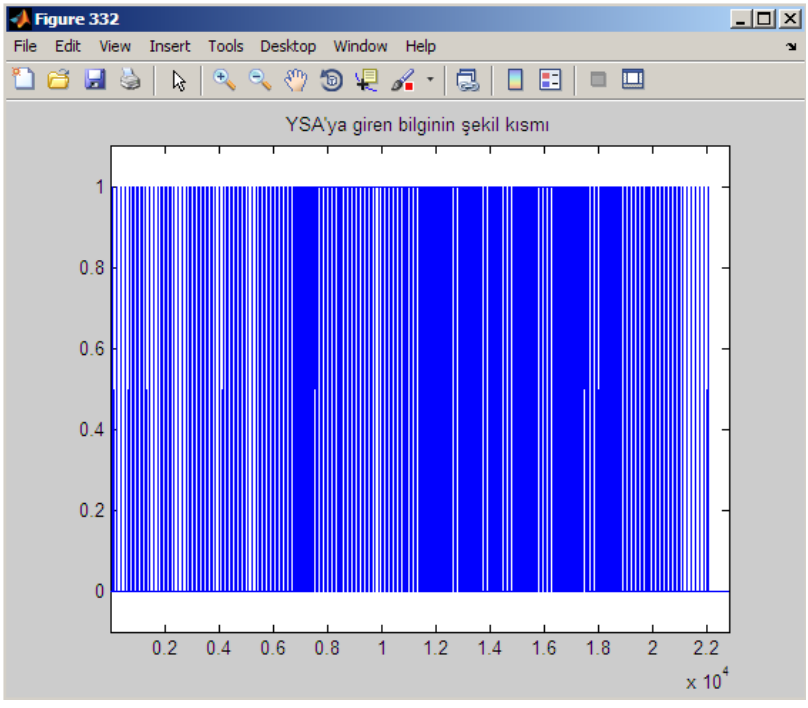
Şekil 3.49. Morfolojik işlemler yapılmış ve siyah beyaza çevrilmiş resim görüntüleri

Koordinatları belirlenen resimden bitkinin bulunduğu kısım kırpılarak 150x150 piksel değerindeki temel resim bilgisi elde edilmiştir. Temel resim tekrar Otsu metodu

kullanılarak siyah beyaz resim bilgisine çevrilir (Şekil 3.50). Elde edilen siyah beyaz resim bilgisi sütun matrisine çevrilerek bitkinin şekline göre elde edilen bilgi oluşturulmuştur. Şekil 3.51' de YSA' ya girecek şeker pancarı bitkisinin şekil bilgisine ait grafik görülmektedir. Grafikteki dikey eksen siyah beyaz renk değerlerini, yatay eksen ise pikselleri göstermektedir.

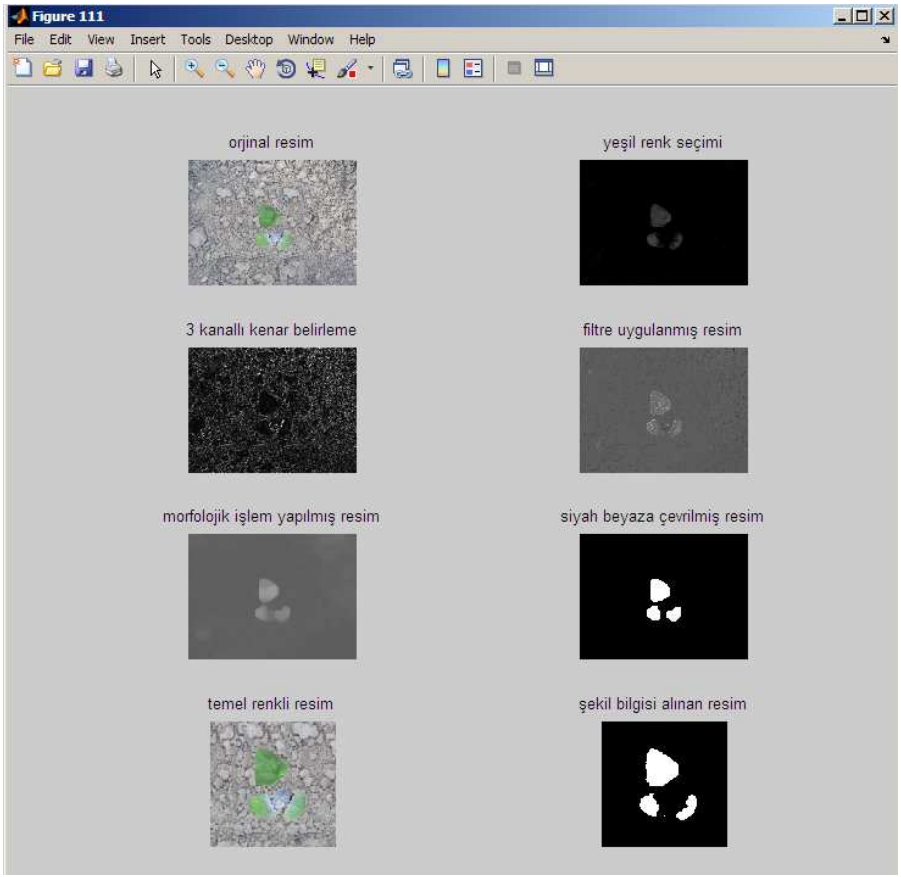


Şekil 3.50. Temel resim bilgisi ve şekil bilgisinin elde edileceği siyah beyaz resim

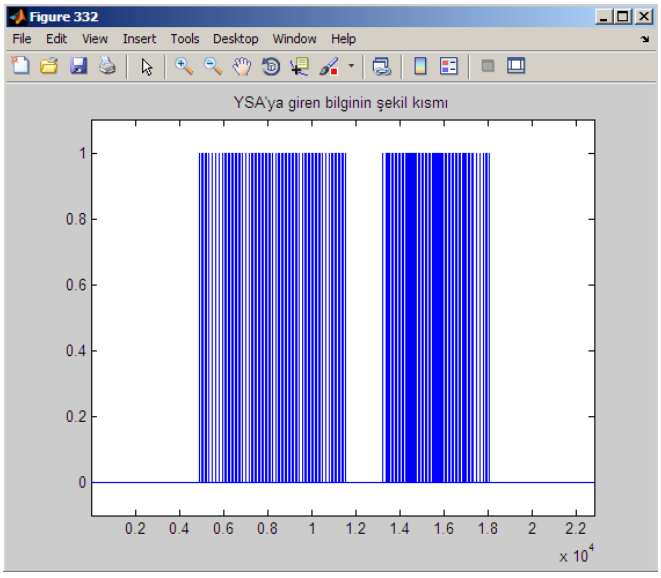


Şekil 3.51. Şeker pancarına ait YSA' ya girecek şekil bilgisi

Sirken bitkisine ait resime de aynı görüntü işleme teknikleri uygulanarak YSA' ya girecek şekil bilgisini oluşturan siyah beyaz resim bilgisi elde edilmiştir (Şekil 3.52). Şekil 3.53' de YSA' ya girecek sirken bitkisinin şekil bilgisine ait grafik görülmektedir.

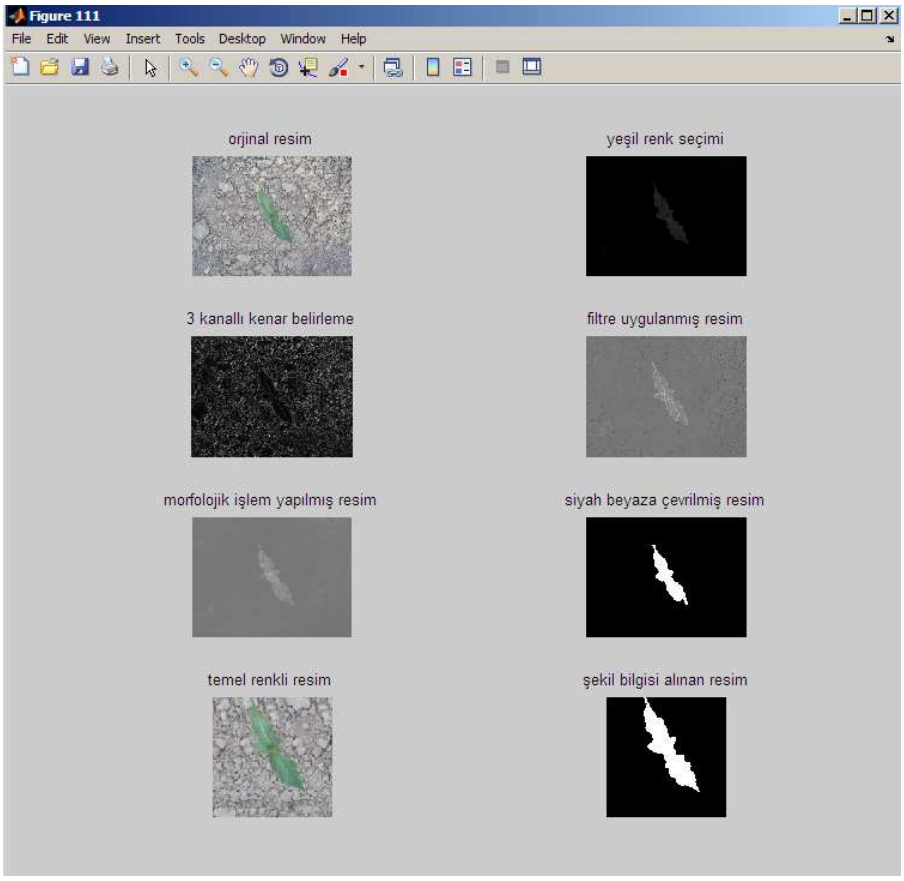


Şekil 3.52. Sirken bitkisinin şekil bilgisini oluşturacak siyah beyaz resmin elde edilmesi

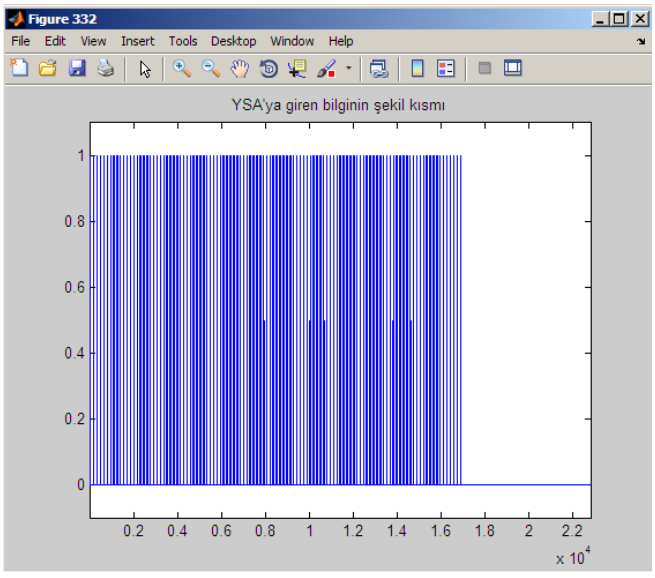


Şekil 3.53. Sirken bitkisine ait YSA' ya girecek şekil bilgisi

Diken bitkisine ait resime de aynı görüntü işleme teknikleri uygulanarak YSA' ya girecek şekil bilgisini oluşturan siyah beyaz resim bilgisi elde edilmiştir (Şekil 3.54). 3.55' de YSA' ya girecek diken bitkisinin şekil bilgisine ait grafik görülmektedir.

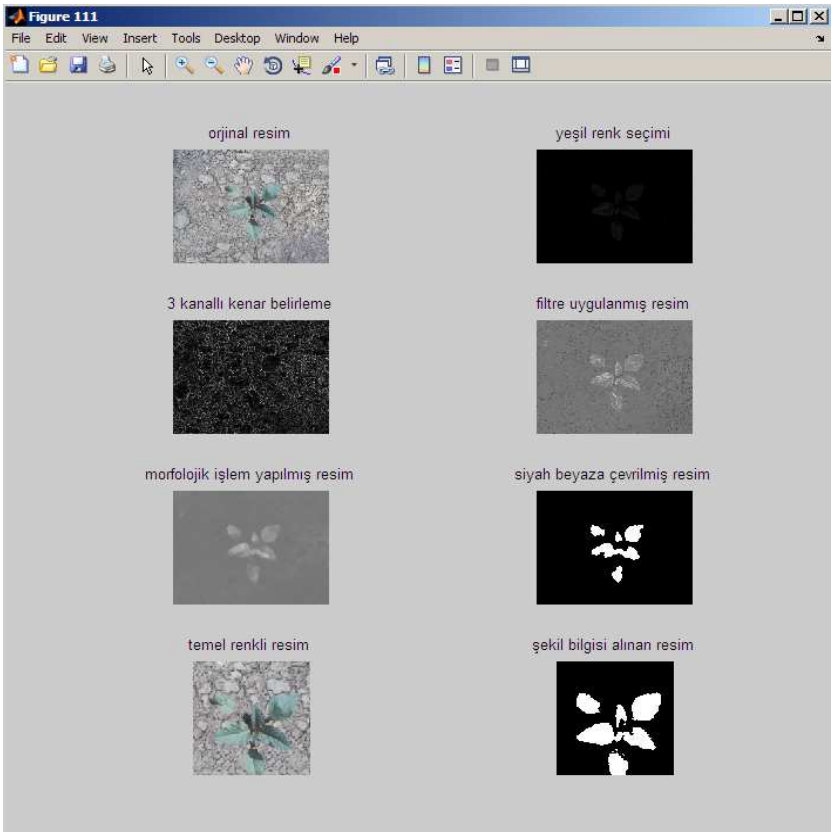


Şekil 3.54. Diken bitkisinin şekil bilgisini oluşturacak siyah beyaz resmin elde edilmesi

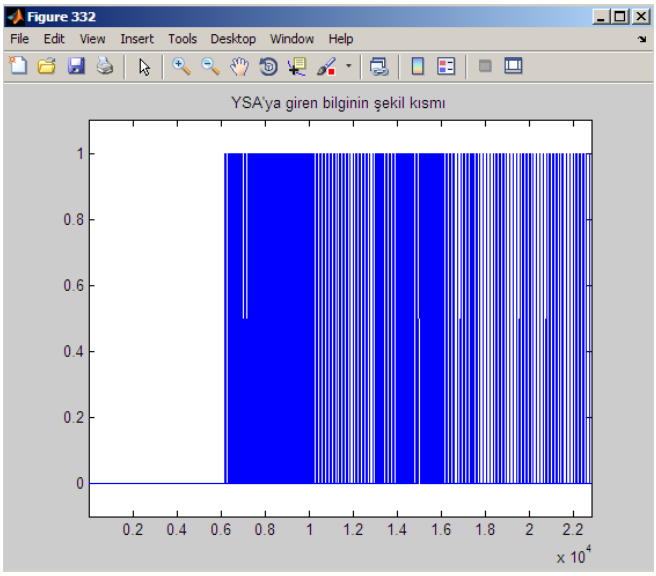


Şekil 3.55. Diken bitkisine ait YSA' ya girecek şekil bilgisi

Yabani marul bitkisine ait resime de aynı görüntü işleme teknikleri uygulanarak YSA' ya girecek şekil bilgisini oluşturan siyah beyaz resim bilgisi elde edilmiştir (Şekil 3.56). 3.57' de YSA' ya girecek yabani marul bitkisinin şekil bilgisine ait grafik görülmektedir.

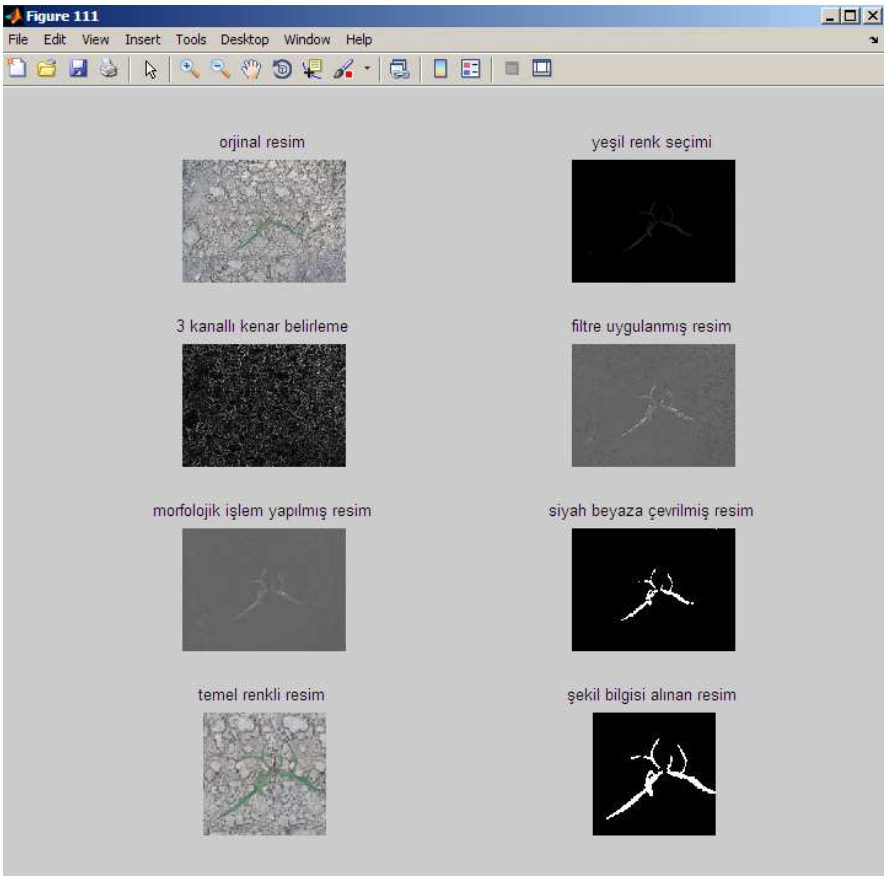


Şekil 3.56. Yabani marul bitkisinin şekil bilgisini oluşturacak siyah beyaz resmin elde edilmesi

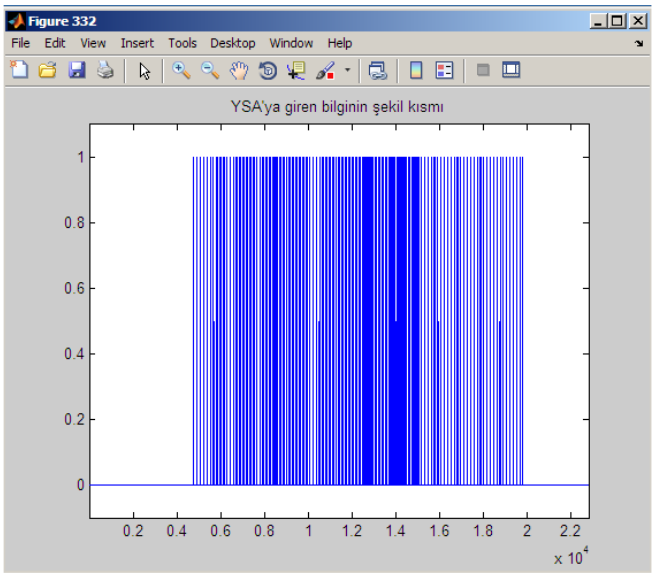


Şekil 3.57. Yabani marul bitkisine ait YSA' ya girecek şekil bilgisi

Darıcan otuna ait resime de aynı görüntü işleme teknikleri uygulanarak YSA' ya girecek şekil bilgisini oluşturan siyah beyaz resim bilgisi elde edilmiştir (Şekil 3.58). 3.59' da YSA' ya girecek darıcan otunun şekil bilgisine ait grafik görülmektedir.



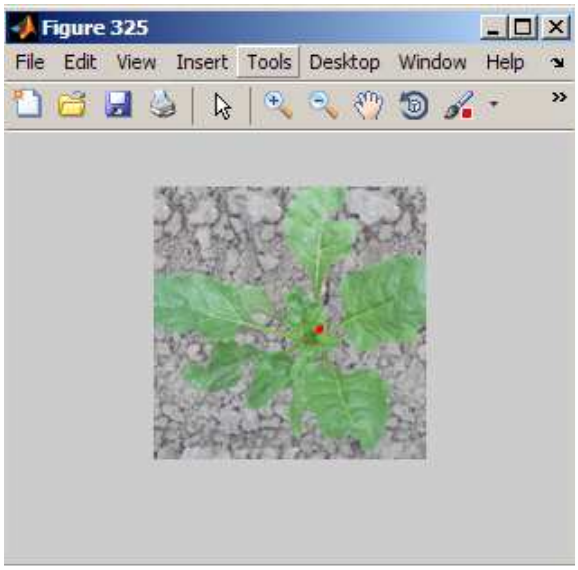
Şekil 3.58. Darıcan otunun şekil bilgisini oluşturacak siyah beyaz resmin elde edilmesi



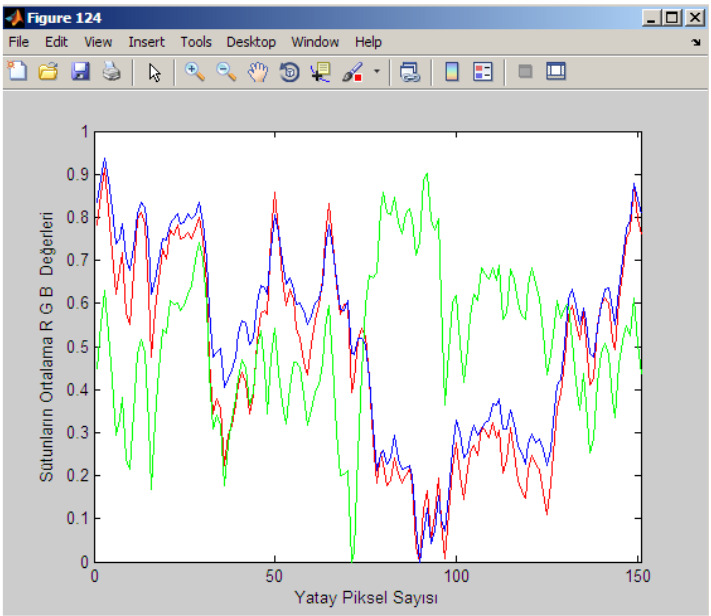
Şekil 3.59. Darıcan otuna ait YSA' ya girecek şekil bilgisi

3.2.15.3. YSA' ya girecek renk bilgisinin elde edilmesi

150x150 piksel boyutundaki şeker pancarına ait temel renkli resimin sütunlardaki ortalama RGB değerlerinin grafikleri elde edilmiştir (Şekil 3.60). Grafikte yatay eksen yataydakli piksek sayısının dikey eksen ise resmin sütunlarındaki RGB değerlerinin ortalamasını göstermektedir. Şekil 3.61' de YSA' ya girecek şeker pancarı temel resmi görülmektedir. Resimdeki kırmızı nokta yeşil değerine göre ağırlık ortalamasını vermektedir.

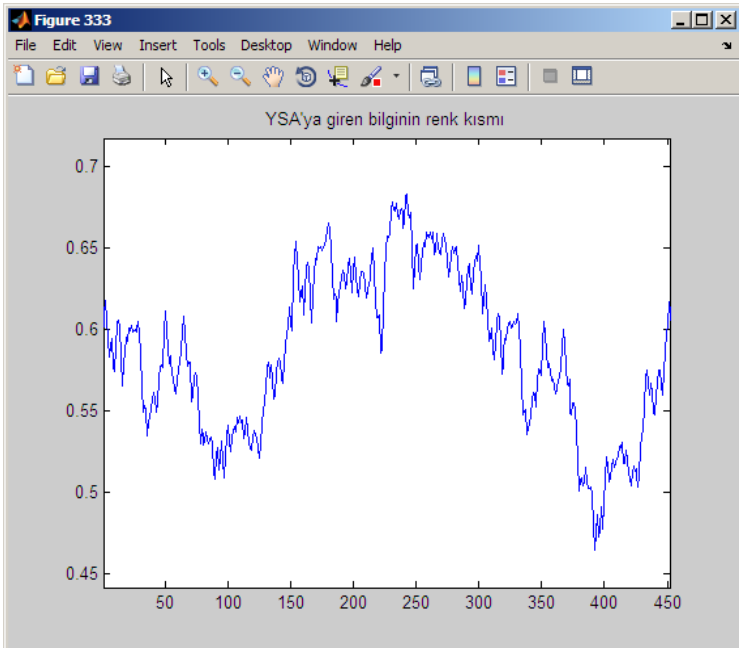


Şekil 3.60. Şeker pancarı temel resmi



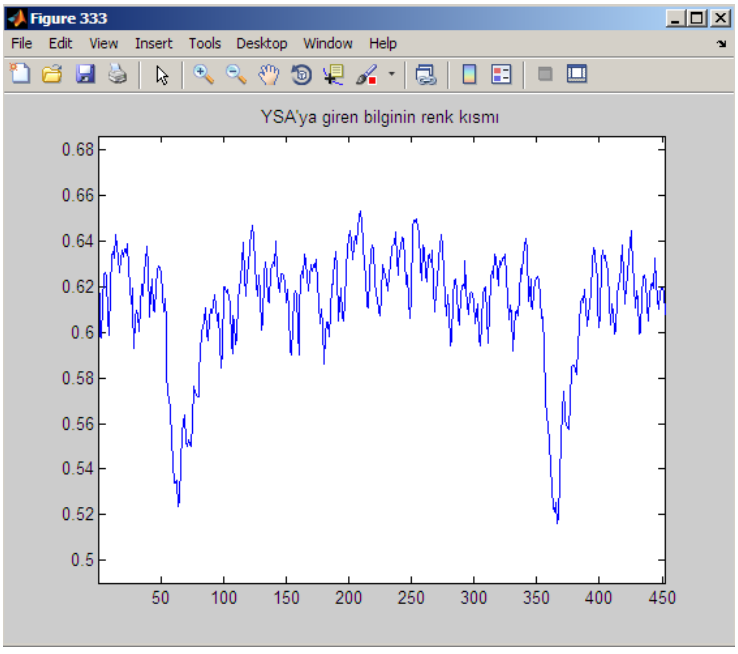
Şekil 3.61. Şeker pancarı temel resmine ait RGB kanalları

Şeker pancarı temel resminden elde edilen RGB değerleri ard arda eklenerek YSA' ya girecek renk bilgisi elde edilmiştir. Şekil 3.62' de YSA' ya girecek şeker pancarının renk bilgisine ait grafik görülmektedir.



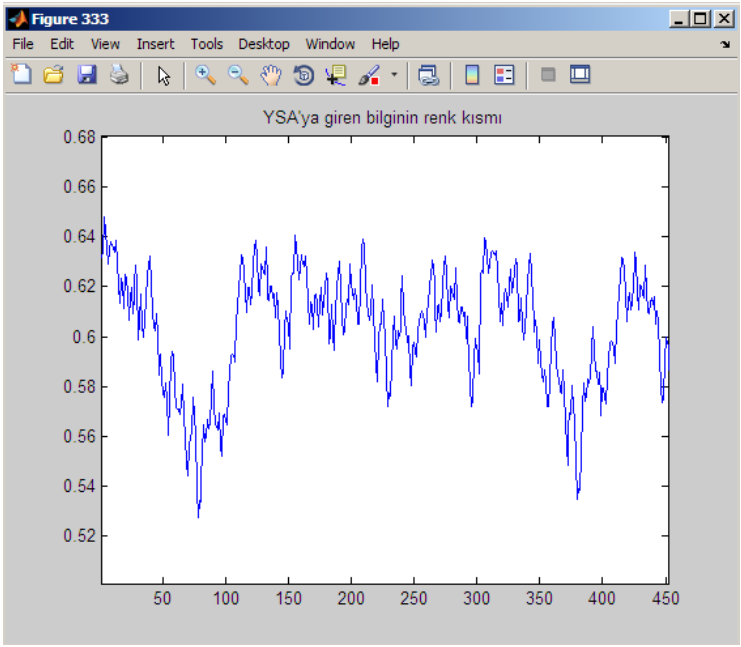
Şekil 3.62. Şeker pancarına ait YSA' ya girecek renk bilgisi

Şekil 3.63' de YSA' ya girecek sirken bitkisinin renk bilgisine ait grafik görülmektedir.



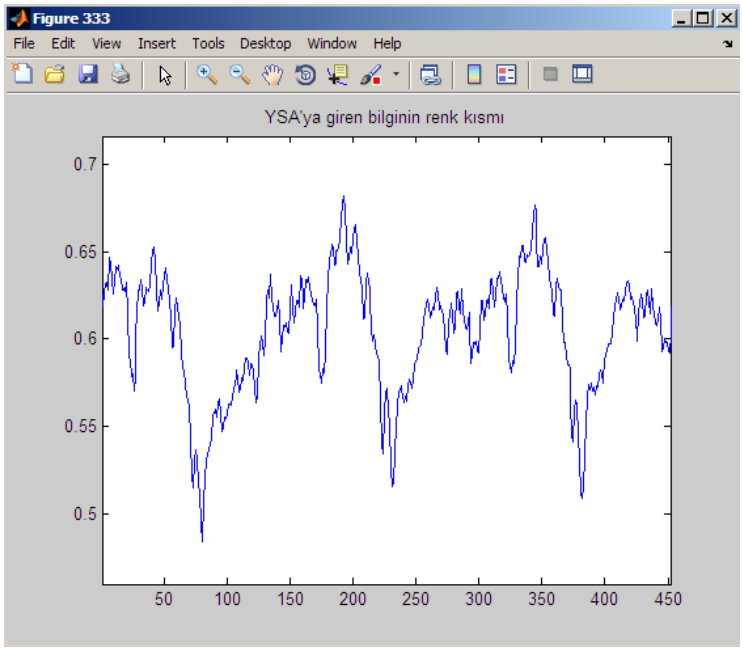
Şekil 3.63. Sirken bitkisine ait YSA' ya girecek renk bilgisi

Şekil 3.64’ de YSA’ ya girecek diken bitkisinin renk bilgisine ait grafik görülmektedir.



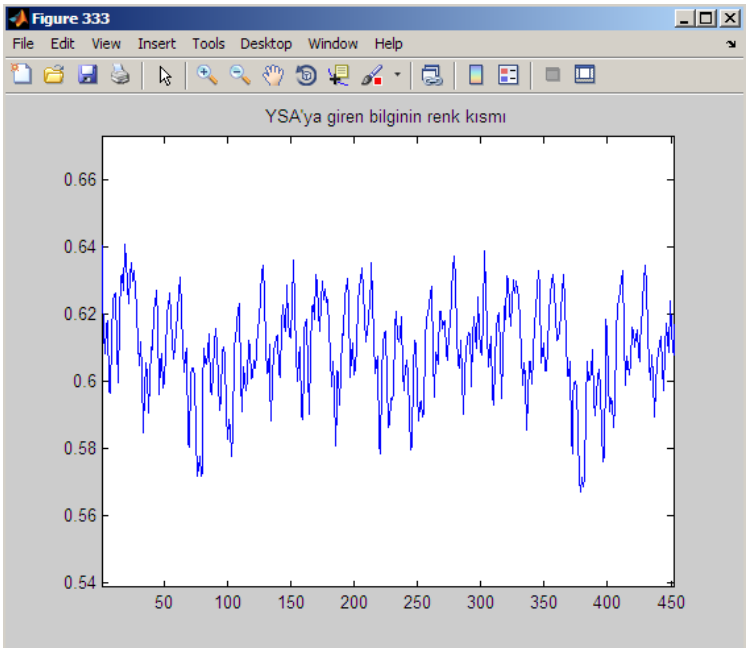
Şekil 3.64. Diken bitkisine ait YSA’ ya girecek renk bilgisi

Şekil 3.65’ de YSA’ ya girecek yabani marul bitkisinin renk bilgisine ait grafik görülmektedir.



Şekil 3.65. Yabani marul bitkisine ait YSA’ ya girecek renk bilgisi

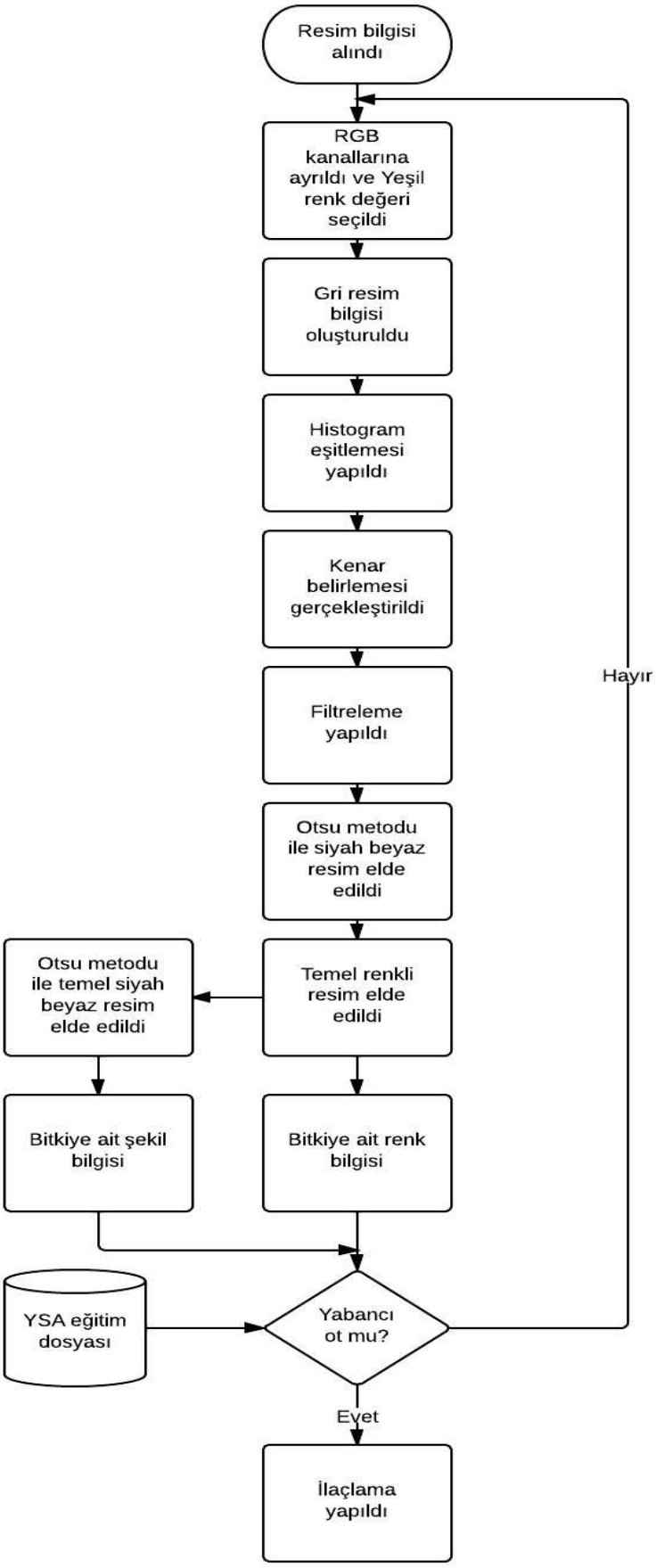
Şekil 3.66’ da YSA’ ya girecek darıcan otunun renk bilgisine ait grafik görülmektedir.



Şekil 3.66. Darıcan otuna ait YSA’ ya girecek renk bilgisi

Hassas ilaçlama robotu üzerinde bulunan web kamerasının aldığı frame bilgilerinde bitkinin RGB değerleri kullanılarak bitkinin konum bilgisi elde edilmiştir. Görüntü işleme algortimaları uygulanarak elde edilen bitkinin temel siyah beyaz resminden şekil bilgisi elde edilmiştir. Bitkiye ait temel renkli resim RGB renk değerleri kullanılarak bitkiye ait renk bilgisi elde edilmiştir. Kültür bitkisi be yabancı otlara ait renk ve şekil bilgileri elde edilmiştir. Her bir bitki için renk bilgisin ve şekil bilgisi ard arda eklenerek YSA’ girecek kültür bitkisi ve yabancı otlara ait bilgi setleri oluşturulmuştur.

Elde edilen bilgi setleri YSA’ da işlenerek alınan görüntün kültür bitkisi mi ya da yabancı ot mu olduğunu belirlemiştir. Eğer görüntüdeki bitki yabancı ot ise kontrol ünitesi gerekli selonid valfi açarak yabacı ot üzerine ilaçlama sıvısı uygulanır. Şekil 3.67’ de sıra üzeri yabancı ot ilaçlamasına ait akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.67. Sıra üzeri yabancı ot ilaçlamasına ait akış diyagramı

3.2.16. Yapay sinir ağları

İnsan beyni bilinen en karmaşık ve gizemli hesaplayıcıdır. Yapay Sinir Ağları (YSA) insan beyninin işleyişini taklit ederek yeni sistem oluşturulmaya çalışılan yaklaşımlardır. YSA yapılarının esin kaynağı biyolojik sinir ağlarının işleyiş yöntemidir. Pek çok araştırmacı beyin fonksiyonlarını taklit edebilen YSA modelleri üzerinde çalışmaktadır. YSA, öğrenme özelliği ile cazibesini her geçen gün arttırmıştır. YSA mühendislik alanında, imalat sanayinde, askeri proje uygulamalarında, tıp alanında, tarımsal alanda, uzay ve havacılık sanayinde, yüzey modelleme gibi alanlarda tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri yorumlama, veri filtreleme vb. amaçlarla kullanılmaktadır (Sağıroğlu ve ark. 2003).

YSA, bir sisteme ait tek veya çoklu parametrelere bağlı olarak tanımlanan giriş verileri ile sistemin yine tek veya çoklu parametrelere bağlı olarak tanımlanabilen çıkışları arasında ilişki kurabilme yeteneğine sahiptir. Bu ilişkinin doğrusal bir formda olması zorunlu değildir. YSA, giriş değerlerine uygun olarak çıkış değerleri üretirler (Sağıroğlu ve ark. 2003).

YSA alanında yapılan ilk çalışmalar McCulloch ve Pitts tarafından yapılmıştır (McCulloch ve Pitts 1943). Bu araştırmacıların yayınladığı "Sinir Aktivitesindeki Düşüncelere Ait Bir Mantıksal Hesap" başlıklı makalede YSA konusunda ilk adım atılmıştır. İlerleyen zamanlarda Hebb (1949), Rosenblatt (1958), Widrow ve Hoff (1960), Hopfield (1982), Kohonen (1982), Rumelhart ve ark. (1986) ve daha birçok araştırmacı farklı YSA öğrenme algoritmaları geliştirmişlerdir.

Yapay Sinir Ağları, birbirine hiyerarşik olarak bağlı ve paralel olarak çalışabilen yapay hücrelerden (nöron) meydana gelmektedir. Temel olarak bir YSA' nın görevi, kendisine gösterilen giriş setine karşılık bir çıkış seti belirlemektir. Bunu gerçekleştirebilmek için ağ, ilgili problemin örnekleri ile eğitilerek (öğrenme), o problemle ilgili istenenleri çözebilme yeteneğine kavuşturulur.

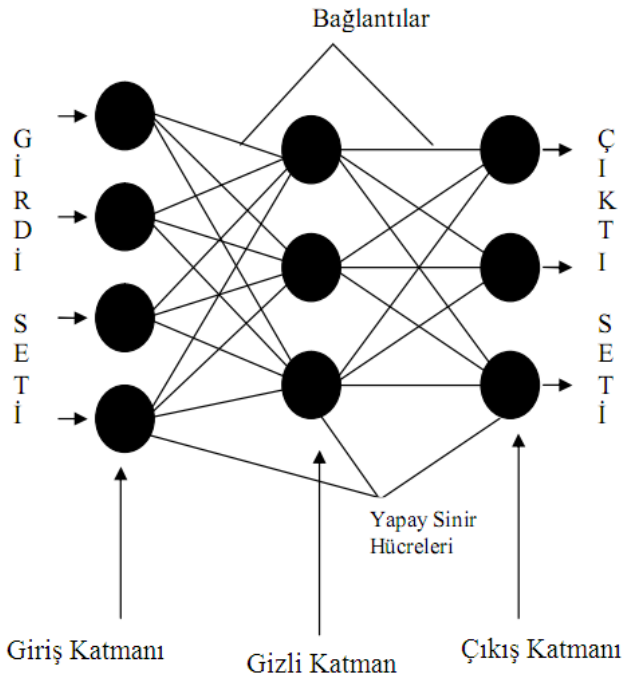
3.2.16.1. YSA’ nın temel yapısı

YSA sinir hücrelerinin bir araya gelmesiyle oluşurlar. Genelde hücreler, 3 katman halindedir ve her katman içinde paralel halde ağı oluştururlar. Bu katmanlar;

Giriş Katmanı: Bu katmandaki hücreler giriş bilgilerini gizli katmana ulaştırmakla görevlidir.

Gizli Katman: Giriş katmanından gelen bilgiler işlenerek çıkış katmanına gönderilir. Bir ağda problemin durumuna göre, birden fazla gizli katman olabilmektedir.

Çıkış Katmanı: Bu katmandaki hücreler gizli katmandan gelen bilgiyi çıkış katmanına gönderirler. Üretilen çıkışlar problemin çözümünü içermektedir. Şekil 3.68' de bir yapay sinir ağı örneği görülmektedir.



Şekil 3.68. Bir yapay sinir ağı örneği (Öztemel, 2003)

3.2.16.2. Gizli katman sayısının ve hücre sayısının belirlenmesi

YSA'nın tasarımı sırasında ağdaki katman sayısına ve katmanlardaki hücre sayısına doğru bir şekilde karar vermek sistemin performansı açısından oldukça önemlidir. Birçok problemde iki veya üç katmanlı bir ağ istenen sonuçları üretebilmektedir (Haykin 1999). Katmanlar, hücrelerin aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle oluşmaktadır. Katmanların farklı şekilde birbirleriyle bağlanmaları ile farklı ağ yapıları oluşmaktadır. Giriş ve çıkış katmanlarının sayısı da, problemin yapısına göre değişmektedir (Freeman ve Skapura 1991).

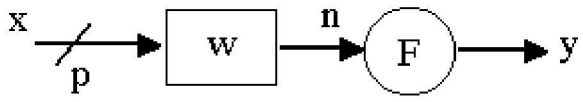
Ağın bir diğer yapısal özelliği ise her bir katmandaki hücre sayısıdır. Gizli katmandaki hücre sayısının tespitinde de genellikle deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Bunun için takip edilecek yöntem, başlangıçtaki rastgele olarak belirlenen hücre sayısını istenilen performansa ulaşıncaya kadar arttırmak veya tersi şekilde istenen performansın

altına inmeden azaltmaktır. Gizli katmanda kullanılacak hücre sayısı ne kadar az olursa eğitim işlemi de o kadar kısa sürmektedir. Aynı zamanda hücre sayısının az olması sinir ağının "genelleme" yeteneğini arttırırken, gereğinden fazla olması ağın verileri ezberlemesine neden olmaktadır. Bununla birlikte hücre sayısının gereğinden az olması, ağın giriş verilerini öğrenememesi gibi bir sorun oluşturmasına neden olabilir.

Gizli katman hücre sayısının belirlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise tecrübeye dayalı (heuristic) arama yöntemidir. Tecrübeye dayalı arama yönteminde arama doğruluğu, son arama adımında denenen mimari ile bir önceki arasındaki arama kriteri ile belirlenir (Breiman 1994). Bununla birlikte ağın genel hata oranına bakılarak da ağ yapısı belirlenmesi işlemi gerçekleşebilmektedir. Ağdaki gizli katman sayısı arttıkça ağırlık sayısı da artacağından dolayı ağ yapısı karmaşık bir hale gelecektir. Bu yöntemde, her bir modelin en uygun olabilirlik fonksiyonunu bulunur. Olabilirlik fonksiyonunun değeri en küçük olan model, en uygun model olarak seçilmektedir (Schwarz 1978).

3.2.16.3. Yapay sinir ağı hücresi

Temel bir yapay sinir ağı hücresi biyolojik sinir hücresine göre çok daha basit bir yapıya sahiptir. En temel nöron modeli Şekil 3.69’ da görülmektedir. Bir yapay nöron temel olarak girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, transfer fonksiyonu ve çıkış olmak üzere 5 bölümde incelenebilir (Sağıroğlu ve ark. 2003).



$$v = w_1 x_1 + ... + w_p x_p = WX \qquad y = F(v)$$

Şekil 3.69. Temel yapay sinir ağı hücresi

Şekil 3.69' da x girişleri, y çıkışı, f transfer (aktivasyon) fonksiyonunu, p nöron giriş sayısını, n çıkış sayısını, w ise ağırlıkları ifade etmektedir. Nöronlar arasındaki bağlantılar ağırlık adı verilen ayarlanabilir parametreler ile karakterize edilir. Ağırlıklar bir nörona gelen bilginin önemini ve nöron üzerindeki etkisini gösterir (Öztemel 2003). Girişler p elemanlı sütun vektörü, ağırlıklar ise p elemanlı satır vektörü ile gösterilir.

YSA' da giriş vektörü ile ağırlık vektörünün çarpımı önce toplama fonksiyonuna uygulanır ve fonksiyonun çıkışı eşitlik 3.14'e göre hesaplanır.

$$v_i = \sum_{j=1}^{n} x_i w_{ij} - \theta_i \tag{3.14}$$

Burada x_i i. girişi, w_{ij} j. elemandan i. elemana bağlantı ağırlığını ve θ_i eşik değerini göstermektedir. Elde edilen sonuç, sigmoid bir aktivasyon fonksiyonuna uygulanırsa, çıkış değeri eşitlik 3.15' e göre bulunur.

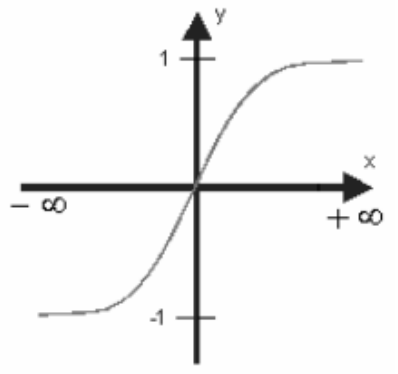
$$y = F(v) = \frac{1}{1+e^{-v}} \tag{3.15}$$

Bir işlemci elemanın çıkış değeri, diğer işlemci elemanlarına giriş veya ağın çıkış değeri olabilir.

Aktivasyon fonksiyonları bir YSA' da nöronun çıkış genliğini istenilen değerler arasında olmasını sağlar. Bu değerler genellikle [0,1] veya [-1,1] arasındadır. Ayrıca, yapay sinir ağına bir kutuplama (bias) değeri uygulanarak aktivasyon fonksiyonu arttırılabilir. YSA' larda kullanılacak aktivasyon fonksiyonlarının türevi alınabilir olması ve süreklilik arz etmesi gerekmektedir. YSA' da kullanım amacına uygun olarak tek veya çift yönlü aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir (Sağıroğlu ve ark. 2003). Aktivasyon fonksiyonu olarak çoğunlukla doğrusal fonksiyon, tanjant hiperbolik veya sigmoid fonksiyon kullanılır. Çalışmada şekil ve renk bilgisine göre sınıflandırmada başarılı sonuçlar veren tanjant hiperbolik fonksiyonu kullanılmıştır.

Tanjant hiperbolik fonksiyon, YSA uygulamalarında en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biridir.

$$y = \frac{1-e^{-2x}}{1+e^{2x}}$$

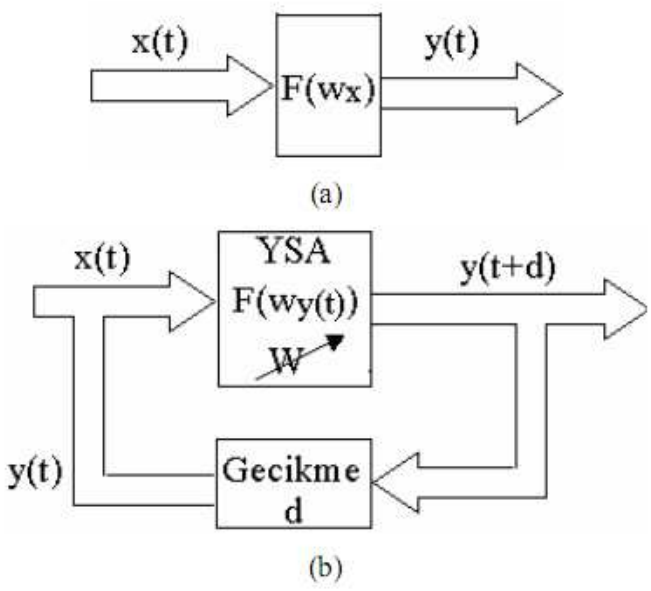


Şekil 3.70. Tanjant hiperbolik fonksiyon

Nöronlar arasındaki bağlantıların yapısı ağın yapısını belirler. İstenilen hedefe ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği öğrenme algoritması tarafından belirlenir. Kullanılan öğrenme kuralına göre, hatayı sıfıra indirecek şekilde, ağın ağırlıkların değiştirilir. YSA, yapısına ve öğrenme algoritmasına göre sınıflandırılırlar. Yapılarına göre yapay sinir ağları iki grupta incelenir:

1-İleri beslemeli ağlar, Şekil 3.71a' daki gibidir. Giriş işaretleri, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. Giriş katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz. ÇKP ağı örnek olarak verilebilir (Sağıroğlu ve ark. 2003, Öztemel 2003).

2-Geri beslemeli ağlar, Şekil 3.71b' deki gibidir. Giriş işaretleri hem ileri yönde giriş katmanından çıkış katmanına doğru, hem de geri yönde çıkış katmanından giriş katmanına doğru çift yönde bağlantılarla iletilir. Bu çeşit ağların dinamik hafızaları vardır (Sağıroğlu ve ark. 2003).



Şekil 3.71. İleri beslemeli (a) ve geri beslemeli (b) ağ yapıları

3.2.16.4. Çok katmanlı perseptron

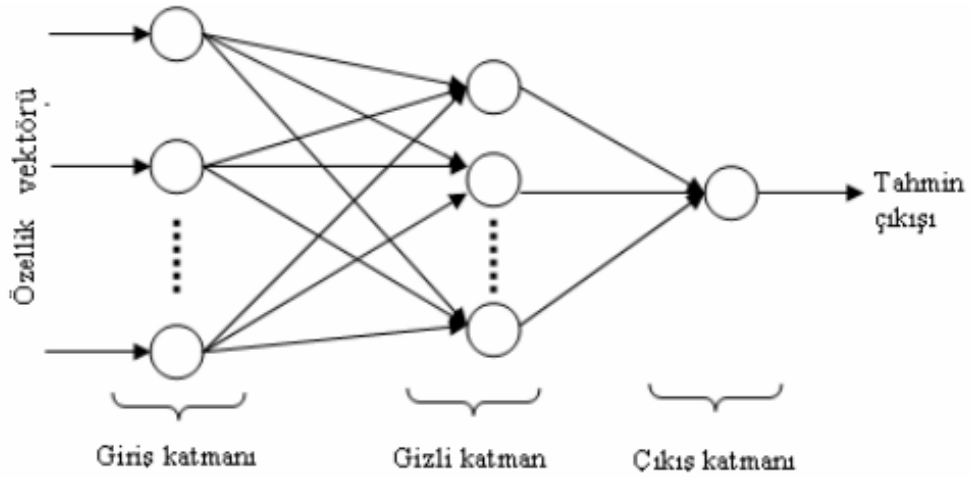
Bir ÇKP modeli, danışmanlı öğrenme algoritması kullanan ileri beslemeli bir ağ türüdür. Bir giriş katmanı, bir veya daha fazla gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşmaktadır. Her katmanda değişik sayıda nöron bulunabilir. Giriş ve çıkış katmanındaki nöron sayıları probleme göre tespit edilir. Gizli katman sayısı ve gizli

katmanlardaki nöron sayısı deneme yoluyla bulunur. Herhangi bir nöron çıkışı eşitlik 3.16 ile bulunur:

$$y_k = f\left(\sum_k w_k x\right) \tag{3.16}$$

x : giriş katmanı
w : ağırlık vektörü

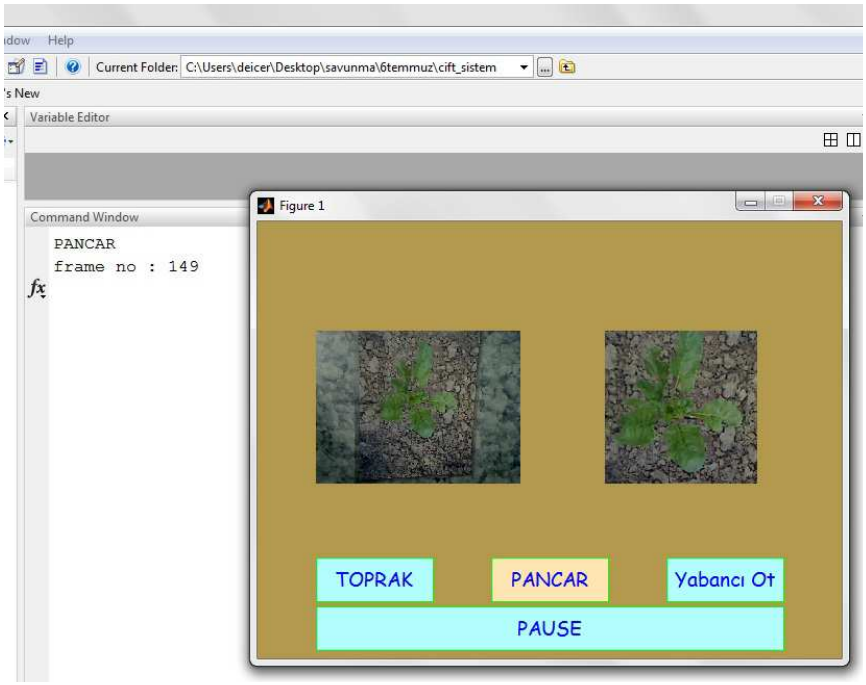
Bir katmandaki tüm nöronlar bir üst katmandaki tüm nöronlara ağırlıkları ile bağlıdır. Giriş katmanında herhangi bir işlem yapılmaz, sadece veriler ağa sunulur. Bu veriler, gizli katmanlarda işlenir ve çıkış katmanından çıkışlar elde edilir. ÇKP eğitilirken, ağın çıkışı ile arzu edilen çıkış arasındaki hata, geriye doğru yayılarak, hata minimuma düşünceye kadar ağırlıklar değiştirilir. ÇKP, geriye yayılım, delta bar delta, genişletilmiş delta bar delta, esnek yayılım gibi eğitme algoritmaları kullanılarak eğitilebilir (Sağıroğlu ve ark. 2003, Öztemel 2003). Tez çalışmasında kullanılan örnek bir ÇKP yapısı Şekil 3.72 'de sunulmuştur.



Şekil 3.72. Örnek bir ÇKP yapısı

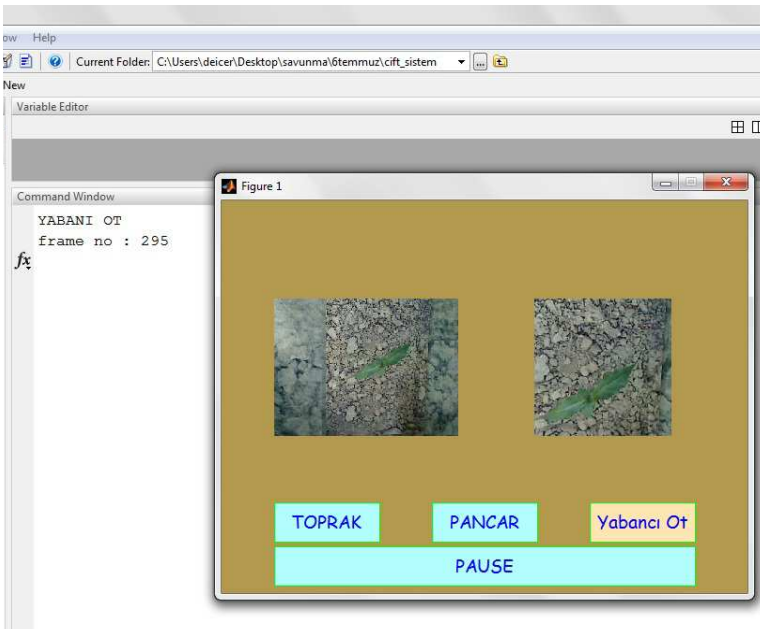
3.2.17. Yapay sinir ağları ile sistemin eğitilmesi

Matlab' da sistemin eğitiminin daha kolay ve görsel olması için bir arayüz oluşturulmuştur. Arayüzde toprak, pancar ve yabancı ot olmak üzere 3 adet buton bulunmaktadır. Arayüzdeki 2 görüntüden solda görülen web kamerasından alınan görüntüdür. Diğeri ise kameradan alınan görüntüdeki yeşil alanın kesilmiş ve eğitime girecek olan resim bilgisi görülmektedir. Şekil 3.73' de Matlab' da geliştirilen eğitim arayüzü görülmektedir.



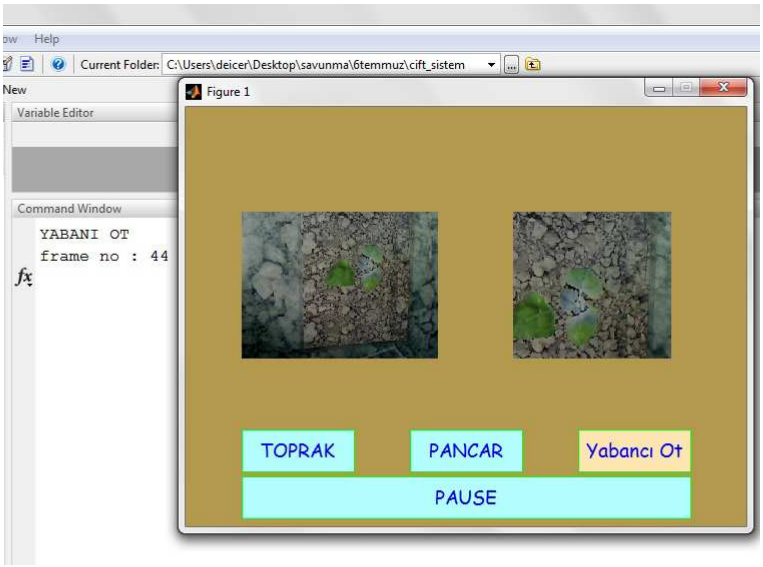
Şekil 3.73. Matlab' da geliştirilen eğitim arayüzü

İlaçlama robotu ray üzerinde hareket ederken web kamerası şeker pancarının üzerinde iken pancar butonuna basılarak eğitime girecek olan pancar resim frameleri alınmıştır. Toprak ve yabancı ot resimlerini gördüğü zaman ilgili butonlara basılarak eğitime girecek resim bilgileri kaydedilmiştir. Şekil 3.74' de web kamerası diken bitkisi üzerinde iken eğitim için alınan frame bilgileri ve eğitim arayüz görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.74. Diken bitkisinin eğitim için resim frameleri alınması

Şekil 3.75’ de ise sirken bitkisinin eğitime için alınan frame bilgileri ve eğitim arayüz görüntüsü görülmektedir.

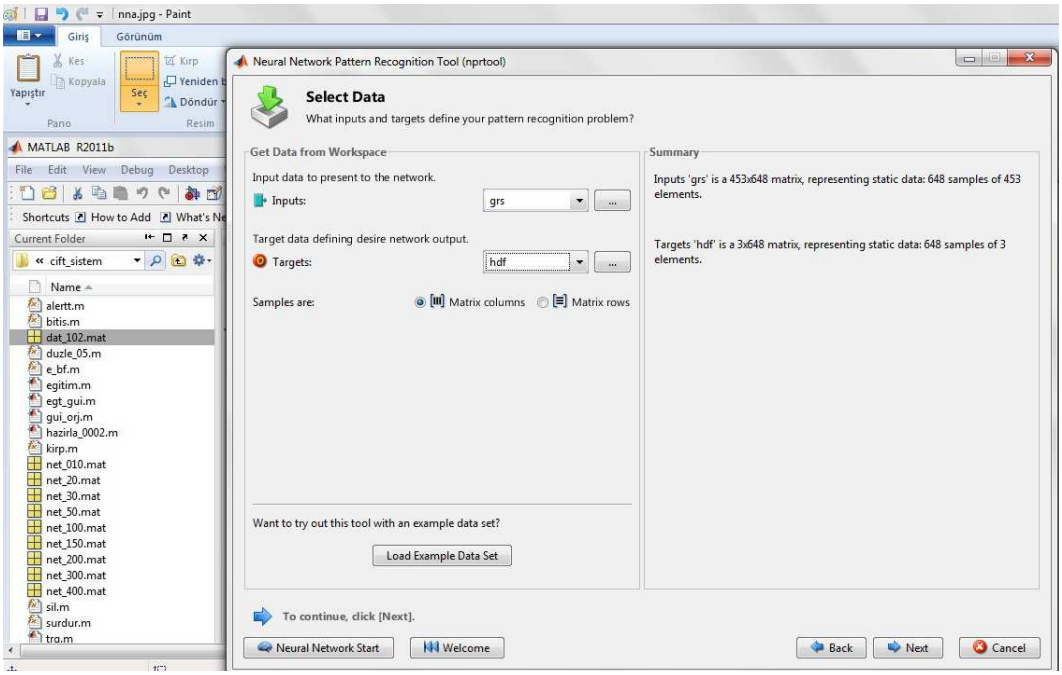


Şekil 3.75. Sirken bitkisinin eğitim için resim framelerinin alınması

Sistemin eğitiminde Matlab yazılımı “Neural Network” araç kutusu içinde yer alan “Neural Pattern Recognition Tool (nprtool)” ağ modeli kullanılmıştır. Ürünlerin sınıflandırılması ve seçimi gibi Matlab uygulamalarında bu hazır model tercih edilmektedir.

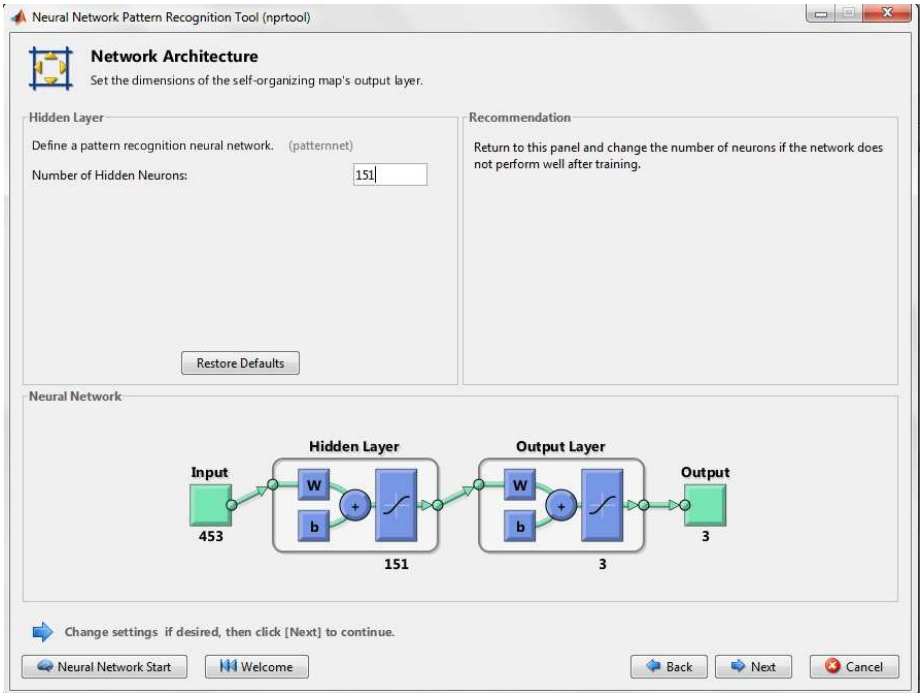
Şeker pancarı bitkisi, toprak ve yabancı ot resim bilgileri eğitim arayüzü ile alındıktan sonra eğitim yapılacak resim bilgilerinin tamamı dat_102.mat dosyasının içine kaydedilmiştir. dat_102.mat dosyasının içinde grs ve hdf adlı iki değişken vardır. Bu değişkenlerden grs değişkeninde giriş bilgileri, hdf değişkende ise bu girişler için oluşması istenen sonuç bilgileri bulunmaktadır. Alınan tüm resim bilgileri sütun matris şekline dönüştürülerek eğitime hazır hale getirilmiştir.

YSA’ ya girecek 150x150 piksel boyutundaki resim ilk olarak RGB kanallarına ayrılmıştır. Bu veri 3 adet 150x150 boyutunda bir matristir. Her bir matris hareket yönüne dik olan satırlarının ortalaması alınarak 150 elemanlı bir sütun matrisine çevrilmiştir. Daha sonra bu sütun matrisleri birleştirilerek renge göre değişen bir giriş verisi oluşturulmuştur. 150 x150 piksel ebadındaki görüntü tekrar yeşil seçilecek şekilde gri tonlamaya çevrilmiş ve otsu metodu ile siyah beyaz görüntü elde edilmiştir. Bu görüntü sütun matrisine çevrilerek bitkinin şekline göre veri değişimi sağlanmıştır. Önceki renk bilgisi ile şekil bilgisi birleştirilerek YSA’ ya girecek veri seti oluşturulmuştur. Şekil 3.76’ da yapay sinir ağları araç kutusu görülmektedir.



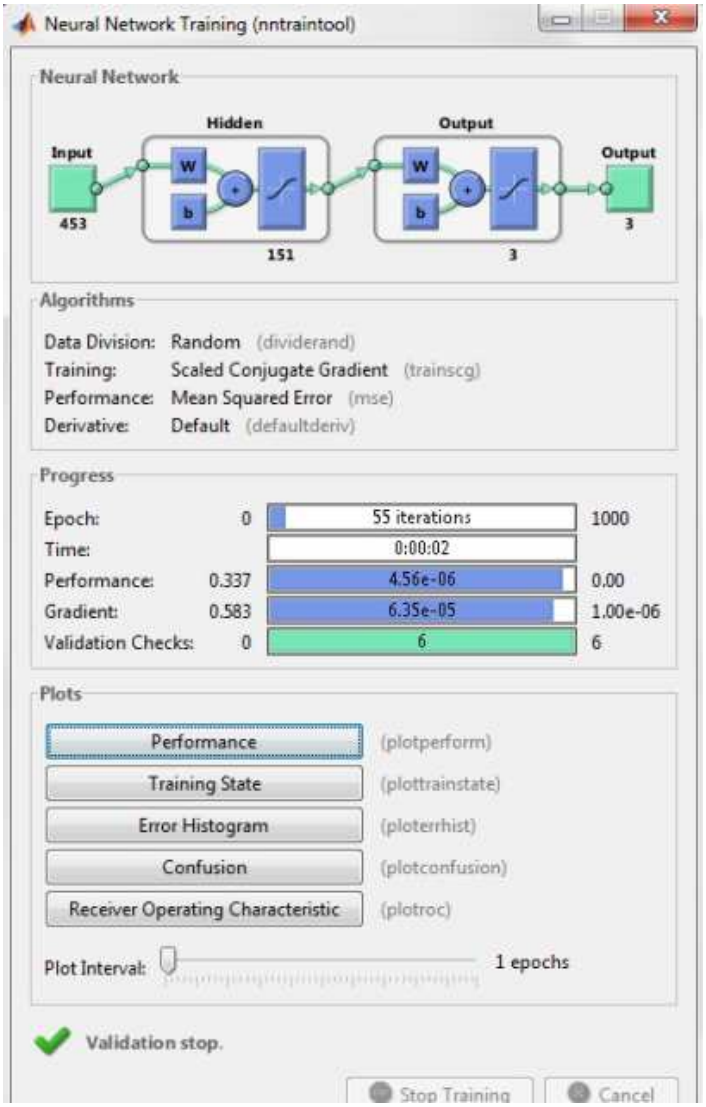
Şekil 3.76. Yapay sinir ağları araç kutusu

Bir sonraki adımda doğrulama ve test veri bilgilerinin % değerleri girildikten sonra eğitim yapılacak yapay sinir ağı modelinin görüntülendiği arayüze geçilmiştir. Bu arayüzde gizli katmanda bulunan neron sayısı girilmiştir. Yapılan çalışmalarda giriş sayısının 1/3 oranındaki neron sayısı, en iyi eğitim sonuçları alındığı değer olarak 151 girilmiştir. Girişte 453 veri seti çıkış için ise 3 adet veri seti kullanılmıştır. Bunlar şeker pancarı, toprak ve yabancı ot verileridir. Şekil 3.77’ de eğitim yapılacak yapay sinir ağı modeli görülmektedir.

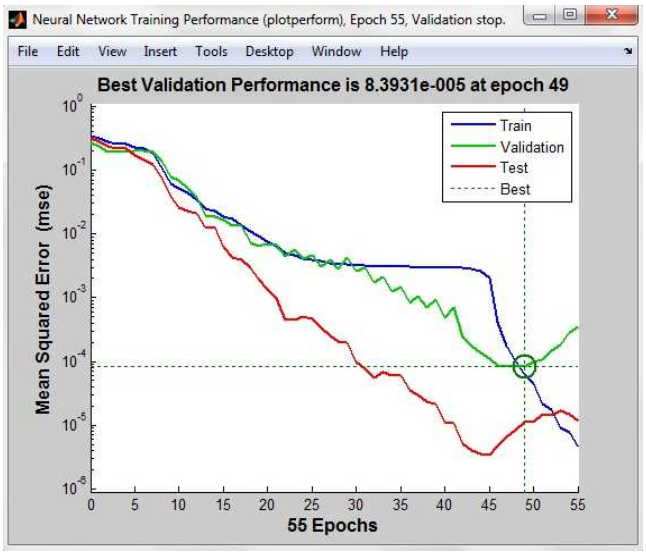


Şekil 3.77. Eğitim yapılacak yapay sinir ağı modeli

Sistem 453 giriş seti ve 3 çıkış seti ve gizli katmandaki 151 neron olan “Neural Pattern Recognition Tool (nprtool)” ağ modeli kullanılmıştır. Şekil 3.79’ da eğitim arayüzü görülmektedir. Öğrenme algoritması olarak, diğer algoritmalara göre daha hızlı sonuç vermesinden dolayı geri yayılımlı öğrenme algoritmalarından ölçeklenmiş konjuge gradyant algoritması (trainscg) kullanılmıştır. Öğrenme oranı (yapay sinir ağın ın öğrenme hızını belirler) 0.01 ve momentum katsayısı (ağın daha hızlı toparlanmasına yardım eden bir faktördür) 0.9 değerindedir. Eğitime ait performans grafiği şekil 3.78’ de görülmektedir.

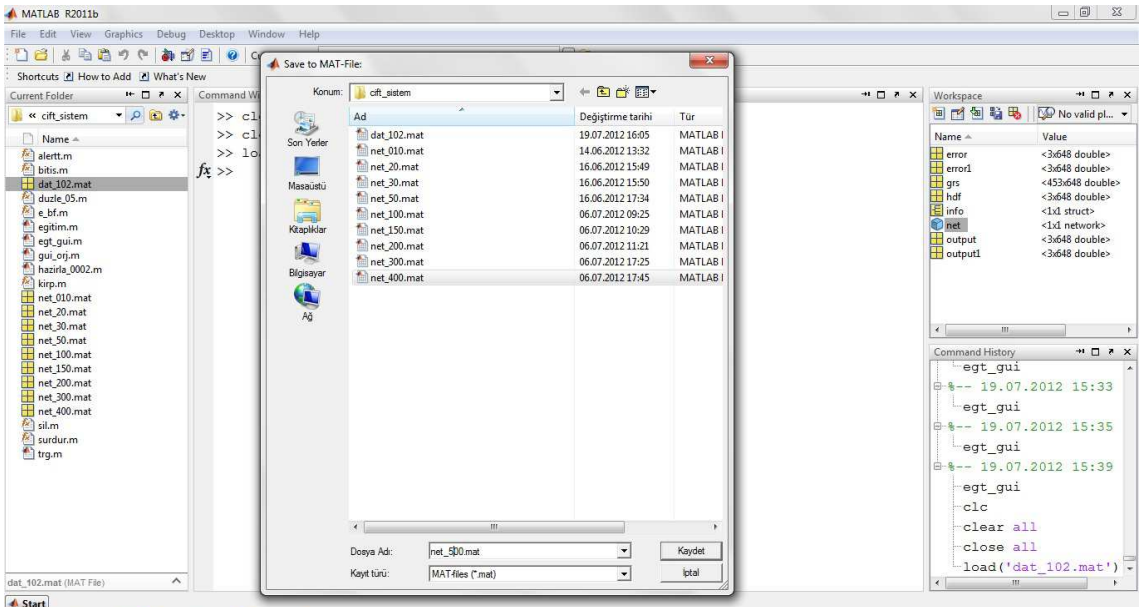


Şekil 3.78. Eğitim arayüzü



Şekil 3.79. Eğitime ait performans grafiği

Eğitim sonucunda net adlı bir yapay sinir ağı değişkeni oluşmaktadır. Bu değişken içindeki veriler net_400.mat dosyası olarak kaydedilmiştir. Şekil 3.80’ de eğitim sonucu oluşan net değişkeni ve oluşturulan net_400.mat dosyası görülmektedir.

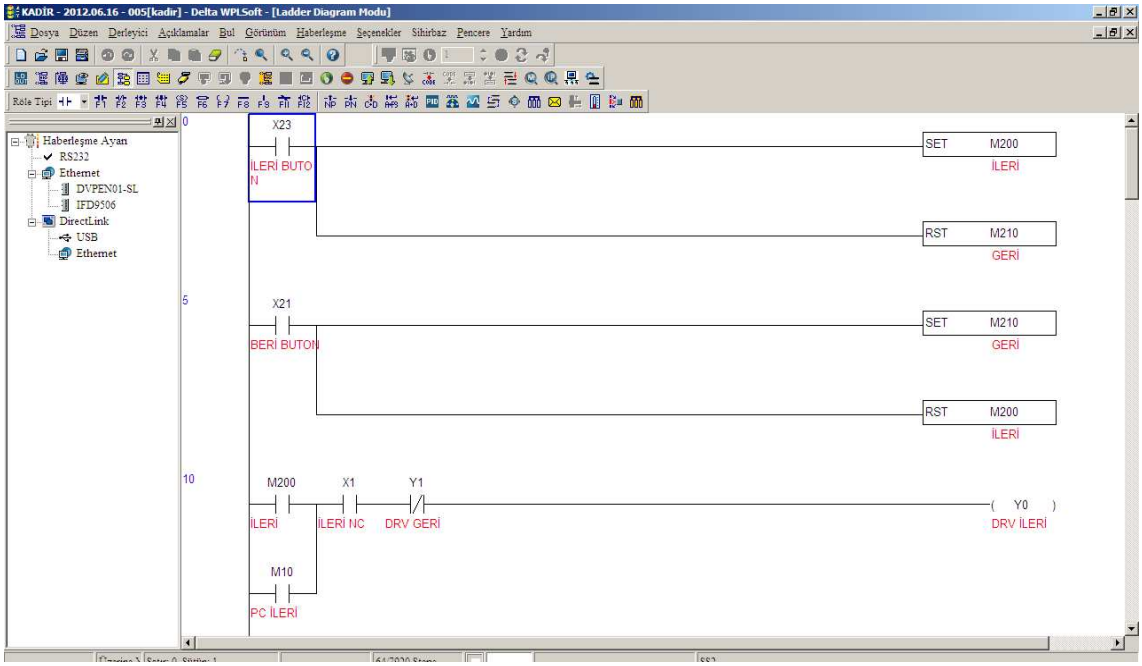


Şekil 3.80. Eğitim sonucu oluşan net değişkeni ve oluşturulan matlab dosyası

Elde edilen net_400.mat eğitim dosyası Matlab’ da yazılmış programa entegre edilmiştir. İlaçlama robotunun üzerindeki web kamerasının gerçek zamanlı (online) aldığı şeker pancarı, toprak ve yabancı ot resimleri, şekil ve renk bilgilerine göre değerlendirilerek yabancı otların tespit edilmesi sağlanmıştır. Web kamerası ile alınan bitki görüntülerinin şeker pancarı mı yoksa yabancı ot mu olduğu geliştirilen yapay sinir ağı dosyasıyla belirlenmiştir.

3.2.18. PLC’ nin programlanması

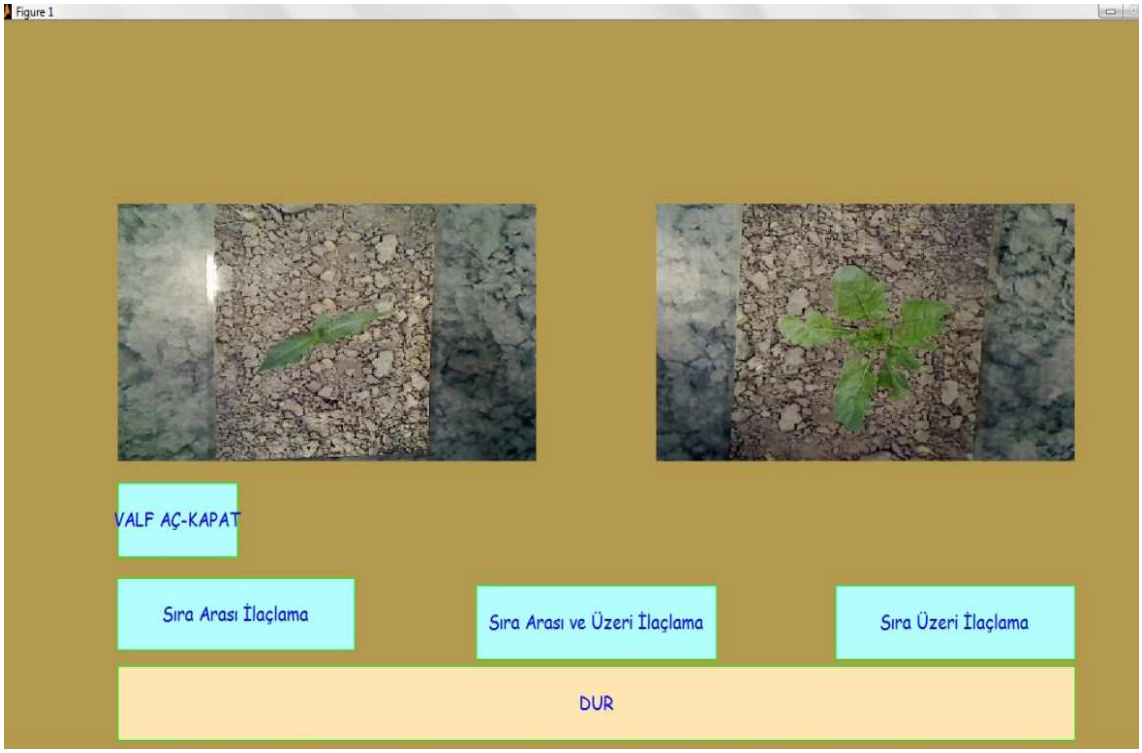
Geliştirilen sistemde hassas ilaçlama robotunun kızak üzerindeki ileri ve geri hareketini, sıra arası ve sıra üzeri ilaçlama sisteminde kullanılan selnoid valfleri kontrol etmek için kullanılan Delta marka DVP-14SS2 serisi role çıkışlı PLC’ nin programlaması için WPLSoft 2.20 yazılımı kullanılmıştır. Şekil 3.81’ de kullanılan PLC için oluşturulmuş Ladder diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.81. Ladder diyagram görüntüsü

3.2.19. Programın çalıştırılması

Programın arayüzü, MATLAB ortamının grafiksel arayüz geliştirme aracı GUIDE kullanılarak tasarlanmıştır. Şekil 3.82' de hem sıra üzerini kontrol eden web kamerası hem de sıra arasını kontrol eden web kamerası görüntüleri görülmektedir. Arayüzde 3 adet buton kullanılmıştır. Sadece sıra arası yabancı ot kontrolü yapılacaksa, sıra arası ilaçlama butonuna basılır. Eğer sıra üzeri yabancı ot kontrolü yapılacaksa, sıra üzeri ilaçlama butonuna basılır. Hem sıra üzeri hem de sıra üzeri kontrol aynı anda yapılacaksa, sıra arası ve üzeri ilaçlama butonuna basılır. Sıra üzeri valfini direk olarak açıp kapatan valf aç kapa butonu arayüz üzerine eklenmiştir. Ayrıca sistemin çalışmasını durdurmaya yarayan dur butonu konulmuştur.



Şekil 3.82. Programın ana ekran görüntüsü

Sıra arası ilaçlama yapılırken, sistem web kamerasından gelen görüntüde yeşil bilgisi olup olmadığını kontrol eder. Eğer yeşil miktarı belli bir sınırın üzerinde ise Matlab seri port üzerinden PLC' ye bilgi gönderir. PLC' de sıra arası selonid valfini açar ve yabancı ot üzerine ilaçlama sıvısı uygulanır. Yabancı otun yeşil renk değerine göre ilaçlama sıvısı uygulanır. Büyük yabancı ot üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı daha fazla olacaktır.

Sıra üzeri ilaçlama yapılırken, web kamerasından alınan şeker pancarı ve yabancı ot resim bilgileri yazılan görüntü işleme algoritmaları ile işlenir. Sistem yapay sinir ağı eğitim dosyasına göre alınan resim bilgisinin şeker pancarı mı ya da yabancı ot mu olduğuna karar verir. Eğer görüntü yabancı ota ait ise Matlab çıkış bilgisini PLC' ye gönderir. PLC' de sıra arası ilaçlamaya ait selonid valfi tetikler. Böylece yabancı ot üzerine ilaçlama sıvısı uygulanır.

3.2.20. İlaçlama robotu hızının belirlenmesi

Denemelerde kullanılan ve üzerinde web kamerası, ilaçlama ünitesi, kontrol ünitesi ile görüntü işleme ve yapay sinir ağları algoritmalarının işlendiği dizüstü bilgisayar olan ilaçlama robotu ile değişik hızlarda denemeler yapılacaktır. Bu yüzden

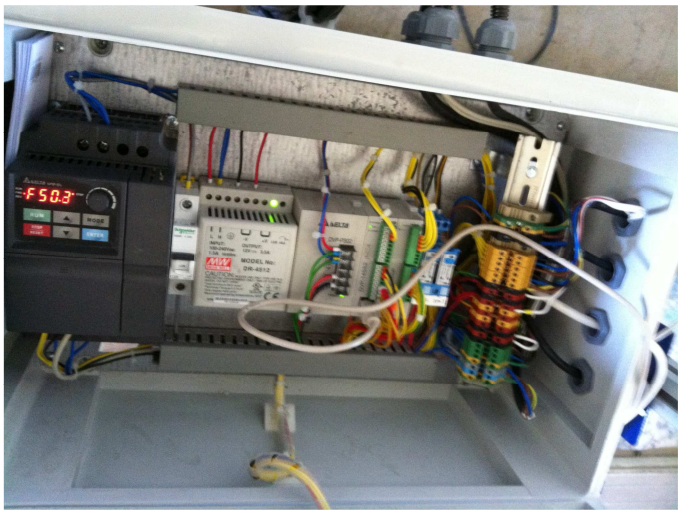
ilaçlama robotunun hareketini sağlayan asenkron motorun devrini kontrol eden hız kontrol ünitesinin değişik frekanslarındaki ilaçlama robotunun hızı belirlenmiştir. Hız kontrol ünitesinin frekansı, kontrol ünitesi panosu üzerindeki potansiyometre ile değiştirilmektedir. Frekansı 0- 100 Hz arasında değiştirerek değişik hızlarda ilaçlama robotunun hareketi sağlanmıştır. Şekil 3.83' de ilaçlama robotunun 400 cm' lik kızaklı hareket yolu görülmektedir.



Şekil 3.83. İlaçlama robotunun kızaklı hareket yolu

Şekil 3.84' de hız kontrol cihazının frekans ayar görüntüsü görülmektedir. Frekans değeri ya hız kontrol cihazı üzerindeki potansiyometreden ya da kontrol ünitesi panosu üzerinde bulunan potansiyometre yardımı ile ayarlanabilmektedir. Çalışmada hız kontrol cihazının, 25, 50,75 ve 100 Hz' lik frekans değerleri için hassas ilaçlama robotunun hız değerleri hesaplanmıştır. Bunun için 4 farklı frekans değeri için ilaçlama robotunun 400 cm' lik yolu kaç saniyede aldığı ölçülmüştür. Böylece farklı frekanslardaki ilaçlama robotunun hız değerleri belirlenmiştir.

İlaçlama robotunun hareketini sağlayan motorun redüktörüne bağlı kasnaklar 8 cm çapındadır. İlaçlama robotunun daha yüksek hızlara çıkabilmesi için bu kasnakları çapı 18,5 cm olan kasnaklarla değiştirilerek hız testleri yapılmıştır.



Şekil 3.84. Hız kontrol ünitesi frekans ayar görüntüsü

3.2.21. İlaç normunun hesaplanması

Çalışmada sıra arası ve sıra üzerinde ilaçlama yapmak için 2 adet ilaçlama memesi kullanılmıştır. İlaçlama tankının içinde yabancı ot üzerini ilaçlamak için siyah mürekkepli su (ilaçlama sıvısı) kullanılmıştır. Sistemde ilaçlama için kullanılan ilaçlama sıvısı ilaçlama ünitesinde basınçlı bir şekilde borular içinde bulunmaktadır. Selonid valfin açılması ile ilaçlama sıvısı memelerden yabancı ot üzerine uygulanmaktadır. Şekil 3.85' de çalışmada kullanılan ilaçlama memeleri görülmektedir.



Şekil 3.85. Çalışmada kullanılan memeler

Meme verdisini hesaplamak için 3 dakika valf açıkken memeden uygulanan ilaçlama sıvısı bir beher yardımıyla ölçülmüştür. Şekil 3.86' da denemede meme verdisini ölçme tekniği görülmektedir.



Şekil 3.86. Meme verdisi ölçme tekniği

İlaç normu, ilaçlama robotunun hızına ve meme sayısı ile memelerin verdisine bağlıdır.

İlaç normu aşağıdaki eşitlik (3.17)' ye göre hesaplanır,

$$N = \frac{600.Q}{V.B} \tag{3.17}$$

Burada;
N =İlaç normu (l/ha)
Q =Toplam meme verdisi (l/min)
V =Pülverizatör çekme hızı (km/h)
B =İş genişliği (m)

Araştırmada 2 adet meme kullanılmıştır ve memeler arası uzaklık 40 cm' dir. Buradan sistemin iş genişliği eşitlik (3.18)' e göre hesaplanırsa;

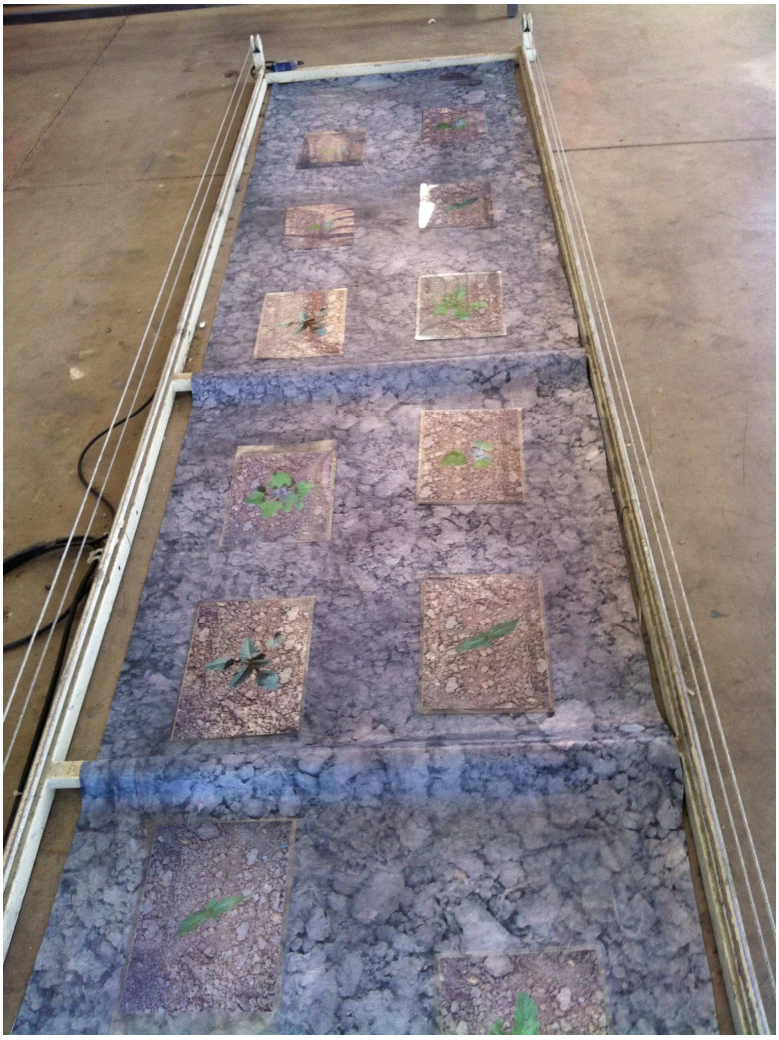
$$B = (n-1).m \tag{3.18}$$

n =meme sayısı
m =memeler arası uzaklık

3.2.22. Sıra arası ilaçlamada kullanılan ilaç sıvısı miktarının hesaplanması

İlaçlama robotunun yürüdüğü ray üzerine tarla koşullarını sağlayabilmek için 400x100 cm ebadında toprak desen baskılı bir branda kullanılmıştır. Sıra arasındaki yabancı otlara ilaçlama sıvısı uygulamak için, branda üzerine yabancı ot resimleri konulmuştur. Yabancı ot olarak, sirken, diken, yabani marul ve darıcan otu resimleri kullanılmıştır. İlaçlama robotu üzerindeki web kamerasının aldığı frame bilgileri Matlab yazılımında görüntü işleme algoritmaları ile işlenmiştir. Alınan resim bilgilerindeki yeşil piksel değerleri belli bir eşik değerinden büyük olduğu için, yeşil var bilgisi RS485 haberleşme protokolü ile PLC' ye aktarılmıştır. PLC sıra arası ilaçlamasına ait selonid valfin rolesini tetiklemiştir. İlaçlama ünitesinde basınçlı bir halde bekleyen ilaçlama sıvısı yabancı ot üzerine ilaçlama memesi aracılığı ile uygulanmıştır.

Şekil 3.87' de sıra arası ve üzeri yabancı ot kontrolü için düzenlenmiş test düzeneği görülmektedir.



Şekil 3.87. Sıra arası ve üzeri yabancı ot kontrol test düzeneği

Hassas ilaçlama robotunun hareket yolu üzerine 10’ ar adet yabancı ot resimleri konularak, geliştirilen sistem ile yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ölçülmüştür. Geliştirilen sistem ile normal ilaçlamada kullanılan ilaçlama sıvısı miktarları karşılaştırılmıştır. Sıra arası ve sıra üzeri çalışma sonrası yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı görüntüleri Şekil 3.88’ de görülmektedir.

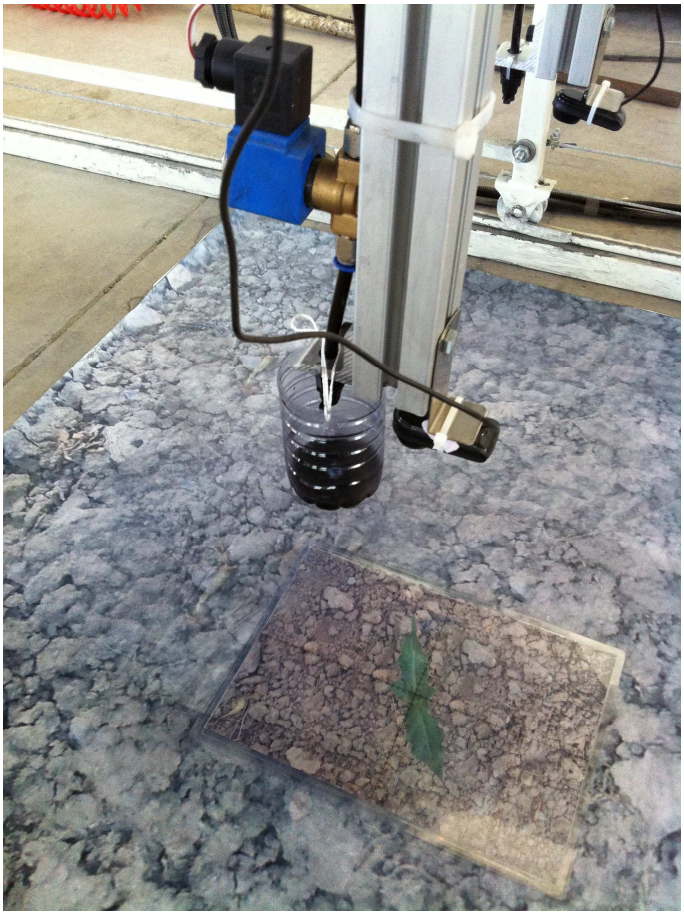


Şekil 3.88. Sıra arası ve üzeri çalışma sonundaki ilaçlama görüntüsü

3.2.23. Değişik hızlardaki yabancı otlara uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları

Çalışmada kullanılan 4 farklı yabancı ot türünün değişik hızlarda üzerlerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarlarını ölçmek için testler yapılmıştır. Bunun için sıra üzeri ilaçlama sistemi ana program ekranından seçilerek, yol üzerine sırayla sirken, diken, yabani marul ve darıcan resimleri konularak denemeler yapışmıştır. Şekil 3.89' da yabacı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı ölçüm düzeneği görülmektedir.

Hassas ilaçlama robotunun 8 farklı hız değeri için yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ölçülmüştür.



Şekil 3.89. Yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı ölçüm düzeneği

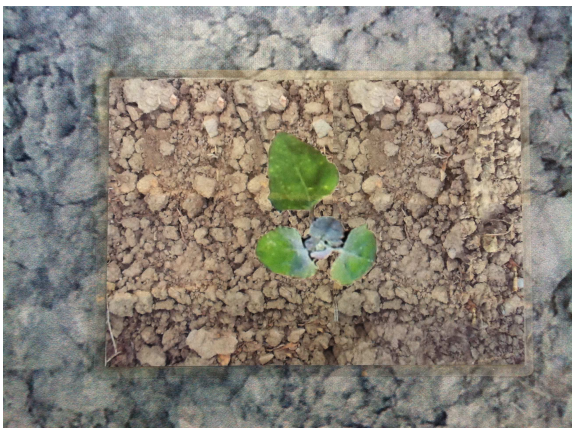
3.2.24. Sıra üzerindeki yabancı otların ilaçlanması

Web kamerasının ve ilaçlama memesinin bulunduğu yükseklik ayar profili, meme yüksekliği 50 cm ve 30 cm olarak ayarlanıp denemeler yapılmıştır. Şekil 3.90' da yükseklik profilinin ayarlanması görüntüsü görülmektedir. Ana program ekranından sıra üzeri ilaçlama modülü seçilerek, ilaçlama robotunun hareket hattı üzerine şeker pancarı ve sirken resimleri konulmuştur. Geliştirilen akıllı ilaçlama sistemi ile web kamerasının gördüğü resim şeker pancarımı sirken mi olduğu belirlenmiş ve web kamerasından alınan görüntü sirkene ait olduğu zaman selonid valf tetiklenerek sirken üzerine ilaçlama sıvısı uygulanmıştır.

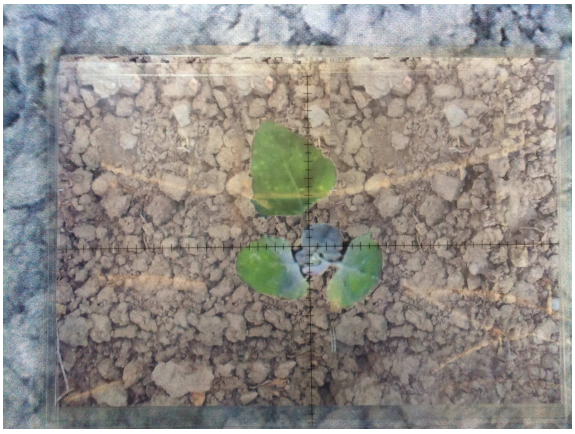


Şekil 3.90. Yükseklik profilinin ayarlanması

Denemelerde kullanılan sirken resmi Şekil 3.91’ de görülmektedir. Değişik hızlarda sirken üzerine uygulanan ilaçlama sıvısının, bitki yüzey alanı kaplama oranları test edilmiştir. Sirken üzerine uygulanan ilaçlama sıvısının kaplama alanını görebilmek için sirken bitkisi üzerine şeffaf pvc kaplı ölçekli plastik konulmuştur. Şekil 3.92’ de sirken üzerindeki ölçekli pvc plastik görülmektedir. Pvc kaplı ölçekli plastik şablonda her bir uzun çizgi arası 1 cm’ dir.

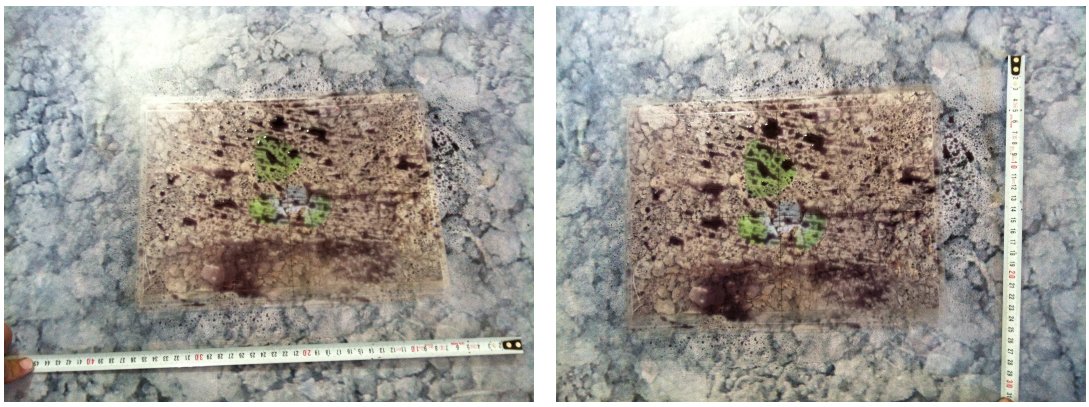


Şekil 3.91. Denemelerde kullanılan sirken resmi



Şekil 3.92. Sirken üzerindeki ölçekli pvc plastik

İlaçlama robotu 4 farklı hız değerinde ray üzerinde hareket ettirilerek, sistemin sirkeni gördüğü anda üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı görüntüleri fotoğraflanmıştır. İlaçlama sıvısının, sirkeni kaplama oranları belirlenmiştir. İlaçlama sıvısının, sirken yüzey alanını örtme değerini hesaplamak için ilaçlama sıvısının uygulandığı alan ölçülmüştür.



a b

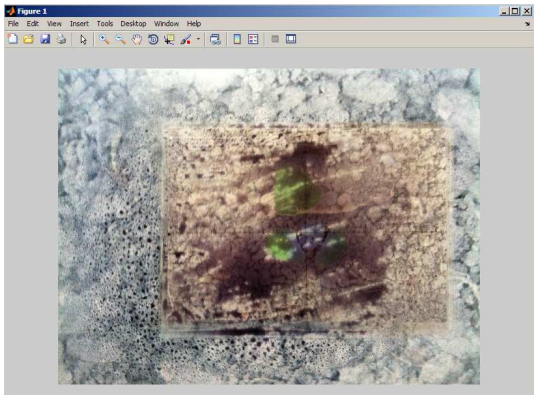
Şekil 3.93. İlaçlama sıvısı alan ölçümü
a) ilaçlama robotunun hareket yönündeki uzunluk b) ilaçlama iş genişliği

Sistemin yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı alanı bir dikdörtgen olarak değerlendirilmiştir. İlaçlama sıvısının alanı hesaplanırken, ilaçlama robotunun hareket yönündeki mürekkepli su uzunluğu ile ilaçlama iş genişliği çarpılmıştır. Şekil 3.93’ de ilaçlama sıvısı alanının ölçümleri görülmektedir.

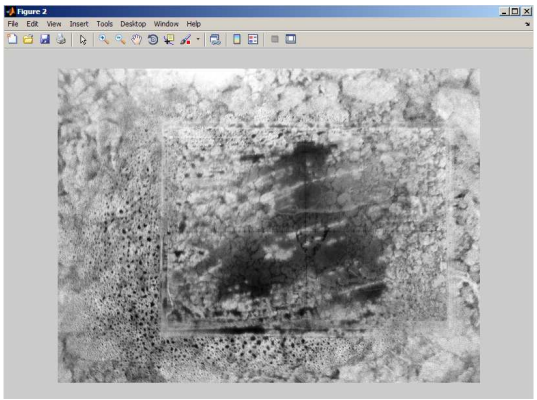
3.2.25. İlaçlama sıvısı (mürekkepli su) alanlarının ölçülmesi

Hassas ilaçlama robotunun hızına bağlı olarak uygulanan ilaçlama sıvısı alan bilgisi görüntü işleme teknikleri kullanılarak yeniden değerlendirildi. Bunun için ilaçlama robotunun 8 farklı hız değeri için uygulanan ilaçlama sıvısı resimleri Matlab yazılımı kullanılarak alanları ölçüldü. Hassas ilaçlama robotundaki web kamerası yüksekliği önce 50 cm daha sonra 30 cm olarak ayarlanarak 8 farklı hız değerinde yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı görüntüleri fotoğraflandı. Şekil 3.94' de sirken bitkisi resmi üzerine uygulanmış ilaçlama sıvısı görüntüsü görülmektedir.

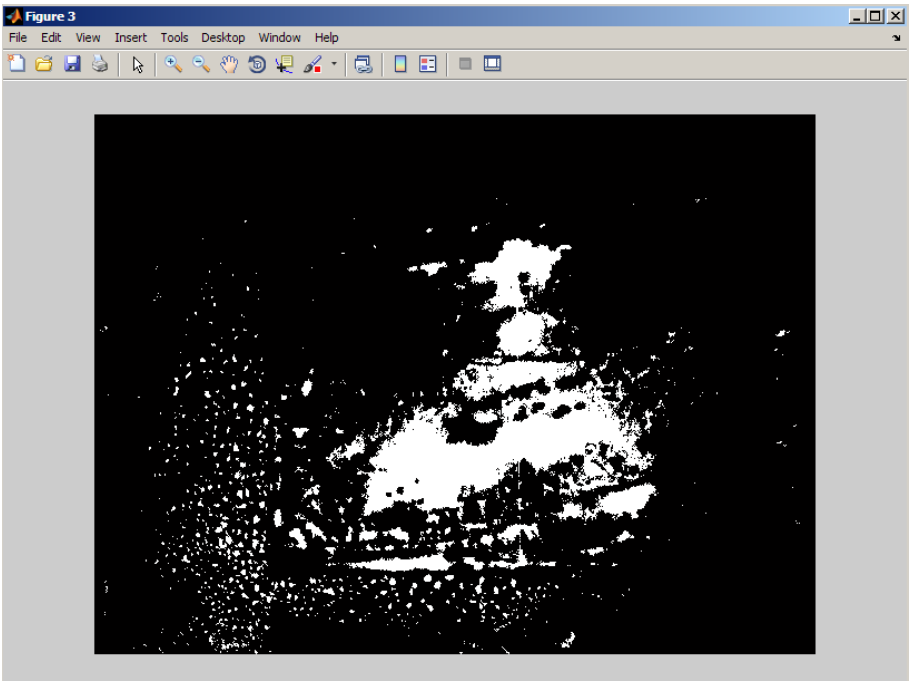
Web kamerası ile alınan ilaçlama sıvısı uygulanmış yabancı ot resimleri önce gri düzey resmine çevrilmiştir (Şekil 3.95). Daha sonra Otsu metodu kullanılarak siyah beyraz resme çevrilerek, ilaçlama sıvısının uygulandığı alanın piksel alan değeri *bwarea* komutu ile değerlendirilmiştir (Şekil 3.96).



Şekil 3.94. İlaçlama sıvısı uygulanmış sirken bitkisi



Şekil 3.95. İlaçlama sıvısı uygulanmış gri düzey resim

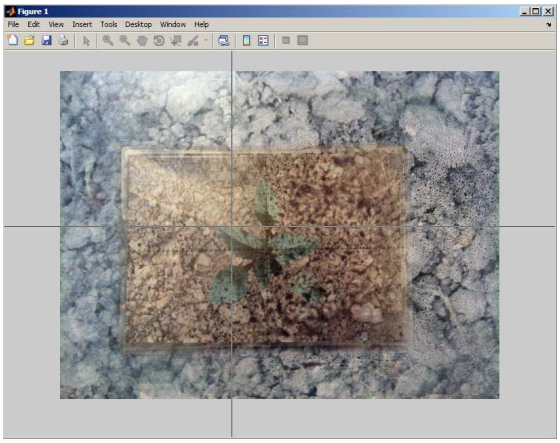


Şekil 3.96. İlaçlama sıvısı uygulanmış siyah beyaz resim

3.2.26. İlaçlama robotunun performansının belirlenmesi

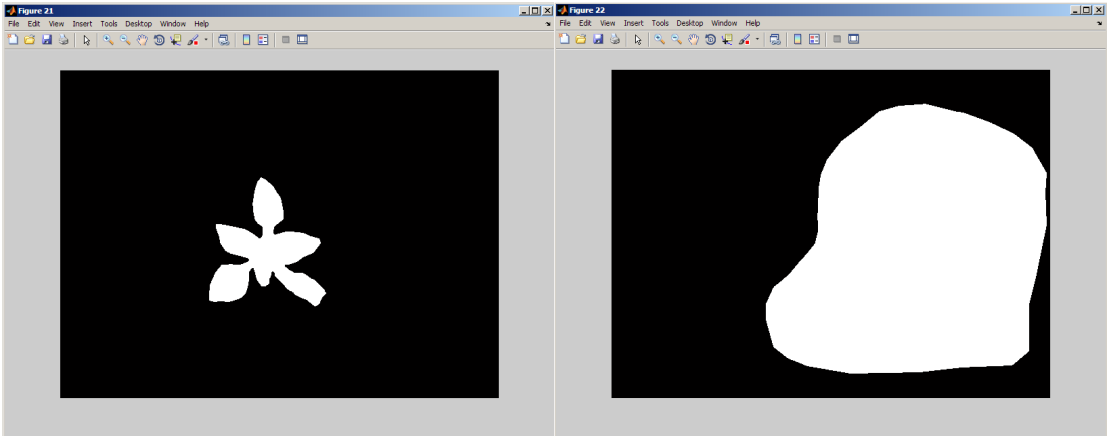
İlaçlama robotunun hızı arttıkça web kamerasından alınan frame sayısı azalmıştır. Web kamerasından alınan görüntüler, görüntü işleme tekniklerinden sonra yapay sinir ağları ile değerlendirilerek yabancı ot üzerine ilaçlama sıvısı uygulanmıştır. İlaçlama robotunun hızından dolayı hedefi tutturma performansı test edilmiştir.

İlaçlama robotunun sıra üzeri çalışmasında, yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısının, yabancı otu kaplama alanları değerlendirilmiştir. Hassas ilaçlama robotu üzerindeki yükseklik profili yardımıyla meme yüksekliği önce 50 cm olarak ayarlanmıştır. İlaçlama robotu sıra üzeri çalışma modunda iken hareket you üzerinde bulunan yabancı otlar tespit edilerek, üzerlerine ilaçlama sıvısı uygulanmıştır. İlaçlama sıvısı uygulanmış yabancı otlar fotoğraflanmıştır. Aynı işlemler ilaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm olarak ayarlanıp tekrarlanmıştır.



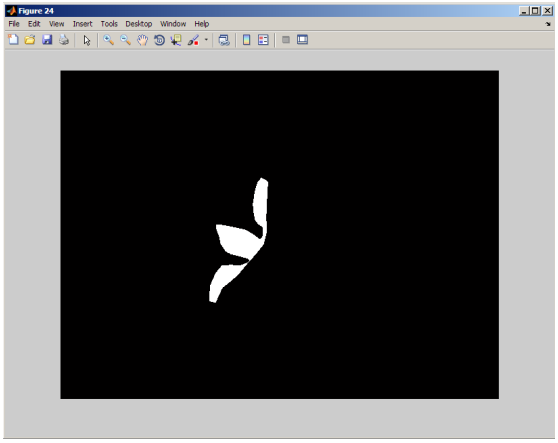
Şekil 3.97. İlaçlama sıvısı uygulanmış resim

Bu fotoğraflar görüntü işleme teknikleri kullanılarak ilaçlama sıvısının bitkiyi kaplama yüzdeleri değerlendirilmiştir. Elde edilen resimlerde yabancı otun sınırları işaretlenmiştir. Aynı işlem resim üzerindeki ilaçlama sıvısı alanı içinde gerçekleştirilmiştir. Seçilmiş resim bilgileri önce gri seviyeli resim bilgisine daha sonra da Otsu metodu kullanılarak ikili resim bilgisine çevrilmiştir (Şekil 3.98).

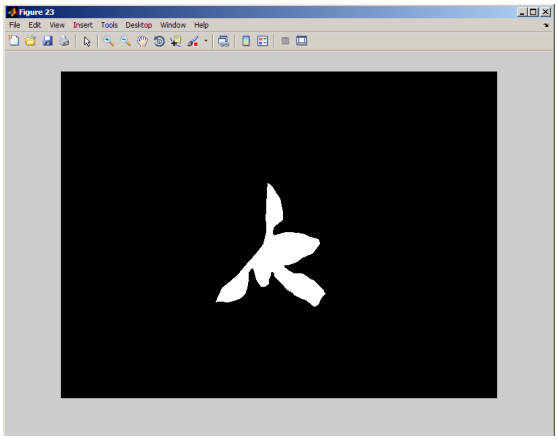


Şekil 3.98. Yabancı ot ve ilaçlama sıvısı alanına ait ikili resim bilgisi

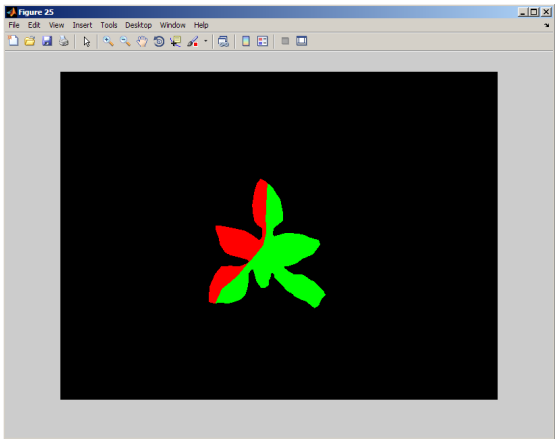
Yabancı ot alanı piksel değerleri ile mürekkepli alan piksel değerleri çarpılarak yabancı ot boyalı alanı bulunmuştur (Şekil 3.99a). Yabancı ot alanı piksel değerleri ile boyalı alan piksel değerlerinin tersi alınıp çarpılarak yabancı ot boyasız alanı bulunmuştur (Şekil 3.99b). Daha sonra yabancı ot üzerinde ilaçlama sıvısı olan ve olmayan bölgeler belirlenmiştir (Şekil 3.99c). Yabancı ot üzerindeki ilaçlama sıvısı olan piksel alanın yabancı otun piksel alanına oranı değerlendirilmiştir. İlaçlama sıvısının yabancı otu kaplama yüzdeleri belirlenmiştir.



a



b

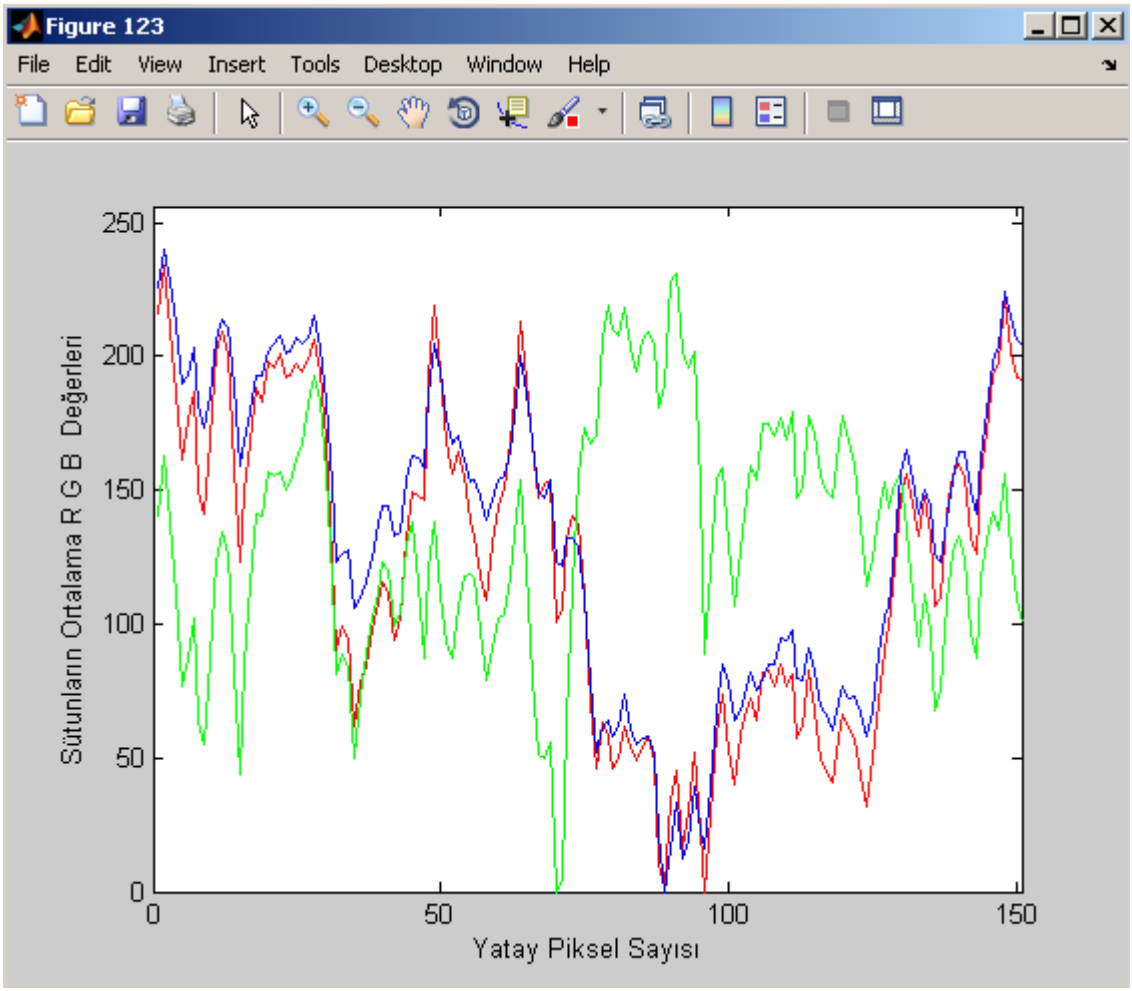


c

Şekil 3.99. a)Yabancı ot üzerinde ilaçlama sıvısı olan bölge
b) Yabancı ot üzerinde ilaçlama sıvısı olmayan bölge
c) İlaçlama sıvısı olan ve olmayan bölge

3.2.27. Şeker pancarı ve yabancı ot resimlerine ait RGB değerleri

Web kamerasından alınan görüntülerdeki şeker pancarı ve yabancı otlar görüntü işleme algoritamaları ile seçilerek, 150x150 piksel değerinde kırpılarak temel renkli resimler elde edilmiştir. Elde edilen bu resimleri oluşturan sütunlardaki ortalama RGB değerlerinin grafiği elde edilmiştir (Şekil 3.100). Şeker pancarı ve yabancı otlara ait temel renkli resimlerdeki ortalama RGB değerleri Matlab yardımıyla belirlenmiştir.



Şekil 3.100. Şeker pancarı resmine ait RGB değerleri

3.2.28. Sistemin şeker pancarı ve yabancı otları tanıma performans testi

Hassas ilaçlama robotunun hareket ettiği 400 cm uzunluğundaki ray üzerine sırayla 10’ ar adet şeker pancarı, sirken, diken, yabani marul ve darıcan resimleri konularak denemeler yapılmıştır. Görüntü işleme algoritmaları ve yapay sinir ağları ile geliştirilen hassas ilaçlama sisteminin, şeker pancarı ve yabancı otlarını tanıma testleri yapılmıştır. İlaçlama robotu üzerindeki memenin yerden yüksekliği 30 cm olarak ayarlanmıştır. Programın ana ekran görüntüsünde sıra üzeri ilaçlama modülü seçilerek denemeler yapışmıştır. Denemelerde önce sadece renk bilgisi kullanarak sistemin bitkileri tanıma oranları belirlenmiştir. Daha sonra hem şekil bilgisi hemde renk bilgisi birlikte kullanılarak sistemin bitkileri tanıma oranları belirlenmiştir. Denemeler 5’ er defa tekrar edilerek ortalama değerleri alınmıştır.

Şekil 3.101’ de sirken bitkisi için yapılan sistemin bitkiyi tanıma test düzeneği görülmektedir.



Şekil 3.101. Sistemin bitkiyi tanıma test düzeneği

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

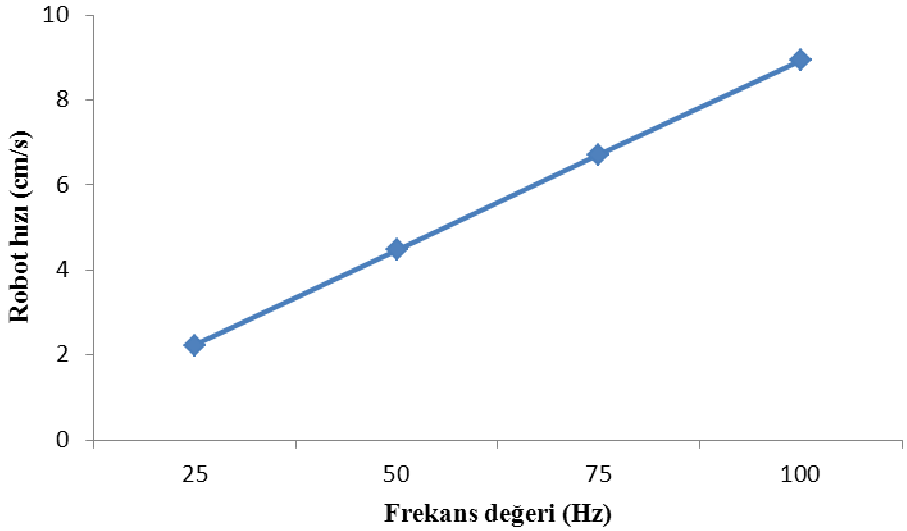
4.1. İlaçlama Robotunun Hız Değerleri

Hassas ilaçlama robotunun hareketini sağlayan asenkron motora ait hız kontrol cihazının 4 farklı frekans değeri için, ilaçlama robotunun 400 cm' lik yolu kaç s' de aldığı ölçülmüştür. Kontrol ünitesi panosu üzerindeki potansiyometre ile hız kontrol cihazı istenen frekansa ayarlanarak denemeler yapılarak hız değerleri hesaplanmıştır. Hız kontrol cihazının 4 farklı frekans değerindeki, ilaçlama robotunun hız değerleri Çizelge 4.1' de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı frekanslardaki ilaçlama robotun hız değerleri

Frekans değeri (Hz)	Süre (s)	Hız (cm/s)
25	179.2	2.232
50	89.5	4.469
75	59.6	6.711
100	44.8	8.928

Şekil 4.1' de kontrol ünitesindeki hız kontrol cihazının değişik frekans değerlerinde ilaçlama robotunun hız değişim grafiği görülmektedir. Hız kontrol cihazının frekans değeri arttıkça ilaçlama robotunun hızı doğru orantılı olarak artmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Frekans hız değişim grafiği

İlaçlama robotunun hızını arttırmak için 4 mm' lik halatı çeviren 8 cm çaplı kasnaklar 18.5 cm' lik kasnaklarla değiştirilerek yeni hız değerleri hesaplanmıştır. 18.5 cm' lik büyük kasnaklar kullanılarak, hız kontrol cihazının 4 farklı frekans değerindeki, ilaçlama robotunun hız değerleri Çizelge 4.2' de görülmektedir.

Çizelge 4.2. 18.5 çaplı kasnak ile ölçülen hız değerleri

Frekans değeri (Hz)	Süre (s)	Hız (cm/s)
25	63.2	6.329
50	30.9	12.944
75	20.4	19.607
100	15.5	25.806

Hız kontrol cihazı 100 Hz değerinde iken redüktöre bağlı kasnaklardaki % 131.25 değerinde bir artış hassas ilaçlama robotunun hızında %189.04 artış meydana getirmiştir.

4.2. İlaçlama Sıvısı Normunun Belirlenmesi

Hassas ilaçlama robotu üzerinde bulunan selonid valf program kullanılarak tetiklenmiş ve ilaçlama memesinden uygulanan ilaçlama sıvısı(mürekkepli su) miktarı ölçülmüştür. İlaçlama memesinden 3 dk boyunca uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı yaklaşık 320 ml' dir. Çizelge 4.3' de ilaçlama robotunun değişik hız değerlerinde elde edilen ilaçlama sıvısı normları görülmektedir. İlaçlama robotunun hız değeri arttıkça ilaçlama sıvısı normu ters orantılı olarak azalmaktadır.

Çizelge 4.3. Değişik hız değerlerindeki ilaçlama sıvısı norm değerleri

Hız değerleri (cm/s)	İlaçlama sıvısı normu (l/ha)
2.232	1991.28
4.469	994.52
6.329	702.24
6.711	662.27
8.928	497.82
12.944	343.36
19.607	226.68
25.806	172.23

4.3. Yabancı Otlar Üzerine Uygulanan İlaçlama Sıvısı Miktarlarının Değişimi

Hassas ilaçlama robotu, meme yüksekliği 30 cm ve hızı 4.469 cm/s değerinde iken 400 cm uzunluğundaki ilaçlama hattı boyunca normal ilaçlama yapması durumunda yaklaşık 164 ml ilaçlama sıvısı uygulamıştır.

Hassas ilaçlama robotunun 400 cm uzunluğundaki hareket yolu üzerine 10' ar adet sirken, diken, yabani marul ve darıcan resimleri konularak, geliştirilen hassas ilaçlama sisteminde uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ölçülmüştür. Hassas ilaçlama robotu ile yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarlarının, geleneksel ilaçlamada kullanılan ilaçlama sıvısı miktarlarına göre tasarruf yüzdeleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Gerçekleştirilen sistem ile yapılan ilaç miktarları ve tasarruf oranları

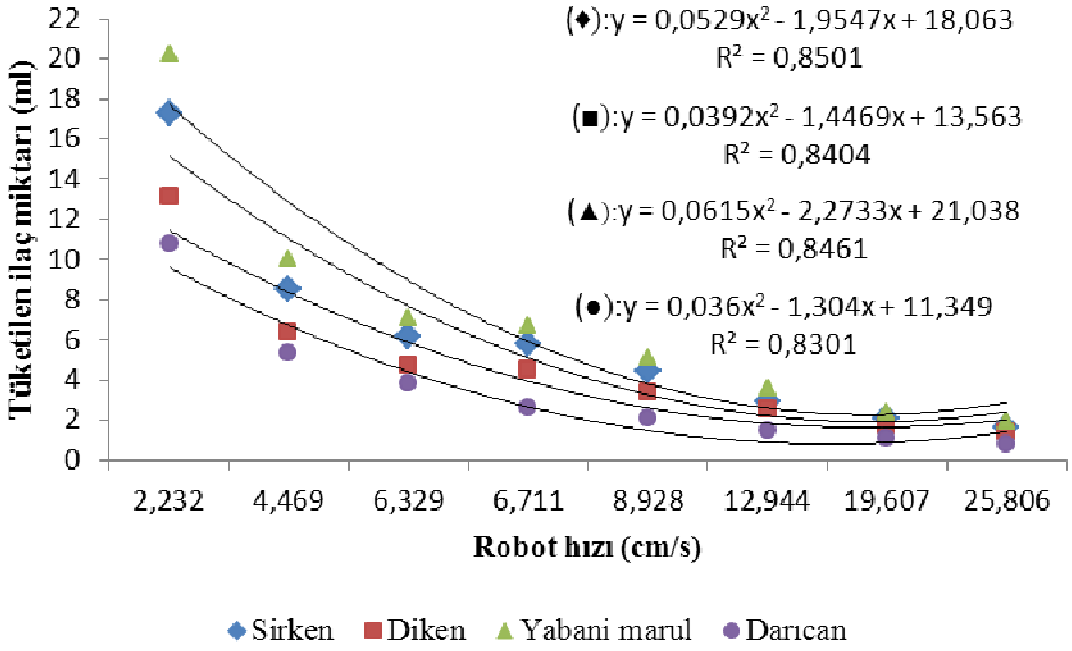
Yabancı ot türü	Uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı (ml)	Tasarruf yüzdeleri (%)
Sirken	85	48.17
Diken	64	60.97
Yabani marul	100	39.02
Darıcan	53	67.68

Geliştirilen bu sistemle sıra arasında bulunan yabancı otların ilaçlanması başarı ile sağlanmıştır. Çizelge 4.4' de görüldüğü gibi bitkinin büyüklüğüne göre ilaçlama sıvısı miktarı artmaktadır. Çünkü öncelikle yeşil bilgisi resimden seçilerek yeşil piksel değerine göre ilaçlama sıvısı uygulanmıştır. Alışılagelmiş ilaçlama teknikleri ve işin ehli olmayan kişiler tarafından yapılan ilaçlamalarda kullanılan ilaç miktarından dolayı maliyet yükselmektedir. Bunun yanı sıra insan, hayvan sağlığı ve çevre olumsuz yönde etkilenmektedir. Geliştirilen sistemle şeker pancarı sıra arasında bulunan yabancı otların üzerine ilaçlama sıvısı uygulanmış, yabancı ot olmayan bölgeye ilaçlama sıvısı uygulanmamıştır. Çizelge 4.4' de görüldüğü gibi 4 farklı yabancı ot için yapılan ölçümlerde ortalama yaklaşık %53.96' lık bir ilaçlama sıvısı tasarrufu sağlanmıştır.

Mortensen ve ark. (2000), yabancı ot kontrolü için geliştirdikleri sensör yardımıyla yaptıkları değişken düzeyli ilaçlamanın, geleneksel yöntemlere göre uygulanan ilaç miktarına göre %11,5–98 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Feyaerts ve Gool (2001), görüntü işlemeli yabancı ot herbisit uygulamalarında, ilaç miktarında %90 oranında azalma saptamışlardır. Watchareeruetai ve ark. (2006), görüntü işleme teknikleri kullanarak çim içerisindeki yabancı otları tespit ederek ilaçlama da %90-%94 arasında kimyasal ilaç kullanımında azalma olduğunu bildirmişlerdir.

4.4. Değişik Hızlardaki Yabancı Otlara Uygulanan İlaçlama Sıvısı Miktarlarının Değişimi

Hassas ilaçlama robotunun değişik hız değerleri için yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ölçülmüştür. Şekil 4.2' de değişik hız değerlerindeki yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarının değişim grafiği görülmektedir.



Şekil 4.2. Değişik hız değerlerindeki yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarı değişimi

Yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları ilaçlama robotunun hızıyla ters orantılı olarak değişmektedir. Geliştirilen ilaçlama robotunun hızı arttıkça yabancı ot üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarları azalmaktadır. Hassas ilaçlama robotunun hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında ortalama yaklaşık %35' lik bir azalmaya neden olmaktadır. İlaçlama robotunun hızı 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış ise uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında ortalama yaklaşık %77' lik bir azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.2).

4.4. Sıra Üzerindeki Yabancı Otlara Uygulanan İlaçlama Sıvısı Alanları

Hassas ilaçlama robotu üzerinde bulunan ilaçlama memelerinin yere olan yüksekliği 30 cm ve 50 cm olarak ayarlanarak denemeler yapılmıştır. Hassas ilaçlama robotunun üzerinde hareket ettiği ray üzerine yabancı ot resimler konularak 8 farklı hız değeri için yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı görüntüleri fotoğraflandı. Farklı hız değerlerindeki ilaçlama sıvısının, yabancı ot bitkisini kaplama alanları değerlendirilmiştir. Bunun için ilaçlama sıvısının alan bilgileri metre yardımıyla ölçülmüştür.

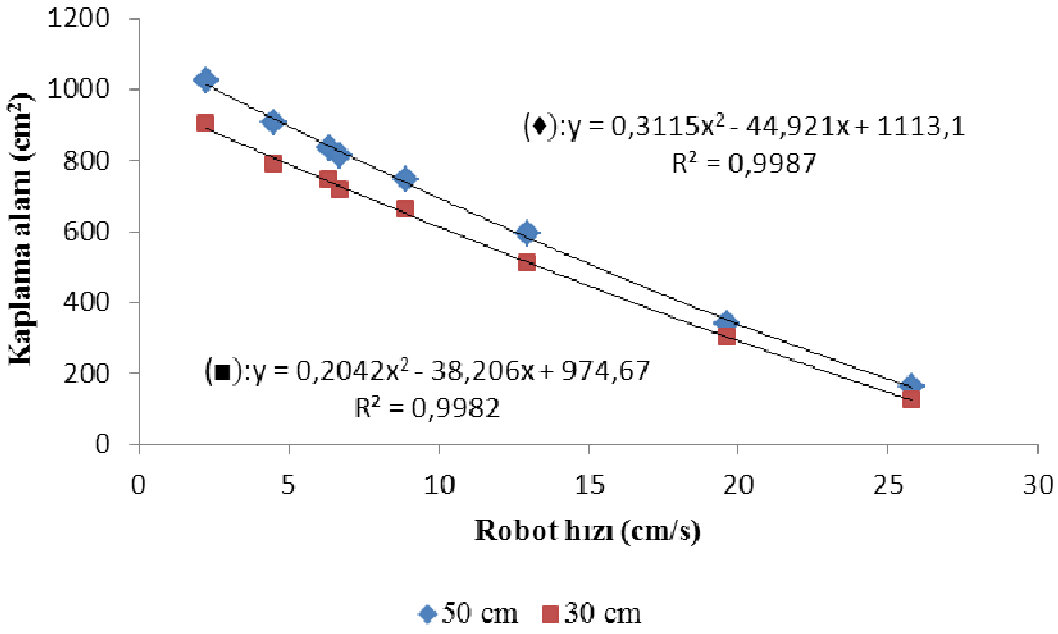
Ayrıca yine yabancı otlar üzerine uygulanmış ilaçlama sıvısı görüntüleri Matlab yazılımı kullanılarak alanları piksel olarak değerlendirilmiştir. Bunun için yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı görüntüleri önce gri düzey resim bilgisine sonrada Otsu metodu kullanılarak siyah beyaz resim bilgilerine çevrilmiştir. İlaçlama sıvısı uygulanan alanların piksel olarak alan değerleri belirlendi.

İlaçlama robotunun 8 farklı hızdaki, sirken üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı alanları hesaplanmıştır. İlaçlama sıvısının sirken bitkisini kaplama alanları 2 yöntem ile değerlendirilerek değerler çizelge 4.5' te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Sirken bitkisi için ilaçlama sıvısı kaplama alanları

Meme yüksekliği (cm)	Hız değerleri (cm/s)	İlaçlama sıvısı kaplama alanı (cm^2)	İlaçlama sıvısı kaplama alanı (piksel)
50	2.232	1026	259369
	4.469	906	196754
	6.329	836	167349
	6.711	816	143540
	8.928	748	125960
	12.944	596	107637
	19.607	342	85321
	25.806	164	64523
30	2.232	902	235856
	4.469	790	186297
	6.329	748	147841
	6.711	715	131639
	8.928	664	108475
	12.944	512	92276
	19.607	305	74930
	25.806	124	56386

İlaçlama robotunun hızı ile kaplama alanı ters orantılı olarak değişmektedir. Şekil 4.3' de ilaçlama robotunun hız değerlerine bağlı kaplama alanı değişim grafiği görülmektedir. İlaçlama robotunun hızı arttıkça web kamerasından alınan frame sayısı azalmaktadır. Görüntü işleme algoritmaları ve yapay sinir ağı kullanılarak yabancı otlar tespit edilmiştir. Sistem yabancı otu gördüğünde Matlab, seri port üzerinden PLC' ye bilgi gönderir. PLC, selonoid valfi tetikleyerek sirken üzerine mürekkepli su uygulanır. Web kamerasının aldığı frame sayısı azaldığı içi selonid valfine ait rolenin çekim süresi kısalır. Bu yüzden ilaçlama sıvısının uygulanma süresi kısaldığı için kaplama alanı azalmaktadır.

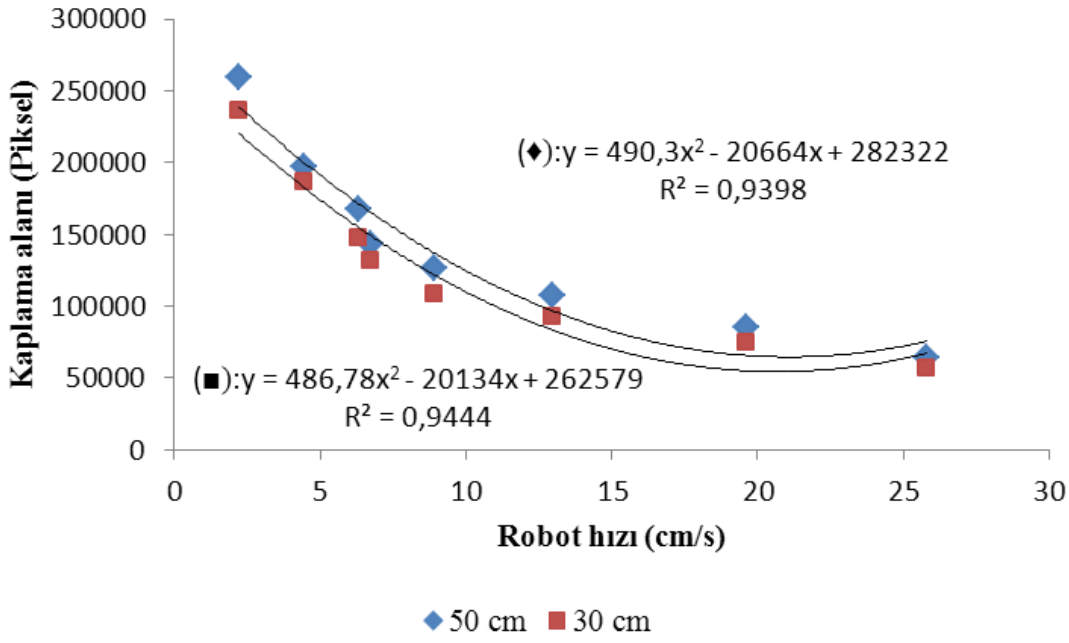


Şekil 4.3. Sirken bitkisi için hız değerlerine bağlı kaplama alanı (cm^2) değişimi

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %9.33 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %15.677 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.3).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %9.49 azalmasına neden olmuştur. Hız değeri 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %15.69 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.3).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, ilaçlama sıvısı kaplama alanında %12.25 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.4. Sirken bitkisi için hız değerlerine bağlı kaplama alanı (piksel) değişimi

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %14.54 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %40.05 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.4).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %14.93 azalmasına neden olmuştur. Hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %38.89 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.4).

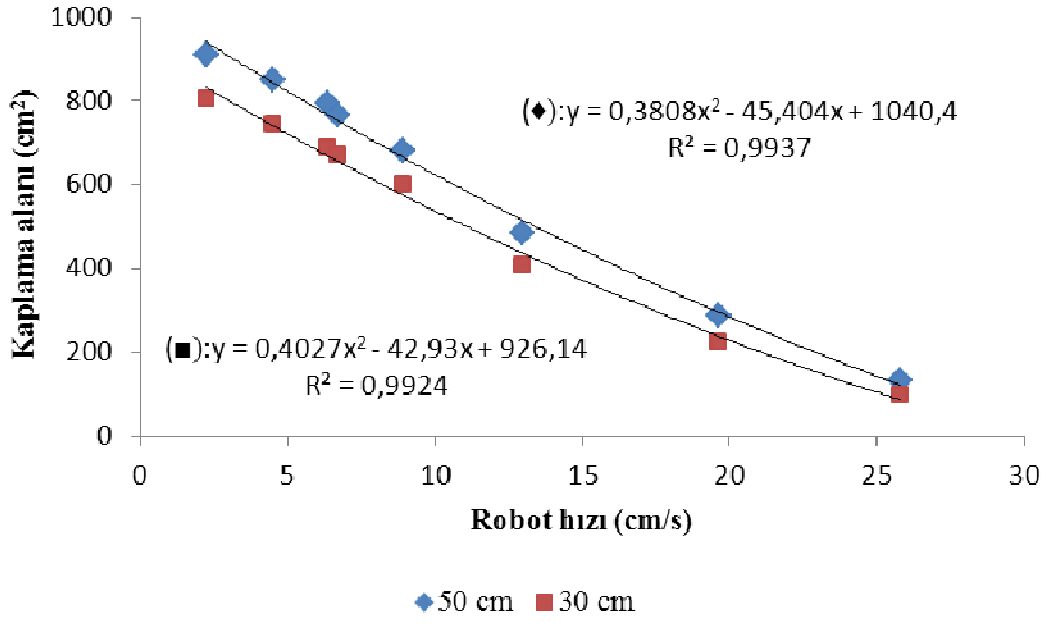
Hassas ilaçlama robotunun hızı 12.944 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, ilaçlama sıvısı kaplama alanında %14.27 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.4).

İlaçlama robotunun 8 farklı hızdaki, diken üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı alanları hesaplanmıştır. İlaçlama sıvısının diken bitkisini kaplama alanları 2 yöntem ile değerlendirilerek değerler Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Diken bitkisi için ilaçlama sıvısı kaplama alanları

Meme yüksekliği (cm)	Hız değerleri (cm/s)	İlaçlama sıvısı kaplama alanı (cm^2)	İlaçlama sıvısı kaplama alanı (piksel)
50	2.232	910	225837
	4.469	850	172685
	6.329	796	149836
	6.711	768	128790
	8.928	682	112357
	12.944	484	89427
	19.607	286	69836
	25.806	132	57538
30	2.232	804	202583
	4.469	744	158348
	6.329	690	136843
	6.711	672	116389
	8.928	602	103460
	12.944	406	80858
	19.607	224	58456
	25.806	98	49845

Şekil 4.5' de ilaçlama robotunun hız değerlerine bağlı kaplama alanı değişim grafiği görülmektedir.

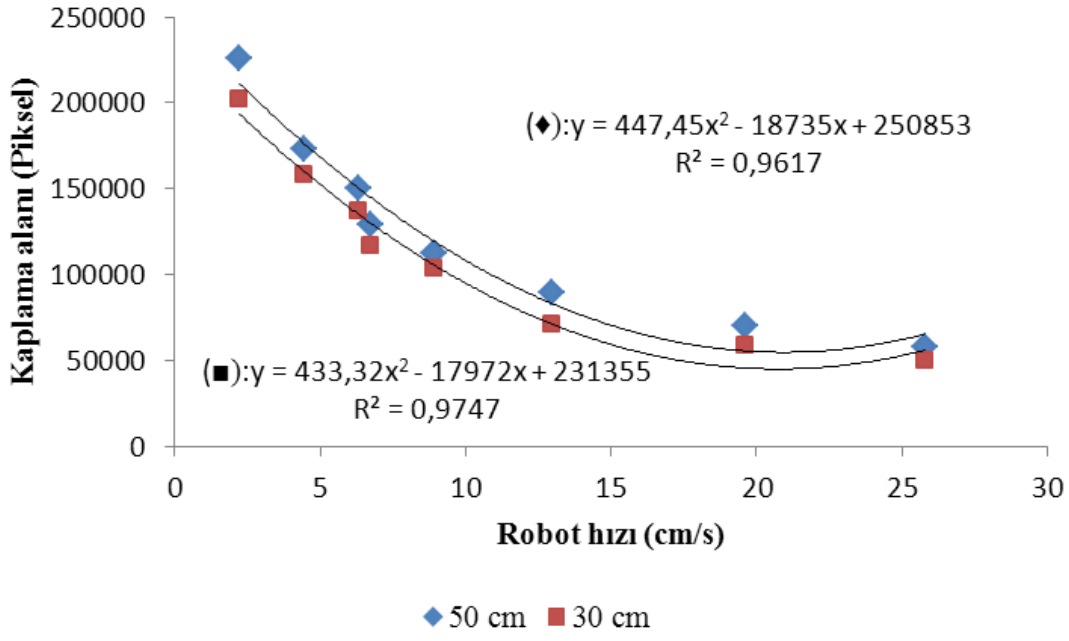


Şekil 4.5. Diken bitkisi için hız değerlerine bağlı kaplama alanı (cm^2) değişimi

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %9.64 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %19.76 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.5).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %9.67 azalmasına neden olmuştur. Hız değeri 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %19.08 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.5).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, ilaçlama sıvısı kaplama alanında %11.73 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.6. Diken bitkisi için hız değerlerine bağlı kaplama alanı (piksel) değişimi

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %20.4 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir

artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %35.65 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.6).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %21.84 azalmasına neden olmuştur. Hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %38.35 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.6).

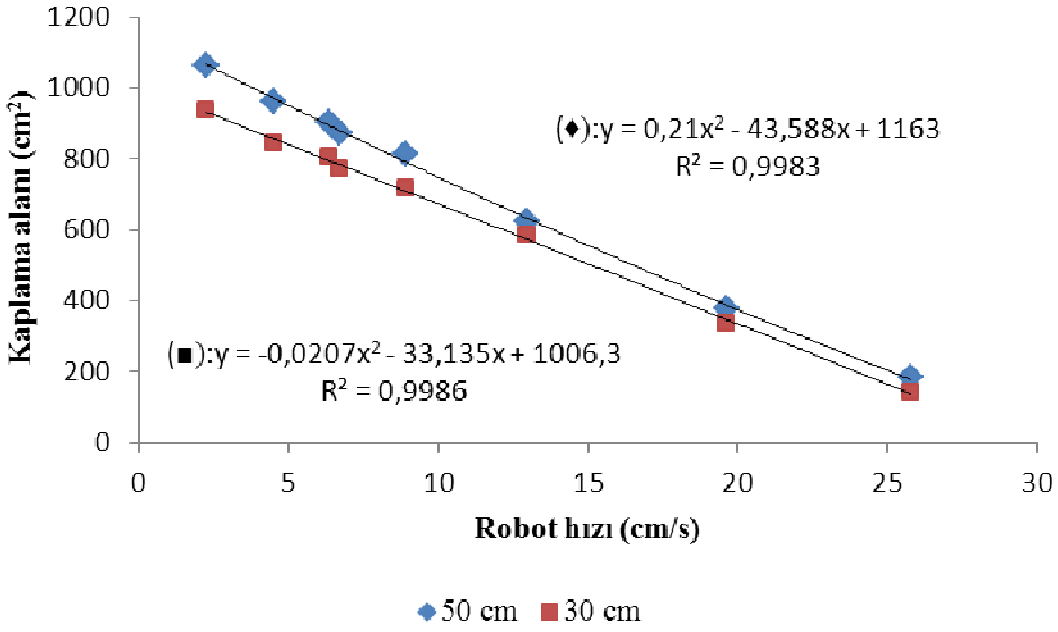
Hassas ilaçlama robotunun hızı 12.944 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, ilaçlama sıvısı kaplama alanında %20.76 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.6).

İlaçlama robotunun 8 farklı hızdaki, yabani marul üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı alanları hesaplanmıştır. İlaçlama sıvısının yabani marul bitkisini kaplama alanları 2 yöntem ile değerlendirilerek değerler Çizelge 4.7' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Yabani marul bitkisi için ilaçlama sıvısı kaplama alanları

Meme yüksekliği (cm)	Hız değerleri (cm/s)	İlaçlama sıvısı kaplama alanı (cm^2)	İlaçlama sıvısı kaplama alanı (piksel)
50	2.232	1064	262457
	4.469	962	203675
	6.329	903	171378
	6.711	875	149857
	8.928	816	130846
	12.944	624	112983
	19.607	378	89732
	25.806	184	69673
30	2.232	938	242784
	4.469	844	191586
	6.329	806	152764
	6.711	773	137845
	8.928	715	118573
	12.944	584	96472
	19.607	336	77382
	25.806	142	57485

Şekil 4.7' de ilaçlama robotunun hız değerlerine bağlı kaplama alanı değişim grafiği görülmektedir.

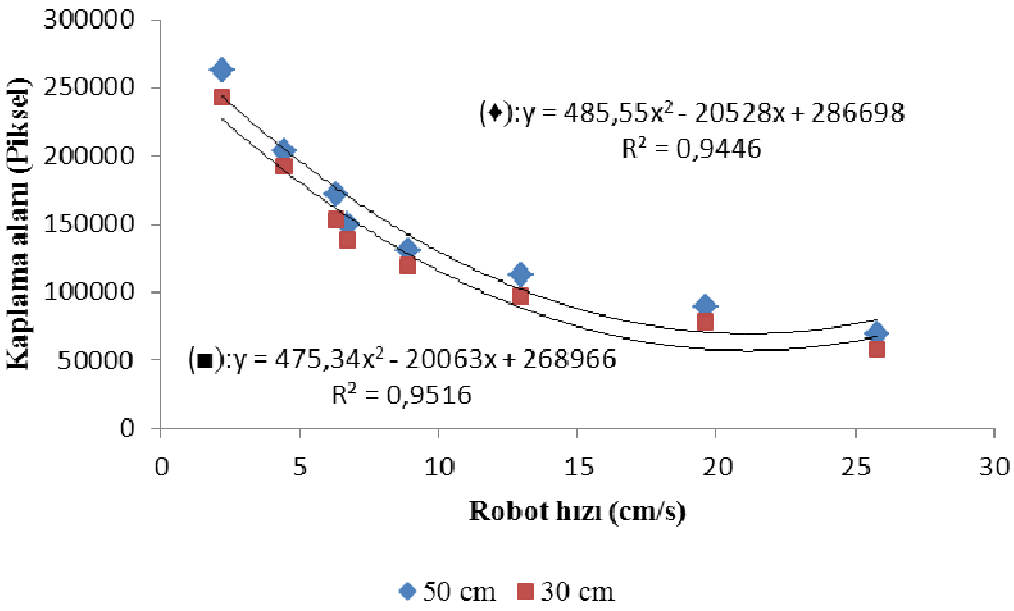


Şekil 4.7. Yabani marul bitkisi için hız değerlerine bağlı kaplama alanı (cm^2) değişimi

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %9.04 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %15.17 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.7).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %8.41 azalmasına neden olmuştur. Hız değeri 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %15.28 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.7).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, ilaçlama sıvısı kaplama alanında %12.37 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.7).



Şekil 4.8. Yabani marul bitkisi için hız değerlerine bağlı kaplama alanı (piksel) değişimi

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %13.65 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %38.33 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.8).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %18.63 azalmasına neden olmuştur. Hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %40.41 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.8).

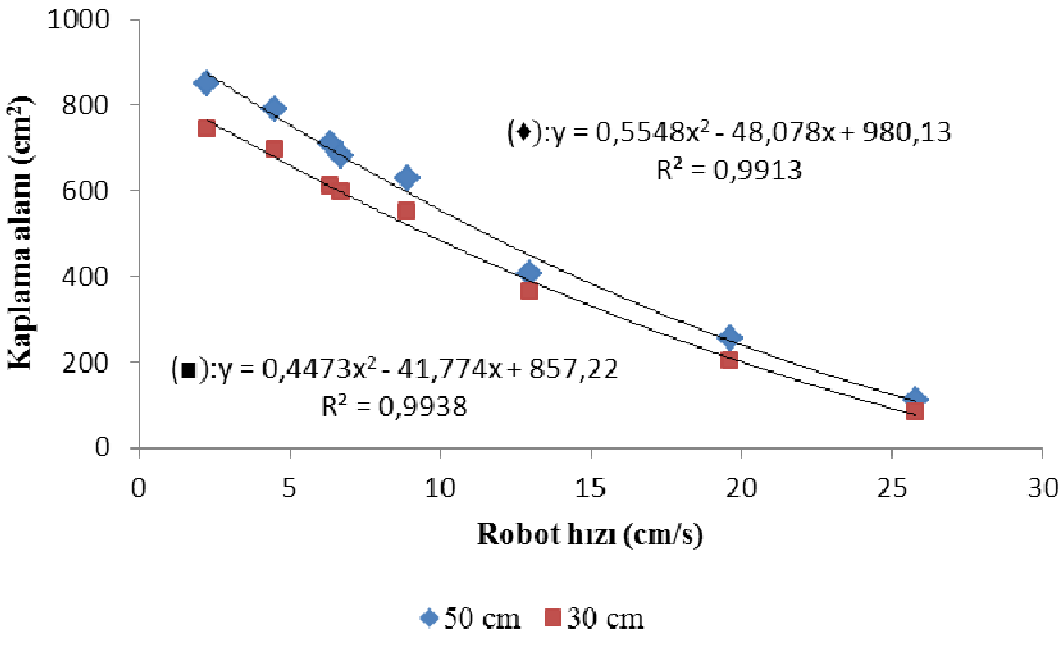
Hassas ilaçlama robotunun hızı 12.944 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, ilaçlama sıvısı kaplama alanında %14.61 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.8).

İlaçlama robotunun 8 farklı hızdaki, darıcan otu üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı alanları hesaplanmıştır. İlaçlama sıvısının darıcan otunu kaplama alanları 2 yöntem ile değerlendirilerek değerler Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Darıcan otu için ilaçlama sıvısı kaplama alanları

Meme yüksekliği (cm)	Hız değerleri (cm/s)	İlaçlama sıvısı kaplama alanı (cm^2)	İlaçlama sıvısı kaplama alanı (piksel)
50	2.232	850	218437
	4.469	792	169483
	6.329	710	143854
	6.711	682	122875
	8.928	630	108386
	12.944	406	82583
	19.607	256	66839
	25.806	112	55394
30	2.232	745	192583
	4.469	695	158348
	6.329	612	134843
	6.711	596	103389
	8.928	552	97439
	12.944	366	68384
	19.607	202	54456
	25.806	84	43845

Şekil 4.9’ da ilaçlama robotunun hız değerlerine bağlı kaplama alanı değişim grafiği görülmektedir.



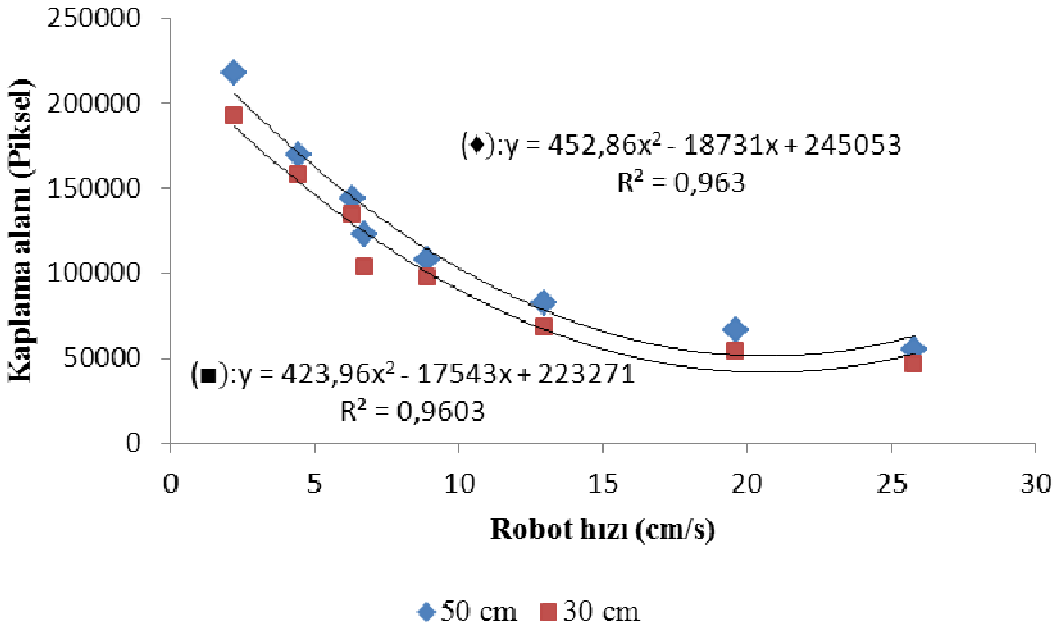
Şekil 4.9. Darıcan otu için hız değerlerine bağlı kaplama alanı (cm^2) değişimi

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 4.469 cm/s’ den 6.711 cm/s’ ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama

alanının %13.88 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %20.45 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.9).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %14.24 azalmasına neden olmuştur. Hız değeri 4.469 cm/s' den 8.928 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %100 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %20.57 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.9).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, ilaçlama sıvısı kaplama alanında %12.38 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.10. Darıcan otu için hız değerlerine bağlı kaplama alanı (piksel) değişimi

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %23.8 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel kaplama alanının %32.92 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.10).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı piksel

kaplama alanının %29.81 azalmasına neden olmuştur. Hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı kaplama alanının %35.88 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.10).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 12.944 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, ilaçlama sıvısı kaplama alanında %17.19 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.10).

4.5. Sistem Performansının Değerlendirilmesi

Hassas ilaçlama robotunun yabancı otlar üzerine uyguladığı ilaçlama sıvısının yabancı otu yüzde olarak örtme oranları değerlendirildi. İlaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm ve 30 cm de iken ilaçlama sıvısının yabancı otları örtme oranları Matlab yazılımı ile belirlendi. Çizelge 4.9' da sirken bitkisi için 8 farklı hız değerinde ilaçlama sıvısının sirken bitkisini örtme yüzdeleri görülmektedir.

Çizelge 4.9. Sirken bitkisi için ilaçlama sıvısı örtme yüzdeleri

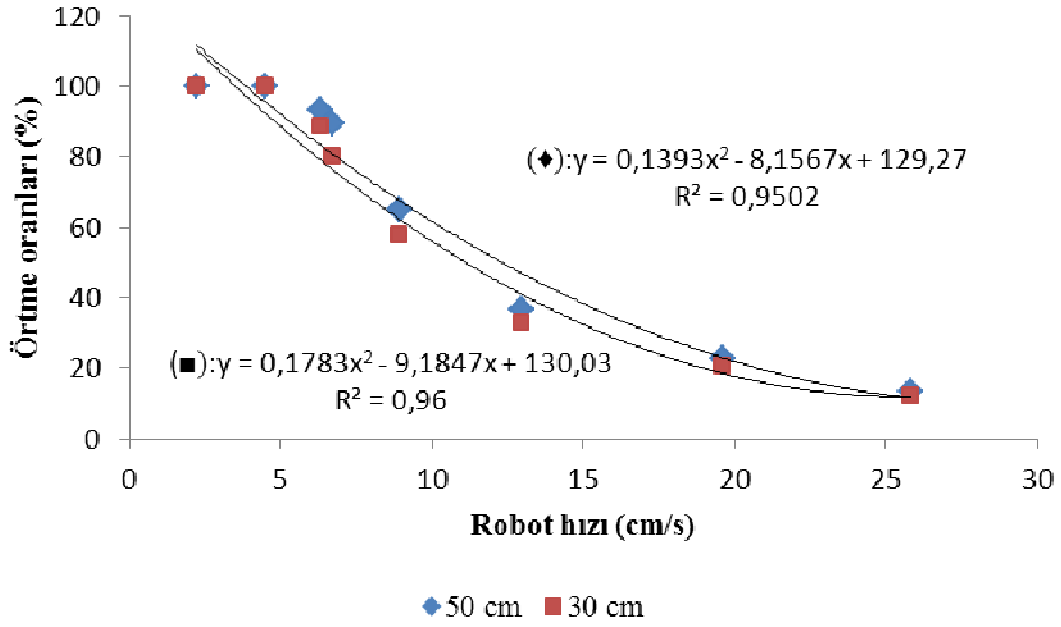
Hız değerleri (cm/s)	**İlaçlama sıvısının yabancı otu örtme yüzdeleri**	
	Meme Yüksekliği 50 cm	**Meme Yüksekliği 30 cm**
2.232	100	100
4.469	100	96.68
6.329	93.44	88.49
6.711	89.39	80.21
8.928	64.93	57.72
12.944	36.68	32.8
19.607	22.58	20.43
25.806	13.45	12.27

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %43.50 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %63.33 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.11).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %42.97 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den

25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %62.59 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.11).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, bitki örtme yüzdesinde %11.10 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Sirken bitkisine ait ötme yüzde değişimi

Çizelge 4.10' da diken bitkisi için 8 farklı hız değerinde ilaçlama sıvısının diken bitkisini örtme yüzdeleri görülmektedir.

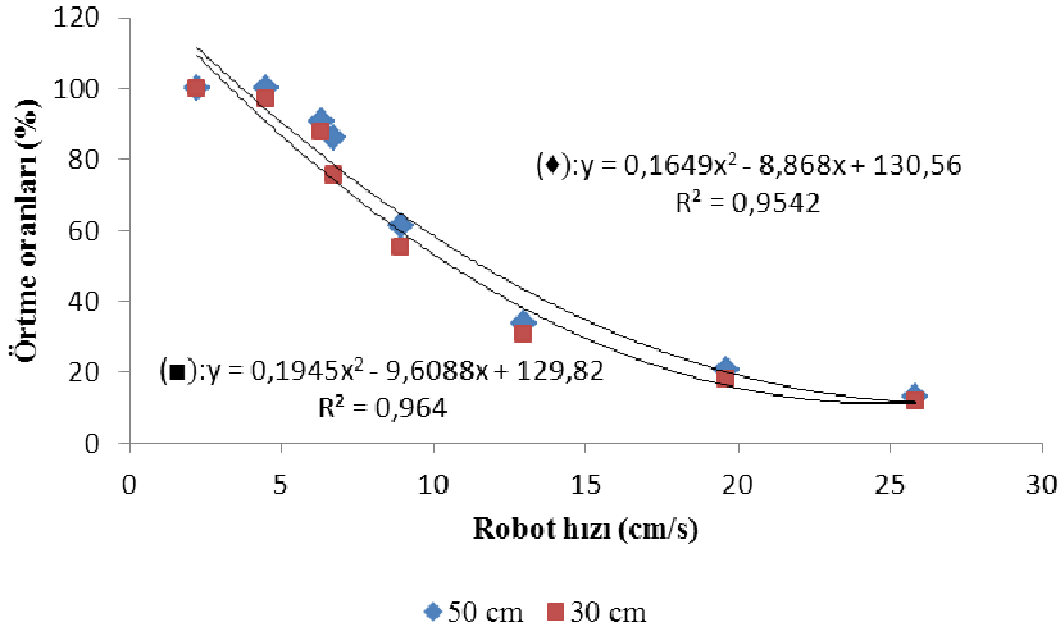
Çizelge 4.10. Diken bitkisi için ilaçlama sıvısı örtme yüzdeleri

Hız değerleri (cm/s)	İlaçlama sıvısının yabancı otu örtme yüzdeleri	
	Meme Yüksekliği 50 cm	Meme Yüksekliği 30 cm
2.232	100	100
4.469	100	97.13
6.329	90.54	87.6
6.711	85.91	75.67
8.928	61.34	55.15
12.944	33.59	30.78
19.607	20.43	18.01
25.806	12.98	11.83

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %45.23 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %61.35 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.12).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.18 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %42.97 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %61.56 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.12).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, bitki örtme yüzdesinde %10.09 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Diken bitkisine ait ötme yüzde değişimi

Çizelge 4.11' de yabani marul bitkisi için 8 farklı hız değerinde ilaçlama sıvısının yabani marul bitkisini örtme yüzdeleri görülmektedir.

Çizelge 4.11. Yabani marul bitkisi için ilaçlama sıvısı örtme yüzdeleri

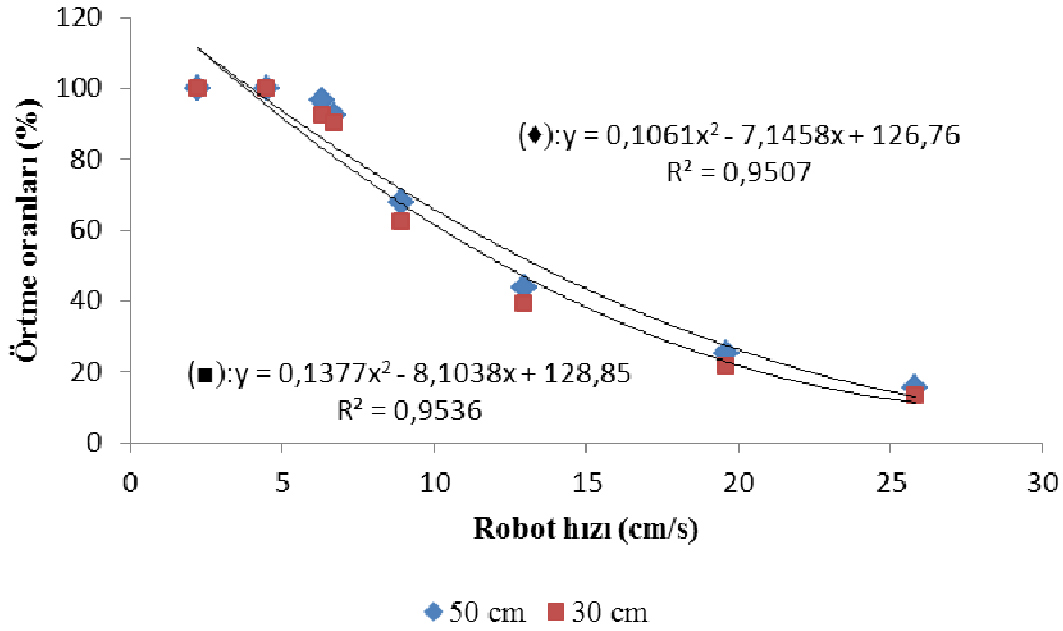
Hız değerleri (cm/s)	İlaçlama sıvısının yabancı otu örtme yüzdeleri	
	Meme Yüksekliği 50 cm	Meme Yüksekliği 30 cm
2.232	100	100
4.469	100	100
6.329	96.68	92.39
6.711	92.4	90.14
8.928	67.92	62.57
12.944	43.85	39.28
19.607	25.18	21.47
25.806	15.57	13.53

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %35.43 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %64.49 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.13).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.18 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin

%37.22 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %65.55 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.13).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, bitki örtme yüzdesinde %7.87 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Yabani marul bitkisine ait ötme yüzde değişimi

Çizelge 4.12' de yabani marul bitkisi için 8 farklı hız değerinde ilaçlama sıvısının darıcan otunu örtme yüzdeleri görülmektedir.

Çizelge 4.12. Darıcan otu için ilaçlama sıvısı örtme yüzdeleri

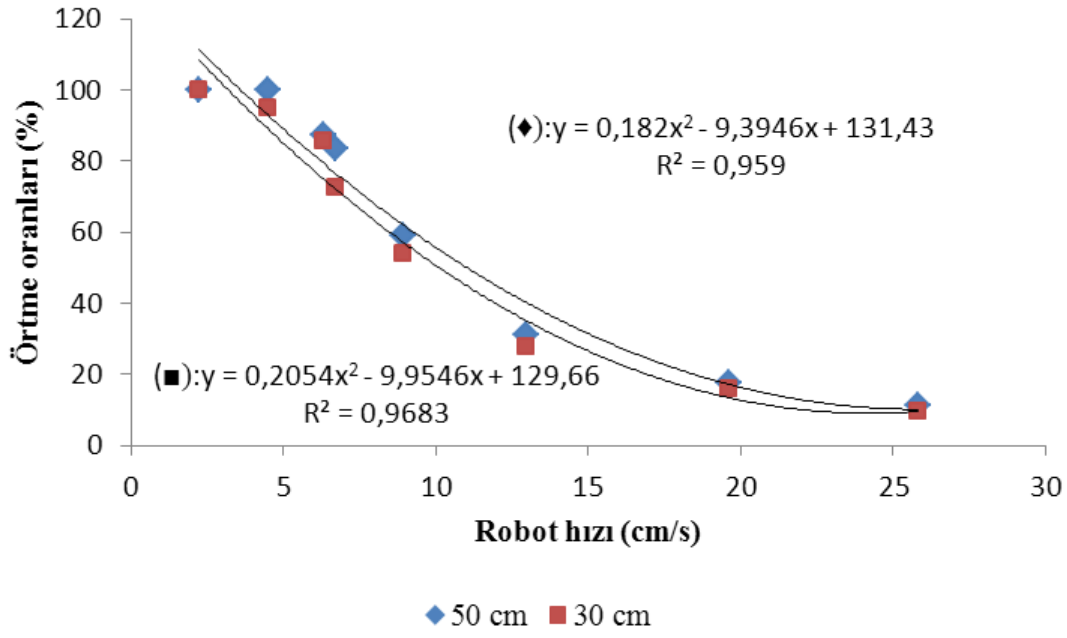
Hız değerleri (cm/s)	İlaçlama sıvısının yabancı otu örtme yüzdeleri	
	Meme Yüksekliği 50 cm	Meme Yüksekliği 30 cm
2.232	100	100
4.469	100	95.05
6.329	87.14	85.45
6.711	83.68	72.55
8.928	58.93	53.84
12.944	31.04	27.72
19.607	17.83	15.8
25.806	11.47	9.74

Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %47.32 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %63.04 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.14).

İlaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm iken, hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.18 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %48.51 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, bitki örtme yüzdesinin %64.86 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.14).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s iken meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, bitki örtme yüzdesinde %8.63 azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.14).

İlaçlama robotunun 8 farklı hız değerinde ve meme yüksekliği 50 cm olarak yapılan denemelerde, yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısının yabancı otu örtme oranları ortalamaları sirken için % 65.05, diken için %63.09, yabani marul için %67.7 ve darıcan için %61.26 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.14. Darıcan otu bitkisine ait ötme yüzde değişimi

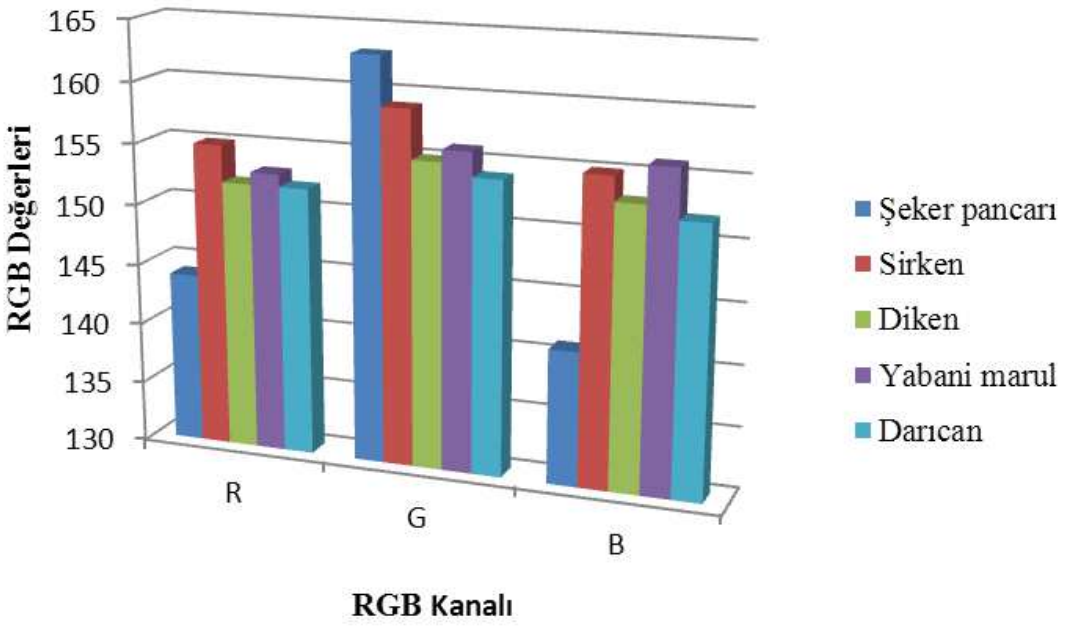
4.6. Şeker Pancarı ve Yabancı Ot Resimlerine Ait RGB Değerlerinin Bulunması

Denemelerde kullanılan şeker pancarı ve yabancı ot resimlerinin RGB değerleri Matlab yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Resimlerden bitkilerin bulunuduğu kısımlar görüntü işleme teknikleri kullanılarak tespit edilmiş ve 150x150 temel renkli resimler elde edilmiştir. Şeker pancarı ve yabancı otların temel renki resmindeki her bir sütunun ortalama RGB değerleri Çizelge 4.13' de görülmektedir.

Çizelge 4.13. Denemelerde kullanılan bitki resimlerine ait RGB değerleri

Bitki türü	R	G	B
Şeker pancarı	144	163	141
Sirken	155	159	155
Diken	152	155	153
Yabani marul	153	156	156
Darıcan	152	154	152

Şeker pancarı bitkisindeki G (yeşil renk) değeri 164 iken denemelerde kullanılan yabancı otlardaki G değeri ortalama 156' dır. Şeker pancarı bitkisindeki G değeri, yabancı otlara göre %5.128 daha fazladır. Şeker pancarındaki R (kırmızı renk) değeri 144 iken yabancı otlarda R değeri ortalama 153' tür. Şeker pancarındaki R değeri, yabancı otlara göre %5.88 daha azdır. Şeker pancarındaki B (mavi renk) değeri 141 iken yabancı otlarda B değeri ortalama 154' tür. Şeker pancarındaki R değeri, yabancı otlara göre %9.21 daha azdır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Bitkilere ait RGB değerleri değişimi

4.7. Sistem Çalışma Performans Testleri

Hassas ilaçlama robotunun 400 cm uzunluğundaki hareket yolu üzerine sırayla 10' ar adet şeker pancarı, sirken, diken, yabani marul ve darıcan resimleri konularak sistemin şeker pancarı ve yabancı otları tanıma yüzdeleri belirlenmiştir. İlaçlama robotunun 8 farklı hız değerinde sistemin renk bilgisine göre bitkiyi tanıma yüzdeleri Çizelge 4.14' de görülmektedir.

Çizelge 4.14. Renk bilgisine göre sistemin bitkileri tanıma yüzdeleri

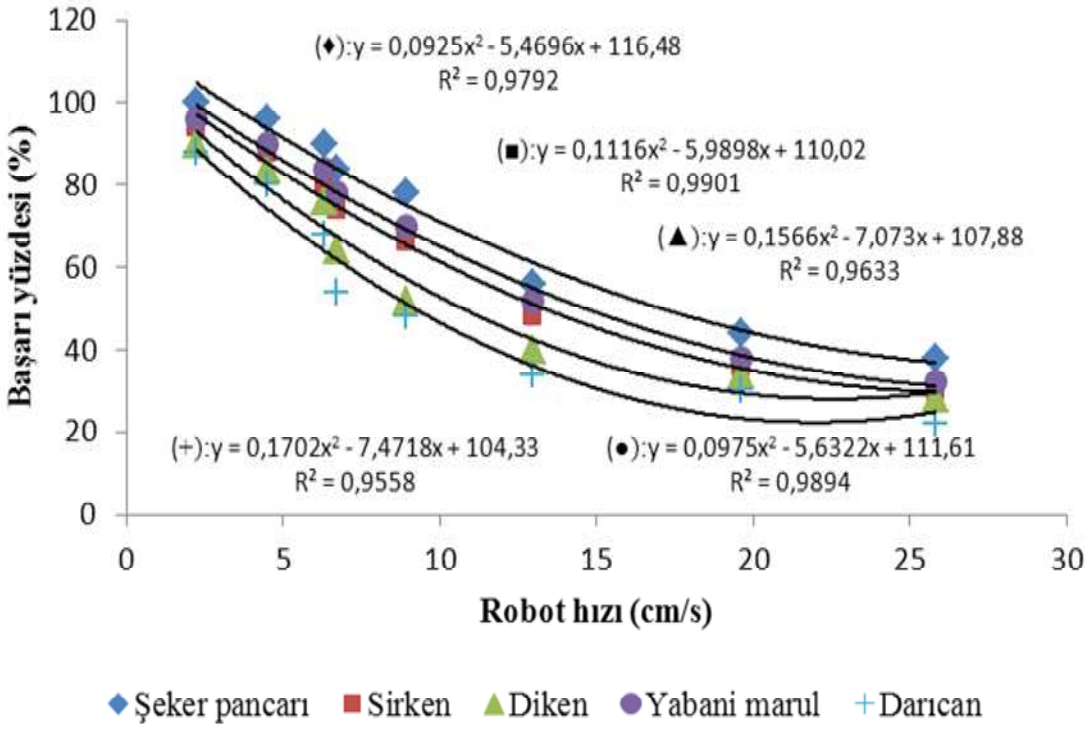
Hız değerleri	**Sistemin bitkileri tanıma yüzde değerleri (%)**				
(cm/s)	**Şeker pancarı**	**Sirken**	**Diken**	**Yabani marul**	**Darıcan**
2.232	100	94	90	96	88
4.469	96	88	84	90	80
6.329	90	82	76	84	68
6.711	84	74	64	78	54
8.928	78	66	52	70	48
12.944	56	48	40	52	34
19.607	44	36	34	38	30
25.806	38	30	28	32	22
SS	±24.04	±24.18	±23.58	±24.13	±24.07

Bitkilere ait renk bilgisi kullanılarak yapılan denemelerde, ilaçlama robotunun hız değeri arttıkça sistemin bitkiyi tanıma yüzde değerleri azalmaktadır. Hassas ilaçlama

robotunun hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, sistemin şeker pancarını tanıma yüzde değerinde %28.20 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, sistemin şeker pancarını tanıma yüzde değerinde %32.14 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.16).

Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, sistemin yabancı otu (sirken) tanıma yüzde değerinde %27.27 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, sistemin yabancı otu (sirken) tanıma yüzde değerinde %37.5 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.16).

İlaçlama robotunun 8 farklı hız değerinde, renk bilgisi kullanılarak bitki tanıma değerlerinin ortalaması alınmıştır. Buna göre şekil bilgisi kullanılarak yapılan bitki tanıma denemelerinde, şeker pancarında %73.25, yabancı otlarda ise 60.87 oranında başarı sağlanmıştır.



Şekil 4.16. Renk bilgisine göre bitkiyi tanıma yüzde değerleri değişimi

İlaçlama robotunun 8 farklı hız değerinde sistemin renk ve şekil bilgisine göre bitkiyi tanıma yüzdeleri Çizelge 4.15' de görülmektedir.

Çizelge 4.15. Şekil ve renk bilgisine göre sistemin bitkileri tanıma yüzdeleri

Hız değerleri (cm/s)	Sistemin bitkileri tanıma yüzde değerleri (%)				
	Şeker pancarı	Sirken	Diken	Yabani marul	Darıcan
2.232	100	98	96	98	94
4.469	98	90	86	92	82
6.329	94	84	80	86	74
6.711	90	76	72	82	64
8.928	86	72	64	78	58
12.944	78	64	60	70	56
19.607	64	58	54	62	50
25.806	56	46	42	48	36
SS	±16,06	±17,22	±17,75	±16,42	±18,52

Bitkilere ait renk ve şekil bilgisi kullanılarak yapılan denemelerde, ilaçlama robotunun hız değeri arttıkça sistemin bitkiyi tanıma yüzde değerleri azalmaktadır. Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, sistemin şeker pancarını tanıma yüzde değerinde %9.3 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, sistemin şeker pancarını tanıma yüzde değerinde %28.20 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.17).

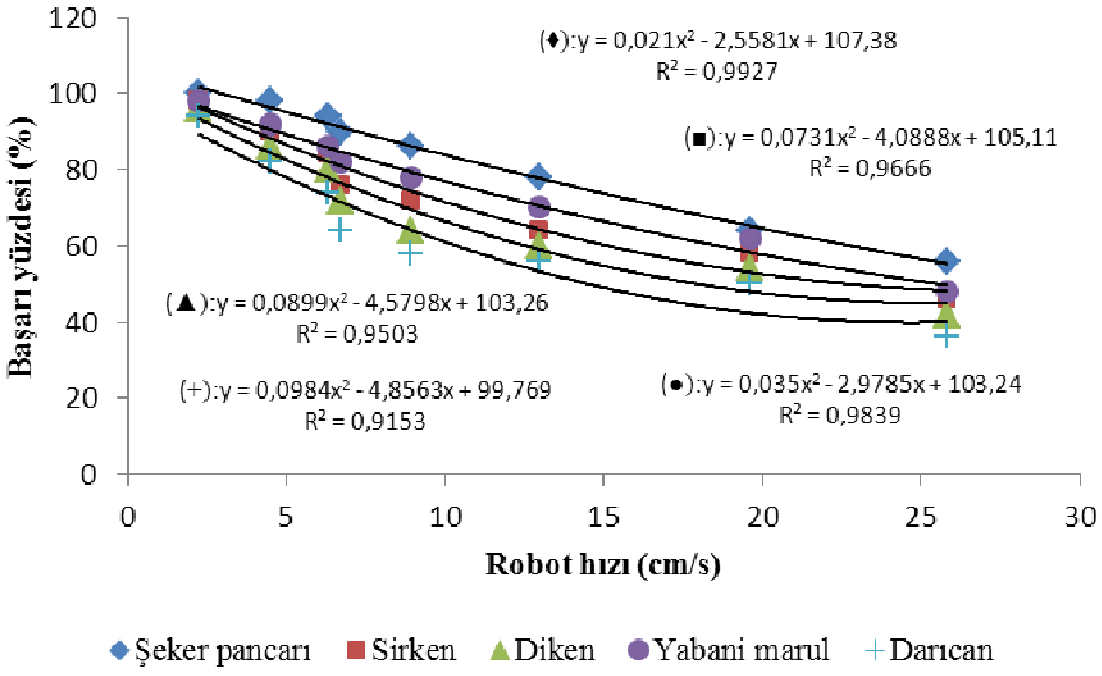
Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, sistemin yabancı otu (sirken) tanıma yüzde değerinde %11.11 azalmasına neden olmuştur. İlaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, sistemin yabancı otu (sirken) tanıma yüzde değerinde %28.12 azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.17).

İlaçlama robotunun 8 farklı hız değerinde, şekil ve renk bilgisi kullanılarak bitki tanıma değerlerinin ortalaması alınmıştır. Buna göre şekil bilgisi kullanılarak yapılan bitki tanıma denemelerinde, şeker pancarında %83.25, yabancı otlarda ise %71 oranında başarı sağlanmıştır.

Şekil ve renk bilgisinin birlikte kullanıldığı şeker pancarını tanıma yüzde değeri, sadece renk bilgisi kullanılarak elde edilen yüzde değerine göre %32.14 oranında başarı sağlanmıştır. Şekil ve renk bilgisi kullanıldığı yabancı ot (sirken) tanıma yüzde değeri de renk bilgisine göre elde edilen değere göre %34.78 oranında başarı sağlanmıştır.

LaMastus ve ark. (2000), yabancı otların belirlenmesinde kamera sistemi kullanarak %69–88 oranında doğruluk elde ettiklerini bildirmişlerdir. Feyaerts ve Gool (2001), görüntü işleme algoritmaları kullanarak bitki ve yabancı ot tanımlamalarında

ortalama %86 başarı sağladıklarını bildirmişlerdir. Hemming ve Rath (2001), kültür bitkisi ve yabancı otların sınıflandırılmasında görüntü işleme ve bulanık mantık kullanarak %51 ile %95 oranında başarı sağlamışlardır. Aitkenhead vd. (2003), yabancı otların mahsullerden ayrılmasında da YSA kullanarak, yabancı otları tanımada %75 başarı sağlandığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.17. Renk ve şekil bilgisine göre bitkiyi tanıma yüzde değerleri değişimi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Hassas tarım uygulamasına dönük olan çalışmada şeker pancarı tarlasında bulunan yabancı otlar görüntü işleme teknikleri ve yapay sinir ağları kullanılarak tespit edilmiş ve değişken düzeyli ilaçlama sıvısı uygulanmasının bir modeli gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Geliştirilen sistem ile yabancı otlar tespit edilerek tarlanın tümü yerine sadece yabancı otlar üzerine ilaçlama sıvısı uygulanacağından, insan, hayvan ve çevre sağlığının korunması sağlanacaktır.
- Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 30 cm ve hızı 4.469 cm/s değerinde iken 1.6 m^2' lik bir alanın içinde bulunan 10' ar adet yabancı otlarla yapılan denemelerde geliştirilen akıllı ilaçlama sistemi ile ilaçlanması, geleneksel ilaçlamaya göre ortalama %53.96 değerinde bir ilaç tasarrufu sağlanmıştır.
- Yabancı otlar üzerine atılan ilaçlama sıvısı miktarları hassas ilaçlama robotunun hızıyla ters orantılı olarak değişmiştir. Geliştirilen ilaçlama robotunun hızı arttıkça yabancı ot üzerine atılan ilaçlama sıvısı miktarları azalmıştır. Hassas ilaçlama robotunun hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı miktarında ortalama yaklaşık %35 değerinde bir azalmaya neden olmuştur.
- Yabancı otlar üzerine uygulanan mürekkepli su alan değerleri hassas ilaçlama robotunun hızı arttıkça azalmaktadır. Hassas ilaçlama robotunun hızı 4.469 cm/s' den 6.711 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %50 değerinde bir artış, yabancı otların ilaçlama sıvısı kaplama alanında (cm^2) %10.51 değerinde bir azalmaya neden olmuştur.
- Yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısı alan değerleri hassas ilaçlama robotunun hızı arttıkça azalmaktadır. Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, yabancı otların ilaçlama sıvısı kaplama piksel alanında (piksel) %18.09 değerinde bir azalmaya neden olmuştur.
- Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliği 50 cm' den 30 cm' ye düşürüldüğünde yani meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalma, yabancı

otlar üzerindeki ilaçlama sıvısı alanlarında (cm^2) %12.18 değerinde, ilaçlama sıvısı piksel alanlarında ise %16.70 değerinde bir azalış gözlenmiştir.

- Yabancı otlar üzerine uygulanan ilaçlama sıvısının yabancı otu örtme yüzdeleri, hassas ilaçlama robotunun hızıyla ters orantılı olarak değişmiştir. Hassas ilaçlama robotunun hızı 8.928 cm/s' den 12.944 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %44.98 değerinde bir artış, ilaçlama sıvısı alanlarının bitkiyi örtme yüzdelerinde %42.28 değerinde bir azalışa neden olmuştur.
- Hassas ilaçlama robotunun meme yüksekliğindeki %40 değerinde bir azalış ilaçlama sıvısının bitkiyi örtme yüzdelerinde %9.42 değerinde bir azalış gözlenmiştir.
- Hassas ilaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, sistemin renk bilgisi kullanılarak şeker pancarını tanıma yüzde değerinde %32.14 azalmasına neden olmuştur.
- Hassas ilaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, sistemin renk bilgisi kullanılarak yabancı otu (sirken) tanıma yüzde değerinde %37.5 azalmasına neden olmuştur.
- Hassas ilaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, sistemin renk ve şekil bilgisi kullanılarak şeker pancarını tanıma yüzde değerinde %28.20 azalmasına neden olmuştur.
- Hassas ilaçlama robotunun hız değeri 12.944 cm/s' den 25.806 cm/s' ye çıktığında yani hızdaki %99.36 değerinde bir artış, sistemin renk ve şekil bilgisi kullanılarak yabancı otu (sirken) tanıma yüzde değerinde %28.12 azalmasına neden olmuştur.
- Şekil ve renk bilgisinin birlikte kullanıldığı şeker pancarını tanıma yüzde değeri, sadece renk bilgisi kullanılarak elde edilen yüzde değerine göre %32.14 oranında başarı sağlanmıştır. Bu oran yabancı ot (sirken) için %34.78 değerindedir.

5.2 Öneriler

Şeker pancarı tarlasındaki yabancı otlar için kullanılan herbisit aynı zamanda kültür bitkisi üzerine de geldiğinden bitki üzerinde kalıntılara neden olmaktadır. Ayrıca kullanılan aşırı herbisit hem toprak, hem de dolaylı olarak su kaynaklarının önemli ölçüde kirlenmelerine neden olmaktadır. Yapılan çalışma geliştirilerek şeker pancarı tarlasında uygulandığında sadece yabancı otlar üzerine herbisit uygulanacağı için kültür bitkisi üzerinde ilaç kalıntısı olmayacaktır. Böyle insan, hayvan sağlığı ve doğal denge korunacaktır.

Geliştirilen akıllı ilaçlama sistemi modeli geliştirilerek şeker pancarı tarlasında kullanılarak değişken düzeyli herbisit uygulaması yapılabilir. Aynı sistem seralar içerisindeki bitkilerin ilaçlanması ve sıvı gübre uygulamasında kullanılarak girdi maliyetleri düşürülebilir.

Sistem mekanik olarak geliştirilip şeker pancarı tarlasında çapalama işlemi içinde kullanılabilir. Ayrıca diğer kültür bitkisi tarlalarındaki yabancı otların tespit edilerek ilaçlanmasında kullanılabilir.

Hassas ilaçlama robotunun hızı arttıkça sistemin başarı performansı azalmaktadır. Bunun nedenleri denemelerde kullanılan web kamerasının saniyede aldığı frame sayısı arttırılarak yani daha hızlı bir endüstriyel kamera kullanılarak sistemin yüksek hızlarda da kararlı çalışması sağlanabilir. Ayrıca dizüstü bilgisayardaki işlemcisi ve RAM da sistemin yüksek hızlarda çalışması için önemlidir. Daha yüksek hızda işlemci ve daha büyük kapasiteli RAM' ler kullanılarak sistemin performansı arttırılabilir.

Matlab' da yazılan program derlenerek dizüstü bilgisayar yerine Mathworks firmasına ait elektronik kartlar ya da endüstriyel PC' lerde kullanılabilir.

Çalışmanın bir benzer çalışma yapacak araştırmacılar için bir kaynak olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Anonim, 2005, *Yabancı otların sebep olduğu ürün kayıpları* [online], http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/btk05/021erolgunel.pdf [Ziyaret Tarihi: 16.Kasım.2010].

Anonim, 2011, *Türkiye' de kullanılan tarım ilaçları* [online], http://www.gkgm.gov.tr [Ziyaret Tarihi: 02.Aralık.2011].

Anonim, 2012, *Türkiye Şeker Fabrikaları sektör raporu 2011* [online], http://www.turkseker.gov.tr/WORLD_SUGAR_SECTOR2011.pdf [Ziyaret Tarihi:30.Aralık.2012].

Aitkenhead, M. J., Dalgetty, I. A., Mullins, C. E., McDonald, A. J.S. and Strachan, N. J. S., 2003, Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence methods, *Computers and Electronics in Agriculture*, V:39(3), p: 157-171.

Aktan, S., 2004, Sayısal görüntü analizinin (digital image analysis) hayvancılıkta kullanım olanakları ve metodolojisi. *4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi*, Sözlü Bildiriler, cilt 1, 160-165, Isparta.

Allahverdi, N., 2002, Uzman sistemler bir yapay zeka uygulaması, *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul.

Baxes, A G., 1994, Digital image processing principles and applications, *John Wiley & Sons, Inc*., USA

Bellanger, M., 2000, Digital processing of signal: Theory and Practice, *John Wiley and Sons*, USA.

Breiman, L., 1994, Heuristics of instability in model selection. *Technical Report Statistics Department*, University of California at Berkeley.

Brosnan, T. and Sun, D.W., 2002, Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems-A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36: 193-213.

Buzluk, Ş. ve Acar, A.İ, 2002, Şeker pancarında değişik yabancı ot mücadele yöntemlerinin verim ve kalite üzerindeki etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, Cilt: 8, Sayı: 2, Sayfa: 171-179, Ankara.

Castelman, R. K., 1996, Digital image processing, Prentice hall, Englewood Cliffs, *New Jersey*, USA

Dağ, S., Aykaç, T., Gündüz, A., Kantarcı, M., Şişman, N., 2000, Türkiye' de tarım ilaçları endüstrisi ve geleceği, *V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi Bildirileri* 2.Cilt, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, s. 933-958, 17-21, Ankara.

Dalen, G. V., 2004, Determination of the size distribution and percentage of broken kernels of rice using flatbed scanning and image analysis. *Food Research International* 37: 51-58.

Delen, N., N. Tosun, S. Toros, S. Öztürk, A. Yücel, S. Çalı, 1995, Tarım ilaçları kullanımı ve üretimi. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IV. Teknik Kongresi*. T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları No: 26, 1015-1028.

Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., BurçaK, A. 2005, Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve duyarlılık azalışı sorunları, *Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi*, 3 – 7 Ocak 2005, 629-648.

Delen, N. 2008, Fungisitler. *Nobel Yayın Dağıtım*. Nobel Yayın No: 1360, Ankara

Delen, N., Kınay, P, Yıldız, F., Yıldız, M., Altınok, H.H., Uçkun, Z., 2010, Türkiye tarımında kimyasal savaşımın durumu ve entegre savaşım olanakları, *VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Bildiriler Kitabı 2:609-625, Ankara.

Demir, Ö., 2006, Matlab gereçleri ile görüntü işleme uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul

Demirkan, H., 2009, Herbisitlere dayanıklılık konusunda Dünya' da yapılmış bildirimlerin değerlendirilmesi. *Ege Üniversites, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46 (1):71-77, İzmir.

Durmuşoğlu, E., Tiryaki, O.,Canhilal, R., 2010, Türkiye' de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Dayanıklılık Sorunları, *VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara,Bildiriler Kitabı 2:589-607.

Dursun, E., 2000, Meme aşınmasının pülverizasyon karakteristiklerine etkileri. *Ekin Dergisi* Yıl : 6, Sayı 21, 62-66

Dursun, E. ve Göknur- Dursun, İ., 2000, Ekim makinası sıra üzeri tohum dağılımının görüntü işleme yöntemi ile belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 21-28.

El-Faki, M.S., Zhang, N., Peterson, D.E., 2000, Weed detection using colour machine vision. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 43/6: 1969-1978

Elizondo, D.A., McClendon, R.W. and Hoogenboom, G., 1994, Neural network models for predicting flowering and physiological maturity of soybean, *Transactions of the ASAE*, Vol.37(3), pp.981-988.

Eriksson, M. and Papanikotopoulos, N.P., 1997, Eyetracking for detection of driver fatigue, *IEEE Conference On Intelligent Transportation System*, ITSC '97, pp 314–319, Boston

Erkin, E. ve Kişmir, A., 1996, Dünya'da ve Türkiye'de tarım ilaçlarının kullanımı. *II. Ulusal Zirai Mücadele İlaçları Sempozyumu*, s. 3-11, Ankara.

Feyaerts, F., Pollet, P., Wambacq, P., Van Gool, L., 1998, Sensor for weed detection based on spectral measurements. In*: Proceedings of the 4th International Conference on Precision Agriculture*, Madison, WI, USA, Part B: 1537-1548

Freeman, J., and Skapura, D., 1991, Neural networks. Reading MA: *Addison-Wesley Publ*.

Gebhardt, S., Schellberg, J., Lock, R., Kühbauch, W., 2006, Identification of broad-leaved dock (Rumex obtusifolius L.) on grassland by means of digital image processing. *Springer Science*, 7:165–178.

Gencer, O., 1988, Genel tarla bitkileri (Endüstri bitkileri). *Çukurova Üniv. Ziraat Fak., Ders Kitabı*, No:42, Adana.

Gonzalez, R.C. ve Woods, R.E., 1993, Digital image processing, Second Edition, *Addison- Wesley Publishing Company*, USA

Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 2002, Digital image processing, Second Edition, *Prentice-Hall, New Jersey*, 25-344,519-732

Güncan, A., 1982, Erzurum yöresinde buğday ürününe karışan bazı yabancı ot tohumlarının çimlenme biyolojisi üzerinde araştırmalar. *Atatürk Üniv. Basımevi*, s 70, Erzurum.

Güncan, A., 1993, Türkiye' de şekerpancarında yabancı ot mücadelesi. *Türkiye 1. Herboloji Kongresi Bildirileri*, s. 227 – 231, Adana.

Güncan, A., 2000, Şeker Pancarında ekim öncesi yabancı ot mücadelesi. *Pancar Ekicileri Eğitim ve Sağlık Vakfı Yayınları* , No: 5, 143-148. Ankara.

Günel, E. , Çalışkan, M.E., Tortopoğlu, A.İ., Kuşman, N., Tuğrul, K.M., Yılmaz, A., Dede, Ö., Öztürk, M. , 2006, Nişasta ve şeker bitkileri üretimi. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 431-457, Ankara.

Gürsoy, O. V., 1982, Yabancı ot kontrolünün temel esasları ve şekerpancarı tarımındaki tatbikatı. *T. Ş.F.A. Ş. Şeker Enstitüsü Yayınları* , 61 s., Ankara.

Gürsoy, O.V., 1991, Şeker enstitüsünce denenip ruhsatlandırılan şeker pancarı herbisitlerinin kullanımları ile ilgili genel bilgiler. *Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Şirketi yayınları*, Ankara.

Habib, S. , Islamb, M., Adnan, A. , Nawaz, S., 2007, Real time machine vision weeds-classification for selective herbicide application, *The 2nd National Intelligent Systems And Information Technology Symposium*, pp 142-146.

Haralick, R.M. ve Shapiro, L.G., 1993, Computer and robot vision, *Addison Wesley Publishing Co*., USA.

Hahn, F., Muir, A.Y.,1996, Signal processing.*3rd International Conference on Volume 2, Issue* , vol.2, pp 1445 -1448.

Haykin, S., 1999, Neural networks a comprehensive foundation, *Prentice Hall publishing*, New Jersey.

Hebb, D.O., 1949, The organization of behaviour: A Neurophsychological Theory, New York: Wiley.

Hemming, J., and Rath, T., 2001, Computer-vision-based weed identification under field conditions using controlled lighting. *JAgric.Engng. Res.*, 78(3): 233-243.

Hopfield, J.J., 1982, Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. Proc*eedings of the National Academy of Sciences*, USA, vol. 79, pp. 2254-2258.

Ihsak, A.J., Mokri S., Mustafa M.M. and Hussain A., 2007, Weed detection utilizing quadratic polynomial and ROI techniques, *The 5th Student Conference on Research and Development* –SCOReD, Malaysia

Ihsak, W., Rahman, K.A., 2010, Software development for real-time weed colour analysis. *Pertanika J. Sci. & Technol*, 18 (2): 243– 253.

Jafari, A., Mohtasebi, S. S., Eghbali, H., J. and Omid, M., 2006, Weed detection in sugar beet field using machine vision. *International Journal Of Agriculture & Biology*, vol. 8 (5): 602–605.

Jaggard, K. W.,Limb, M. and Proctor, G. H., 1995, Weed control. *The Sugar Beet Research and Education Committee Ministry of Agriculture*, Fifht Edition, London.

Jarmulak, J., Spronck, P.and Kerckhoffs, E. J. H., 1997, Neural networks in process control: model-based and reinforcement trained controllers, *Computers and Electronics in Agriculture*, V: 18(2-3), p: 149-166.

Jayas, D. S. and Karunakaran, C.. 2005. Machine vision system in postharvest tecnology. *Stewart Postharvest Rewiev*, 22.

Kantarcı, M., 2007, Global BKÜ pazarı ve Ar-ge. Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi, *TMMOB Kimya ve Ziraat Mühendisleri Odaları. Bildiri Kitabı*, 13-23, Ankara.

Keefe, P. D. 1992, A Dedicated wheat grain image analyzer. *Plant Varieties and Seeds* 5: 27-33

Koç, H., 1999, Şekerpancarı. GOÜ. Ziraat Fak. Yayın No:31, *Ders Kitapları Serisi* No:14, Tokat.

Kohonen, T., 1982, Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*, vol. 43, pp. 59-69.

Kubaş, A., İnan, İ.H., Hurma, H., Başer, İ., Azabağaoğlu, M.Ö., 2000, Türkiye'de tarımsal ilaç kullanımının sürdürülebilir tarım politikası açısından değerlendirilmesi:*Trakya Bölgesi Örneği*, T.Ü.Araştırma Fonu, Edirne

LaMastus, F. E., Smith, C. M., Shaw, D. R. and King, R. L. 2000, Potential for weed species differentiation using remote sensing. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture* (ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA) (CD-ROM).

Lee, W.S., Slaughter, D.C., and Giles, D.K. 1999, Robotic weed control system for tomatoes Precision Agriculture, 1:95-113

Lorbeer, J. W., N. Delen, and N. Tosun, 2001, Chemical control. In: Maloy, O. C. and Murray, T. D.,eds., *Encyclopedia of Plant Pathology*, Vol. 2. Pp. 199'203. John Wiley and Sons, Inc.

Majumdar, S., Jayas D.S., 1999, Classification of bulk samples of cereal grains using machine vision. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73: 35-47.

Malaslı, Z.M., 2010, Şekerpancarı üretim alanlarında yabancı otla mücadele yöntemleri ve uygulama etkinliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa.

McCulloch, W. S. and Pitts, W. H., 1943, A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5:115-133.

McClendon, R.W., Hoogenboom G. and Seginer I., 1996, Optimal control and neural networks applied to peanut irrigation management, *Transactions of the ASAE*, Vol.39(1) pp.275-279.

Meyer, G.E, Mehta, T, Kocher, M.F, Mortensen, D.A, Samal, A., 1998, Textural imaging and discriminant analysis for distinguishing weeds for spot spraying. *American Society of Agricultural Engineers*, 41(4): 1189-1197.

Miller, S. D., Fornstrom, K. J. and Mesbah, A., 1993, Canada Thistle: Can we afford not to control it. *Reflections – University of Wyoming* 3: 15.

Morillo-Velarde, R., 1993, International institute for beet research. *56. Winter Congre*, v. 56, pp. 41-51 Belgium.

Moshou, D., Vrinds, E., Ketelaere, B. D., Baerdemaeker, J. D and Ramon, H., 2001, A neural network based plant classifier, *Computers and Electronics in Agriculture***,** V: 31(1), p: 5-16.

Moshou, D., Bravo, C., West, J., Wahlen, S., McCarney, A. And Ramon, H., 2004, Automatic detection of 'yellow rust' in wheat using reflectance measurements and neural networks, *Computers and Electronics in Agriculture*, V: 44(3), p: 173-188.

Mortensen, D.A., Gerhards, R., and Williams, M.M., 2000, Two-year weed seedling population responses to a post-emergent method of site-specific weed management. *Precision Agriculture*, 2 (3): 247-263.

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*

Noguchi, N., and Terao, H., 1997, Path planning of an agricultural mobile robot by neural network and genetic algorithm, *Computers and Electronics in Agriculture*, V:18(2-3), p: 187-204.

Oskam, A. J., Vijftines, N. A. and Graveland, C., 1997, Additinal E.U. Policy instrumens for plant protection, *Wageningen Agricultural University*, Wageningen, the Netherlands.

Otsu, N., 1979, A threshold selection method from gray level histograms, *IEEE Transactions on Systems*, Man, and Cybernetics, SMC-9(1): 62-66.

Özer, Z., 1993, Niçin Yabancı Ot Bilimi. *1. Herboloji Kongresi*, s. 1–7, Adana.

Özer, Z., Kadıoğlu, İ., Önen, H., Tursun, N., 2001, Herboloji (Yabancı Ot Bilimi). *GOÜ. Ziraat Fakültesi Yayınları* No:20, Kitaplar Serisi No:10, Tokat.

Özkan, M.F., 2010, Matlab görüntü işleme aracı kullanarak endometriozis hastalığının ultrason görüntülerinde tespiti, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*

Öztemel, E., 2003, Yapay sinir ağları, *Papatya Yayınevi*, İstanbul.

Öztürk, S., 1997, Tarım ilaçları, *Geliştirilmiş 2. baskı. AK basımevi*, s.551, İstanbul.

Özmen, Y., 2007, AB Müktesabatına göre hazırlanan bitki koruma ürünlerinin piyasaya arzı ile ilgili yönetmelik'in genel bir değerlendirilmesi. Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi, *TMMOB Kimya ve Ziraat Mühendisleri Odaları. Bildiri Kitabı*, 1-12, Ankara.

Parmar, R.S. vd., 1997, Estimation of aflatoxin contamination in preharvest peanuts using neural networks, *Transactions of the ASAE*, Vol.40(3),pp.809-813.

Patel, V. C., McClendon, R. W. and Goodrum, J. W., 1998, Development and evaluation of an expert system for eggsorting, *Computers and Electronics in Agriculture*, V: 20(2), p: 97-116.

Pérez, A.J., Lopez, F., Benlloch, J.V., and Christensen, S., 2000, Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25 (2000), 197-212.

Rosenblatt, F., 1958, The perceptron: A probabillstic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65:386-408.

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., and Williams, R. J. 1986, Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323:533—536.

Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., 2003, Mühendislikte yapay zeka uygulamaları-1: Yapay sinir ağları, *Ufuk Yayınevi*, Kayseri.

Schwarz, G., 1978, Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6, 2, 461-464.

Semmlow, J.L., 2004, Biosignal and biomedical image processing MATLAB-based applications, *Marcel Dekker*, Inc.

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*, pp. 107-113, Brazil.

Shahin, M.A., Symons, S.J., 2005, Seed Sizing from images of non-singulated grain samples. *Canadian Biosystems Engineering*, 47, 3.49–3.55

Sullivan, E. F. ve Fischer, B. B., 1971, Şeker pancarı üretimindeki gelişmeler, prensipler ve uygulamalar, Yabancı Ot Mücadelesi (çev: Bilgen,T., Erel,K., Onat, G.).*1. Baskı T. Ş.F.A. Ş. Yayınları* : 205, 507 s, Ankara.

Şiray, A., 1990, Şekerpancarı tarımı. *Pankobirlik Yayınları*, No: 2, Ankara, s 128

Tamari, S., Ruiz-Sudrez, J.C. and Wösten, J.H.M., 1996, Testing an artificial neural network for predicting soil hydraulic conductivity, *Proceedings of 6th Intern.Conf. on Computers in Agriculture*, pp.912-919, Mexico.

Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S., 2010, Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 26(2): 154-169

Toprak, R., ve Aktürk, N., 2001, Raylı toplu taşım sistemleri ve raylı toplu taşım sistemlerinde güvenliği tehdit eden tehlikeler, *3. Ulaşım ve Trafik Kongresi*,TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.

Trooien, T. P. and Heermann, D. F., 1992, Measurement and simulation of potato leaf area using image processing. Model development. *Transactions of the ASAE* 35(5):1709-1712.

Turabi, M. S., 2004, Türkiye Cumhuriyeti'nde tarımsal ilaç, tesçil ve ruhsat sistemi. *Tarımsal İlaçlar ve Organik Tarım Konf.*, KTMMOB ZMO, 9 Haziran 2004, Lefkoşa, KKTC.

Turabi, M. S., 2007. Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması. *Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi Bildirileri*, s. 50-61, Ankara.

Umbaugh, S.E., 1998, Computer vision and image processing, Prentice-Hall, International Inc., *Upper Saddle River, New Jersey*.

Ünal, G., Gürkan, M.,O., 2001, Insektisitler: Kimyasal yapıları, toksikolojileri ve ekotoksikolojileri. *I. Baskı, Ethemoğlu Ofset Matbaacılık,* s: 97-98, Ankara.

Varner, B. L., Gress, T. A., Copenhaver, K., Wax, L. M., Sprague, C. L. and Tranel, P. J., 2000, Detection of cockleburs (Xanthium strumarium L.) in soybeans using hyper spectral imagery. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture* (ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA).

Watchareeruetai, U., Takeuchi, Y., Matsumoto, T., Kudo, H., Ohnishi, N., 2006, Computer vision based methods for detecting weeds in lawns: Cybernetics and Intelligent Systems, *2006 IEEE Conference* on 1-6

Widrow, B., and Hoff, M.E., 1960, Adaptive switching circuits. *IRE WESCON Convention record,* pp. 96-104.

Yaman, K., 2000, Görüntü işleme yönteminin ankara hızlı raylı ulaşım sistemi güzergahında sefer aralıklarının optimizasyonuna yönelik olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara.

Yang, C.-C., Lacroix, R. and Prasher, S.O., 1996, The use of back-propagation neural network for the simulation and analyses of time series data in subsurface drainage systems, *Proceedings of 6th Intern.Conf. on Computers in Agriculture*, Mexico, pp.941-949.

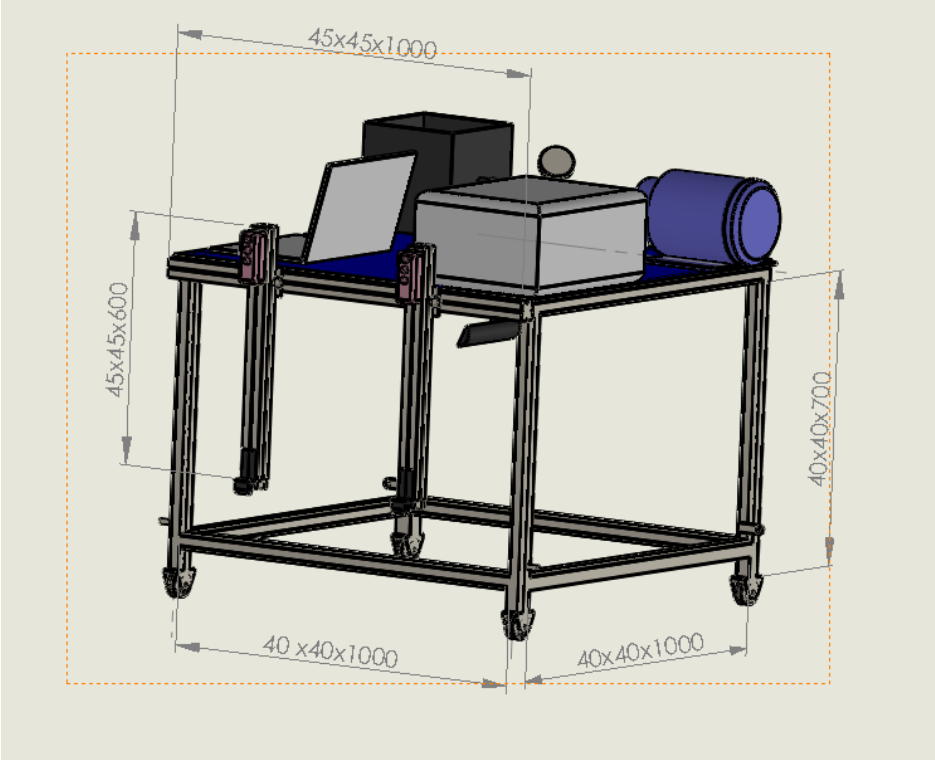
Yang, C.C., Prasher, S. O., Landry, J. A. and Ramaswamy, H. S., 2003, Development of a herbicide application map using artificial neural networks and fuzzy logic, Agricultural Systems, V: 76(2), p:561-574.

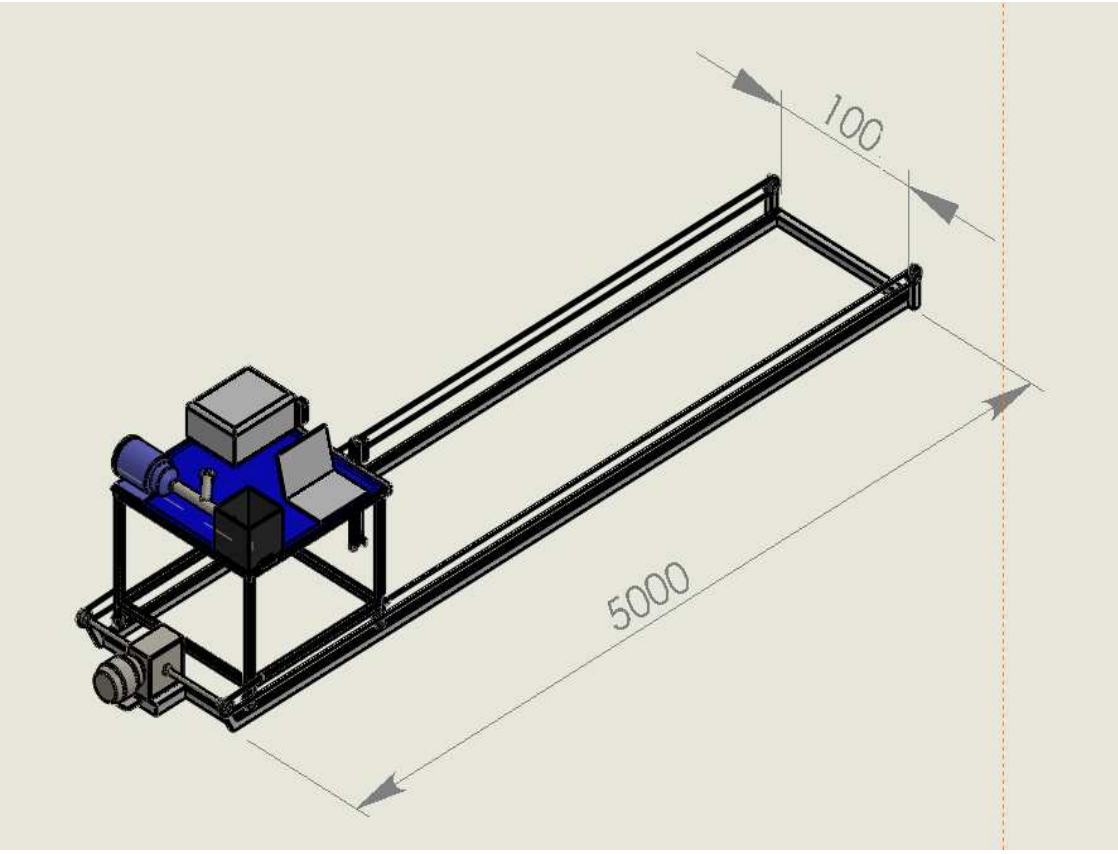
Yeşil, S., ve Ögür, E., 2011, Zirai mücadelede pestisit kullanımının Türkiye ve Konya ölçeğinde değerlendirilmesi ve pestisit kullanımının olası sakıncaları, *I. Konya Kent Sempozyumu*, s. 439-450, Konya.

Yılmaz, G., 2002, Renk Sistemleri, Renk Uzayları ve Dönüşümler. *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*, s. 340-350, Konya.

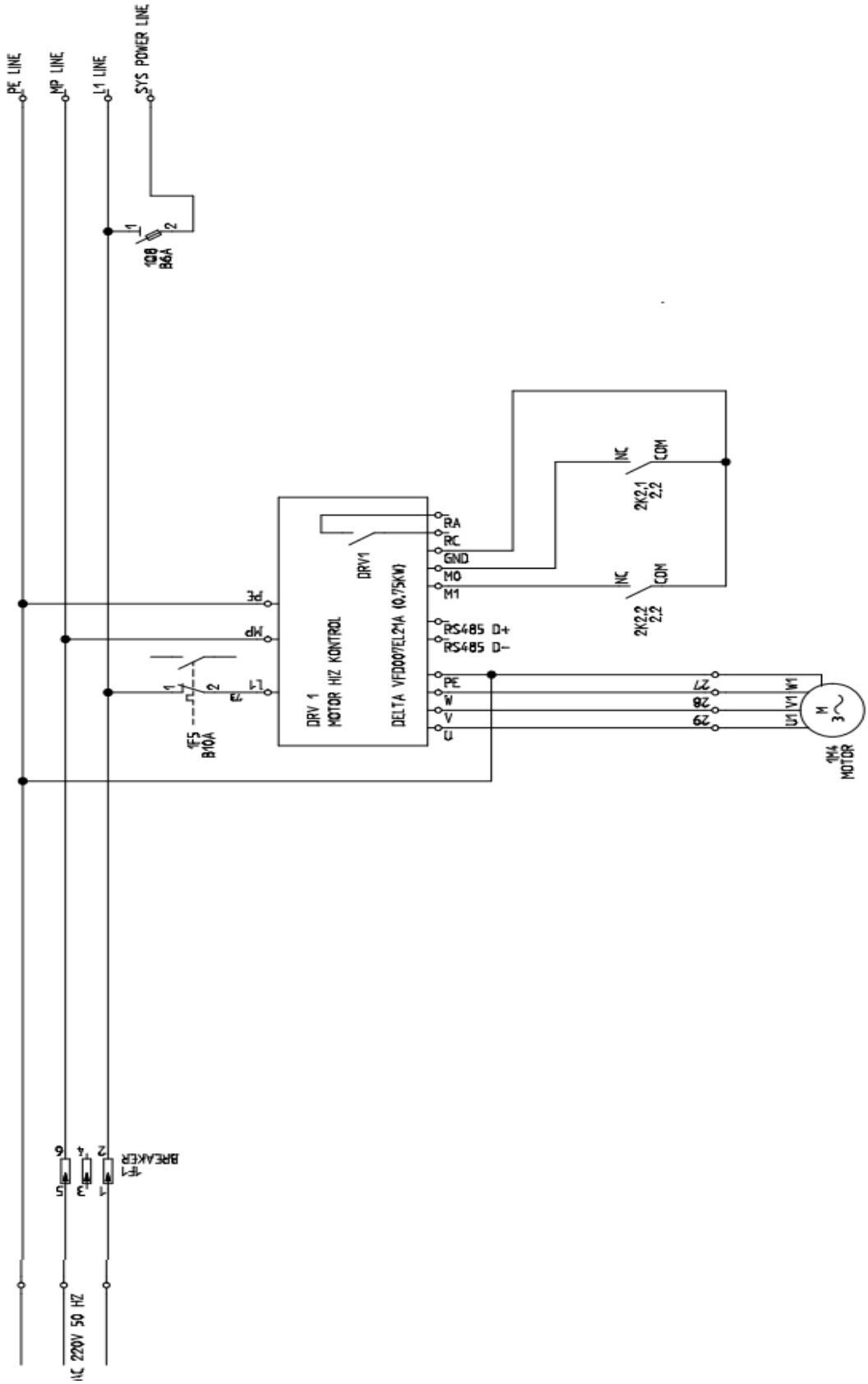
EKLER

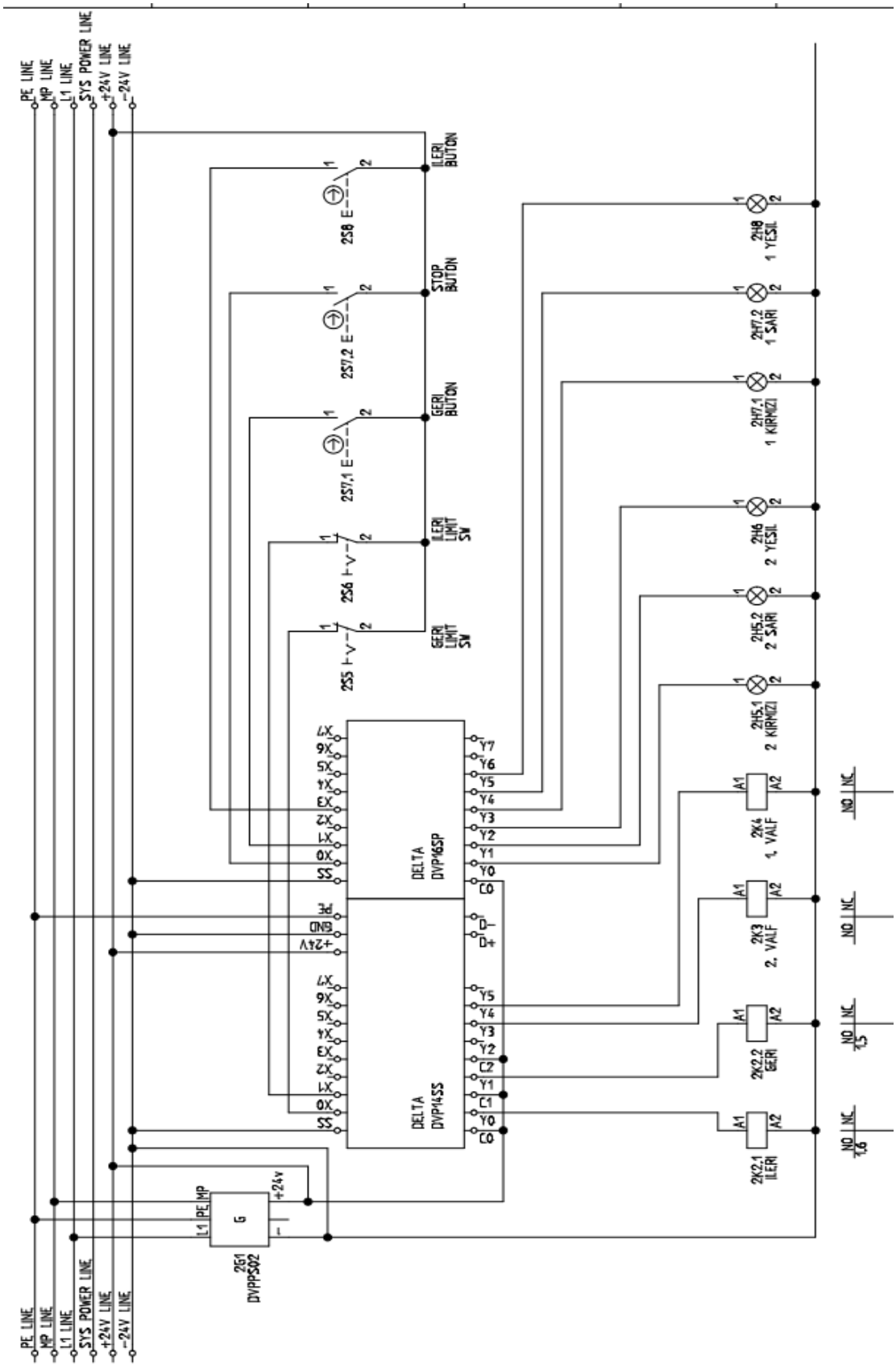
EK-1 Hassas ilaçlama robotuna ait teknik çizimler.



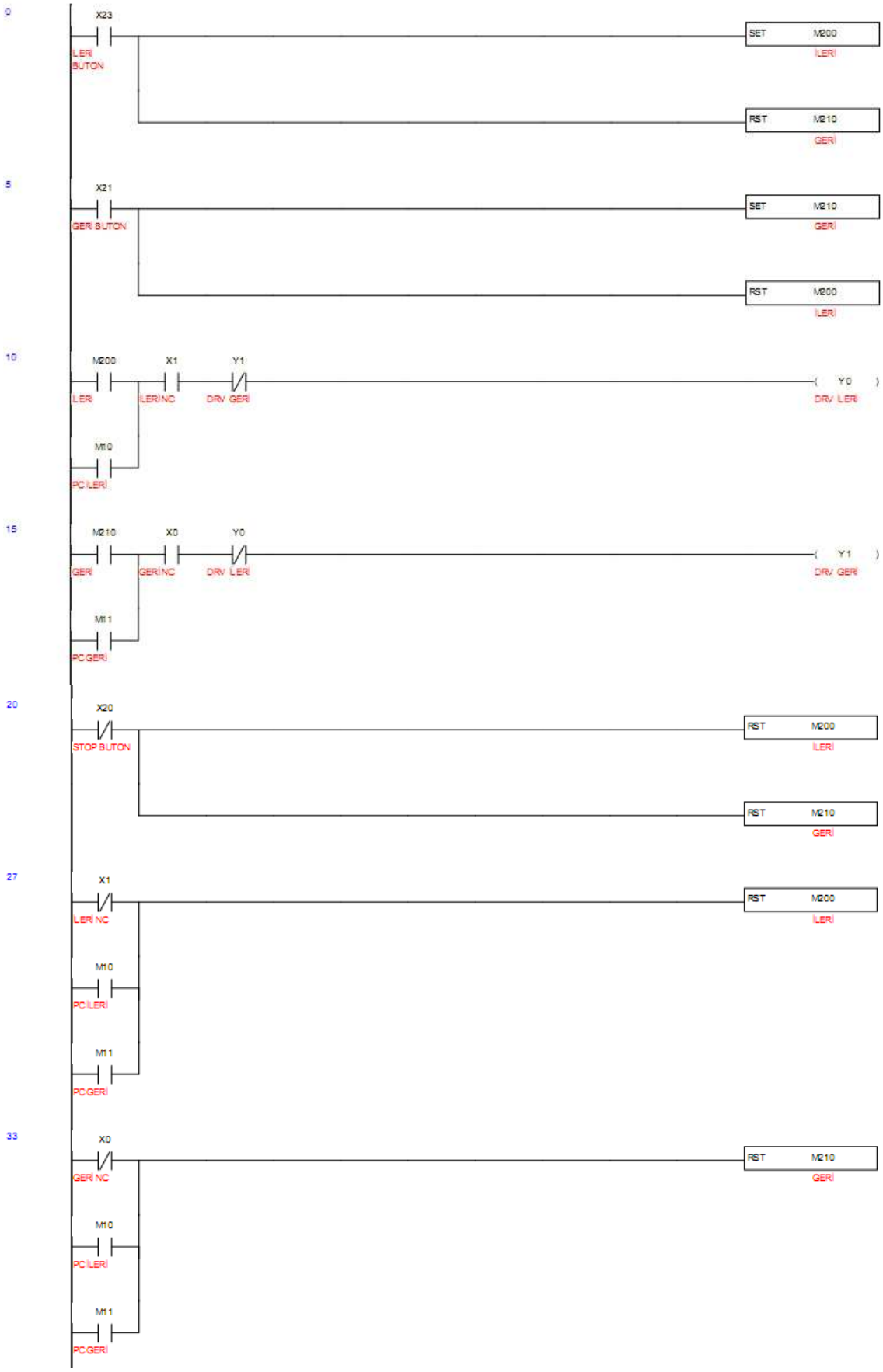


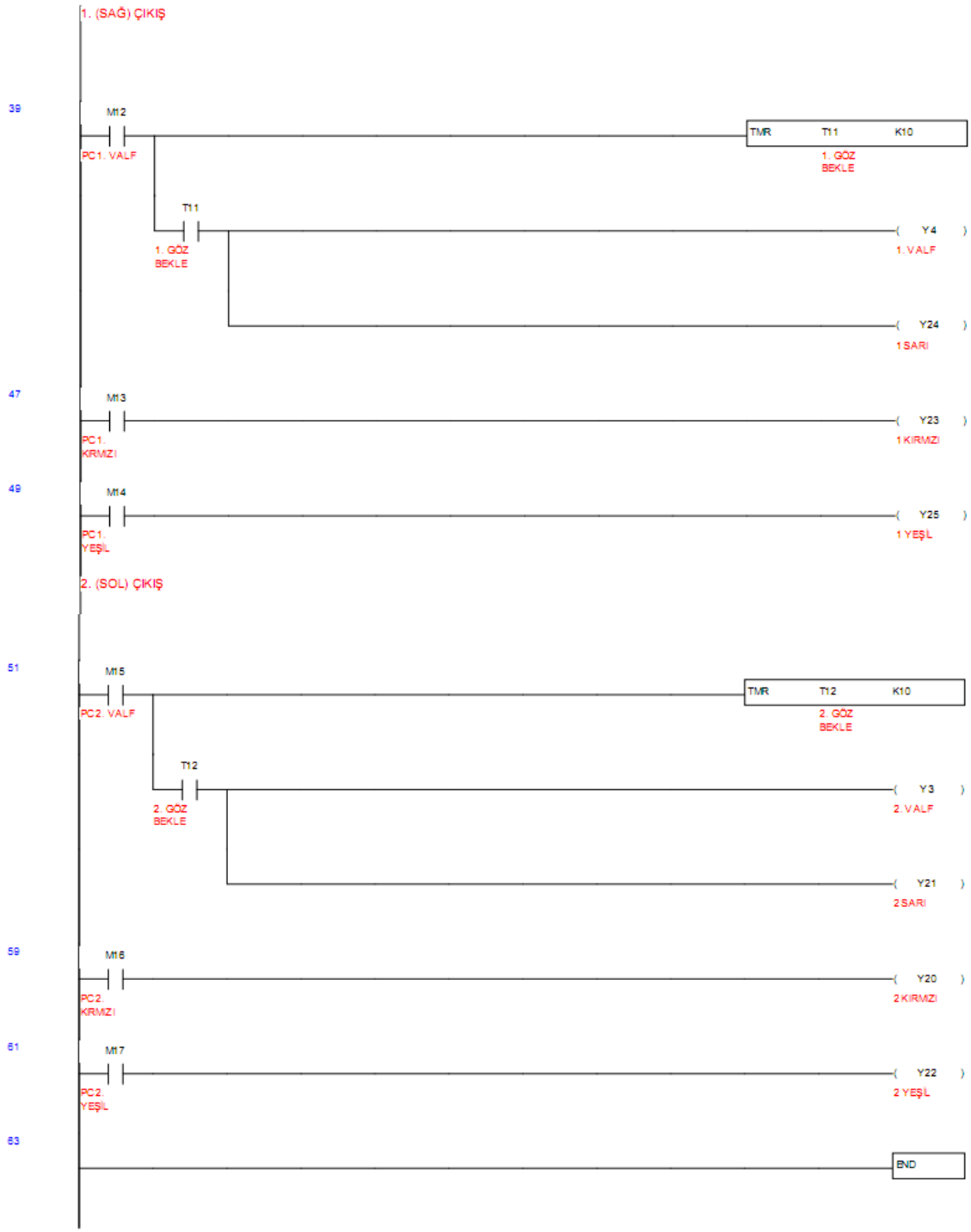
EK-2 Kontrol ünitesi elektrik projesi.




PE LINE
MP LINE
L1 LINE
SYS POWER LINE
+24V LINE
-24V LINE
ILERI BUTON
STOP BUTON
GERI BUTON
ILERI LIMIT SW
GERI LIMIT SW
258 E
257.2 E
257.1 E
256 I-V
255 I-V
DELTA DVP16SP
DELTA DVP14SS
2H8 1 YESIL
2H7.2 1 SARI
2H7.1 1 KIRMIZI
2H6 2 YESIL
2H5.2 2 SARI
2H5.1 2 KIRMIZI
2K4 1. VALF
2K3 2. VALF
2K2.2 GERI
2K2.1 ILERI
NO NC
2S1 DVPPS02

EK-3 PLC ladder diyagramı




1. (SAĞ) ÇIKIŞ
39
M12
PC1. VALF
TMR T11 K10
1. GÖZ BEKLE
T11
1. GÖZ BEKLE
Y4
1. VALF
Y24
1 SARI
47
M13
PC1. KIRMIZI
Y23
1 KIRMIZI
49
M14
PC1. YEŞİL
Y25
1 YEŞİL
2. (SOL) ÇIKIŞ
51
M15
PC2. VALF
TMR T12 K10
2. GÖZ BEKLE
T12
2. GÖZ BEKLE
Y3
2. VALF
Y21
2 SARI
59
M16
PC2. KIRMIZI
Y20
2 KIRMIZI
61
M17
PC2. YEŞİL
Y22
2 YEŞİL
63
END

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Kadir SABANCI
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Konya 1978
Telefon	**:**	0332 5561001
Faks	**:**	0332 5561004
e-mail	**:**	ksabanci@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Erbil Koru Lisesi, Konya	1996
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Elk-Elt. Mühendisliği	2001
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Elk-Elt. A.B.D	2005
Doktora	:	Selçuk Üniversitesi, Fen Bil.Ens. Tarım Mak. A.B.D	2013

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2001-2002	Mepsan Petrol Cihazları A.Ş.	Otomasyon Müh.
2002-2007	Selçuk Üniversitesi Doğanhisar MYO	Müdür Yardımcısı
2007-2010	Selçuk Üniversitesi Doğanhisar MYO	Bölüm Başkanı
2010-2012	Selçuk Üniversitesi Doğanhisar MYO	Müdür Yardımcısı
2012-	Selçuk Üniversitesi Doğanhisar MYO	Öğretim Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Mikrodenetleyiciler, Görüntü İşleme, Hassas Tarım Teknolojileri

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

K. SABANCI, C.AYDIN Tarım Arabası İçin Yeni Aydınlatma Sisteminin Geliştirilmesi, Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 01-03 Ekim 2009, Isparta

K. SABANCI, S. HERDEM Yapay Kas Kullanılarak Örümcek Robot Tasarımı, 13. Elektrik - Elektronik - Bilgisayar ve Biyomedikal Müh. Ulusal Kong., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 23-26 Aralık 2009, Ankara (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)

K. SABANCI, C. AYDIN Vole Repeller Spider Robot with Artificial Muscle, 6th Nanoscience and Nanotechnology Conference, İzmir Instıtute of Technology,15-18 Haziran 2010 İzmir (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)

K. SABANCI, C. AYDIN Vole Repeller Spider Robot with Artificial Muscle, International Journal of Material Science and Electronics Research, Vol. 1, No. 2, July-Dec. 2010, pp. 95-99 (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır)

K. SABANCI, C. AYDIN, K. ÇARMAN Sensor Supported Smart Irrigation System Design, International Symposium on Sustainable Development, 8-9 HAziran 2010 Sarajevo

K. SABANCI, C. AYDIN Seralarda Sıcaklık ve Oransal Nemin PLC ile Kontrolü, 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Mustafa Kemal Üniversitesi, 22-24 EYLÜL 2010, Hatay

K. SABANCI, C.AYDIN, M.Fahri ÜNLERŞEN Buğday Tohumuna Karışan Yabani Çavdar Tohumlarının Yapay Sinir Ağlarıyla Tespit Edilmesi, Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi, 19 Mayıs Üniversitesi, 14-17 Haziran 2011, Samsun

K. SABANCI, C.AYDIN, M.Fahri ÜNLERŞEN Estimation of Physico-Mechanic Properties of Some Agricultural Products with PHP, 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture(TRAKAGENG-2011) , 21-24 September 2011, Istanbul

K. SABANCI, C.AYDIN Grading the Corn and Cotton Seeds by Using Image Processing and Artificial Neural Network, 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture(TRAKAGENG-2011) , 21-24 September 2011, İstanbul

K. SABANCI, C. AYDIN, M. Fahri ÜNLERŞEN, Görüntü İşleme ve Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Patates Sınıflandırma Parametrelerinin Belirlenmesi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Vol 2, sayfa 59, Haziran 2012

K. SABANCI, C. AYDIN, Implementation of Weed Control by the Help of Smart System with Image Processing, International Journal of Arts & Sciences Conference 2012 (IJAS2012, 26-29 June 2012, Prag, Çek Cumhuriyeti (Doktora tezinden yapılmıştır)

K. SABANCI, C. AYDIN, Implementation of Weed Control by the Help of Smart System with Image Processing, Academic Journal of Science. ISSN:2165-6282:1(2):157–161(2012) (Doktora tezinden yapılmıştır)

K. SABANCI, C. AYDIN, Mikrodenetleyicili Tohum Ekim Ünitesinin Tasarım Parametreleri, 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 05-07 Eylül 2012, Samsun

K. SABANCI, C. AYDIN, Şeker Pancarı Tarımında Yabancı Ot Mücadelesinde Alternatif Bir Yöntem, I. Uluslararası Anadolu Şeker Pancarı Sempozyumuna, 20-22 Eylül 2012, Kayseri