



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MISIR ÜRETİMİNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ  
KULLANARAK YABANCI OTLARIN BELİRLENMESİ  
VE DEĞİŞKEN DÜZEYLİ UYGULAMA**

**HAYRETTİN KARADÖL**

**DOKTORA TEZİ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2017**

**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MISIR ÜRETİMİNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ  
KULLANARAK YABANCI OTLARIN BELİRLENMESİ  
VE DEĞİŞKEN DÜZEYLİ UYGULAMA**

**HAYRETTİN KARADÖL**

**Bu tez,  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında  
DOKTORA  
derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2017**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Hayrettin KARADÖL tarafından hazırlanan “MISIR ÜRETİMİNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANARAK YABANCI OTLARIN BELİRLENMESİ VE DEĞİŞKEN DÜZEYLİ UYGULAMA” adlı bu tez, jürimiz tarafından 15/11/2017 tarihinde oy birliği ile Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ali AYBEK (DANIŞMAN) .....

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN (ÜYE) .....

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Müh. Anabilim Dalı  
Çukurova Üniversitesi

Prof. Dr. Nihat TURSUN (ÜYE) .....

Bitki Koruma Anabilim Dalı  
İnönü Üniversitesi

Doç. Dr. Selçuk ARSLAN (ÜYE) .....

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı  
Uludağ Üniversitesi

Doç. Dr. Mahit GÜNEŞ (ÜYE) .....

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hayrettin KARADÖL



Bu çalışma KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2015/3-64D

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

# MISIR ÜRETİMİNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANARAK YABANCI OTLARIN BELİRLENMESİ VE DEĞİŞKEN DÜZEYLİ UYGULAMA

(DOKTORA TEZİ)  
HAYRETTİN KARADÖL

## ÖZET

Tarımsal üretimde yabancı ot mücadelesi, teknik, ekonomik ve çevresel açıdan önemli bir konudur. Yabancı ot mücadelesinde, kısa sürede etki göstermesi ve insan işgücünü azaltması gibi nedenlerden dolayı günümüzde en fazla kimyasal mücadele yöntemi kullanılmaktadır. Kimyasalların geleneksel yöntemlerle tüm araziye tekdüze bir şekilde uygulanması ile hedef olmayan alanlar ilaçlanmakta ve böylece ilaç kullanım miktarı artmaktadır. Ülkemizde üretilen ilaçlama makinelerinde arazi görüntüleri kullanılarak değişken düzeyli ilaçlama uygulaması gerçekleştiren sistemler bulunmamaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde yaygın tarımı yapılan mısır bitkisinde, yabancı otların bulunduğu bölgeler görüntü işleme teknikleri ile gerçek zamanlı olarak belirlenerek bu bölgelere yabancı otların sayısına bağlı olarak bir kontrol sistemi aracılığı ile püskürtme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Arazi üzerinde yabancı otların bulunduğu bölgelerin belirlenmesi için traktör ön kısmına yerleştirilen bir kameradan alınan görüntüler Matlab programına aktarılmış ve bir algoritma ile görüntüdeki bazı öznelikler ön plana çıkarılmıştır. Görüntü üzerinde yabancı otların bulunması durumunda OPC (Endüstriyel otomasyon için birlikte çalışabilirlik standardı) sunucu yazılımı kullanılarak Matlab-PLC arasında veri alışverişi sağlanmıştır. Sistemin etkinliğini belirlemek amacıyla ilk olarak ön testler gerçekleştirilmiştir. Bu testler süresince beton zemin üzerine farklı aralıklarla yerleştirilen yeşil nesnelerin bulunduğu bölgelere püskürtme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise arazi testleri gerçekleştirilmiş ve testler sonucunda kamera kullanılarak gerçekleştirilen değişken düzeyli uygulama yönteminde, klasik uygulama yöntemine göre uygulama hacimlerinde; 4, 6 ve 8 km/h traktör ilerleme hızlarında sırasıyla %30.21, %28.82 ve %32.28 azalma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca basınç regülatörü yerine debi kontrol sisteminin etkinliği incelenmiş ve bu sistemin değişken traktör hızlarında 100 L/ha hedeflenen normu %8.94 sapma ile kontrol altında tuttuğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yabancı ot, Görüntü işleme, Değişken düzeyli uygulama, OPC sunucu, PLC.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 11 / 2017

Danışman: Doç. Dr. Ali AYBEK  
Sayfa Sayısı: 106

# DETERMINATION OF WEEDS BY USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES IN CORN PRODUCTION AND VARIABLE RATE APPLICATION

(Ph.D THESIS)  
HAYRETTİN KARADÖL

## ABSTRACT

Weed control is a major subject in agricultural production in terms of technical, economic and environmental aspects. In weed control, chemical control methods are commonly used today because of having effect in a short time and reducing the human labor. With the application of chemicals in a uniform manner to all surfaces with traditional methods, non-target areas are being sprayed and thus the amount of herbicide use is increased. In the spraying machines that are produced in our country, there are no systems that apply variable rate spraying by using land images. In this study, the regions where weeds were found in the cornfields, that are widespread in our country, were determined in real time by image processing techniques and spraying was applied to these regions via a control system depending on the weed population. In order to determine the regions with weeds on the land, the images taken by a camera placed in front of the tractor were transferred to Matlab software and some features in the image were foregrounded by an algorithm. If there are weeds on the image, data exchange is provided between Matlab and PLC using OPC (OLE for Process Control) server software. Preliminary tests were conducted to determine the effectiveness of the system. During these tests, spraying was applied to the regions where the green objects were placed on the concrete floor at different intervals. In the second stage, the field tests were carried out and as a result, it was found that in the variable rate application method performed by using the camera, at 4, 6 and 8 km/h tractor speeds, application volumes were decreased by 30.21%, 28.82% and 32.28% respectively when compared to the classical application methods. In addition, the effectiveness of a flow-based control system which is used instead of a pressure regulator was examined and it was found that this system controlled the targeted norm of 100 L/ha with a deviation of 8.94% at a variable tractor speed.

**Key words:** Image processing, Weed, Variable rate application, OPC server, PLC.

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam  
Institute of Science and Technology  
Department of Biosystems Engineering, 11/ 2017

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali AYBEK

Page Number: 106

## TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tez çalışması boyunca, değerli bilgilerini benimle paylaşan, çalışma takvimini titizlikle takip eden, çalışma disiplini ile birlikte hoşgörülü olabilmeyi söylemeden anlatabilen, çalışma esnasında bir sorunla karşılaştığımda kendisine çekinmeden sorunları iletebildiğim, gelecekteki mesleki hayatım boyunca verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm değerli hocam Doç. Dr. Ali AYBEK'e teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Bu tez sürecinin başlamasından bu yana kendisinden sürekli olarak bilgi aldığım ve aynı zamanda Yüksek Lisans eğitimim sürecinde danışman hocam olan Doç. Dr. Selçuk ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ön test çalışmaları ve arazi testleri boyunca traktörünü kullanmamıza izin veren Hasan CEYHAN'a ve testler süresince bana yardım eden Araş. Gör. Serdar ÜÇOK'a, Biyosistem Mühendisleri Özgür KARAKUŞ'a ve İsmail GİZLENCİ'ye, arkadaşım Teknik Öğretmen Mustafa YÜCE'ye ve yeğenim Hacı Durmuş NACAR'a teşekkür ederim.

Ayrıca hayatım boyunca her daim yanımda olan değerli anne ve babama ve bana verdikleri pozitif enerjiden dolayı eşim Sevda'ya ve sevgili oğullarım Ömer Miraç ve Cihangir'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Mısır Bitkisi ( <i>Zea mays</i> L.) .....	2
1.2. Işık ve Elektromanyetik Spektrum .....	7
1.3. Sayısal Görüntünün Oluşumu .....	8
1.3.1. Sayısal görüntünün örneklenmesi ve nicelenmesi .....	10
1.4. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC) .....	12
1.5. Matlab Uygulama Geliştirme Ortamı .....	14
1.6. Çalışmanın Amaçları .....	14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	24
3.1. Materyal .....	24
3.1.1. Laboratuvar ortamında oluşturulan deney düzeneği .....	24
3.1.2. Geliştirilen pülverizatör sistemi .....	24
3.1.3. Sistemin genel kontrol ünitesi .....	30
3.1.4. Üç yollu selonoid valf ve püskürtme memeleri .....	31
3.1.5. Bum kanatları .....	32
3.1.6. Dijital renkli kamera ve lens .....	32
3.1.7. Radar hız sensörü .....	34
3.1.8. PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) .....	35
3.1.9. Traktör ve ön test alanı .....	36
3.1.10. Mısır arazisi .....	36
3.2. Yöntem .....	37
3.2.1. Video görüntülerin Matlab ortamına aktarılması .....	39
3.2.2. Elde edilen görüntülerin renk kanallarına ayrılması .....	40
3.2.3. Gri seviye dönüşümü .....	43
3.2.4. Global eşikleme ile binary görüntünün elde edilmesi .....	45



3.2.5. Otsu eşik belirleme yöntemi .....	46
3.2.6. Matlab-PLC arası OPC haberleşme ve yapılandırma ayarları.....	52
3.2.7. Traktör hızının okunması .....	58
3.2.8. Morfolojik İşlemler.....	60
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	64
4.1. Mısır Bitkisi ve Yabancı Otların Sınıflandırılması.....	64
4.2. PLC Programının Geliştirilmesi .....	67
4.3. Ön Testler .....	72
4.4. Arazi Testleri .....	76
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	85
KAYNAKLAR.....	88
EKLER .....	95
ÖZGEÇMİŞ.....	105

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye'de pestisit kullanımı .....	2
Şekil 1.2. Mısır bitkisi organları .....	6
Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum .....	8
Şekil 1.4. Tek görüntüleme algılayıcısı (a), satır algılayıcı (b) ve dizi algılayıcı (c) .....	9
Şekil 1.5. Örnek bir sayısal görüntü elde etme süreci .....	10
Şekil 1.6. Sayısal bir görüntünün oluşturulması.....	11
Şekil 1 7. PLC'nin genel yapısı .....	12
Şekil 2.1. Debi kontrollü pülverizatör .....	16
Şekil 2.2. Direkt enjeksiyon sistemi .....	17
Şekil 2.3. Taşıyıcı kontrollü direkt enjeksiyon modeli.....	17
Şekil 2.4. Yerel sensör tabanlı hassas ilaçlama kontrol sistemi .....	18
Şekil 3.1. Yerel sensör tabanlı hassas ilaçlama kontrol sistemi .....	24
Şekil 3.2. Oluşturulan pülverizatör sisteminin yapısı.....	25
Şekil 3.3. Debi kontrol sisteminin genel yapısı .....	26
Şekil 3.4. Debi kontrol sistemi .....	26
Şekil 3.5. Ana valf .....	27
Şekil 3.6. Elektromanyetik akış metre .....	27
Şekil 3.7. İndüktif sensör ile tekerlekten hız bilgisinin alınması.....	28
Şekil 3.8. Oransal valf .....	29
Şekil 3.9. Bölüm valfleri .....	29
Şekil 3.10. Debi kontrol sistemi bilgisayarı .....	30
Şekil 3.11. Sistemin genel kontrol ünitesi .....	31
Şekil 3.12. Selenoid valf ve püskürtme memeleri .....	32
Şekil 3.13. Pülverizatör bum kanatları .....	32
Şekil 3.14. Dijital renkli kamera (a) ve lens (b) .....	33
Şekil 3.15. Çalışmada kullanılan kameranın kuantum verimliliği .....	34
Şekil 3.16. Radar hız sensörü .....	34
Şekil 3.17. Hız sensörü çıkış sinyal genliğinin yükseltilmesi .....	35
Şekil 3. 18. S7- 1200 PLC .....	35
Şekil 3.19. Ön test alanı.....	36
Şekil 3.20. Tarla denemelerinin yapıldığı mısır arazisi.....	36
Şekil 3.21. Tarla pülverizatörü kontrol sistemi bileşenleri ve bağlantı durumları .....	37

Şekil 3.22. Kamera verileri doğrultusunda yabancı ot yoğunluğunu belirleme ve değişken düzeyli uygulama sisteminin algoritması .....	38
Şekil 3.23. Matlab görüntü alma araç kutusu .....	39
Şekil 3.24. RGB birim küpü taslak çizimi (a) ve RGB renk küpü (b) .....	40
Şekil 3.25. Mısır arazisine ait görüntünün RGB kanallarına ayrılması.....	41
Şekil 3.26. Çalışma esnasında elde edilen orijinal görüntünün RGB kanallarına ait histogramlar .....	42
Şekil 3.27. Yakın mesafeden elde edilen görüntünün RGB kanallarına ait histogramlar ...	42
Şekil 3.28. Ortalama gri seviye dönüşümü $((R+G+B)/3)$ .....	44
Şekil 3.29. Standart gri seviye dönüşümü $(0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B)$ .....	44
Şekil 3.30. Yeşil kanal değeri baskın gri seviye dönüşümü $(2*R-G-B)$ .....	45
Şekil 3.31. Eşikleme için dönüşüm fonksiyonu .....	46
Şekil 3.32. Otsu eşik belirleme algoritması .....	50
Şekil 3.33. Orijinal görüntü (a), gri seviye görüntü (b), binary (ikili) görüntü (c).....	51
Şekil 3.34. OPC'den önce donanım-uygulama arası yapı .....	53
Şekil 3.35. OPC kullanımı ile donanım-uygulama arası yapı .....	53
Şekil 3.36. PG/PC arayüz bağlantı ayarı .....	54
Şekil 3.37. Tia Portal içerisinde PC istasyonunun oluşturulması.....	55
Şekil 3.38. PC istasyonu PLC CPU'sunun S7 haberleşme yapılandırması.....	55
Şekil 3.39. OPC Scout arayüzü .....	56
Şekil 3.40. OPC nesnelere hiyerarşik yapısı .....	56
Şekil 3.41. Matlab OPC araç kutusu bağlantı ayarları .....	58
Şekil 3.42. Matlab- PLC gerçek zamanlı haberleşme komutları.....	58
Şekil 3.43. Hızlı sayıcı fonksiyon.....	59
Şekil 3.44. Yapısal elamanlar; kare (a), bir komşulu disk (b), dikey çizgi (c).....	60
Şekil 3.45. Aşındırma işlemi .....	61
Şekil 3.46. 8 bağlantılı bir yapısal elaman kullanarak aşındırma işlemi sonucunda ön plan nesnelere küçülmesi ve arka plan bölgelerinin artması.....	62
Şekil 3.47. Genişletme işlemi.....	63
Şekil 3.48. 8 bağlantılı bir yapısal elaman kullanarak genişletme işlemi sonucunda ön plan nesnelere genişlemesi ve arka plan bölgelerinin azalması .....	63
Şekil 4.1. Farklı açı ve boyutlardaki yapısal elemanlar; 90° açılı ve 9 piksel uzunluk (vertical) (a), 0° açılı ve 9 piksel uzunluk (horizontal) ve 45° açılı, 3 piksel uzunluk (c) ..	64

Şekil 4.2. Binary görüntünün 9x1 piksel boyutlarında bir yapısal elaman ile genişletilmesi .....	65
Şekil 4.3. Yabancı otların elde edilmesi .....	66
Şekil 4.4. Yabancı otların belirginliğinin arttırılması.....	66
Şekil 4.5. Yabancı otları içeren görüntünün 3 bölgeye ayrılmış hali .....	67
Şekil 4.6. Ön testlerde kullanılan nesnelere arası mesafenin 1.5 m'den daha az olduğu durum.....	68
Şekil 4.7. Ön testlerde kullanılan nesnelere arası mesafenin 1.5 m'den daha fazla olduğu durum.....	68
Şekil 4.8. Ön testlerde kullanılan nesne uzunluğunun 4.60 m'den daha fazla olduğu durum .....	69
Şekil 4.9. Görüntü alanının 1. bölgesine ait PLC programı .....	70
Şekil 4.10. Testlerde kullanılan nesnelere düz sıra şekilde yerleşimi.....	72
Şekil 4.11. Testlerde kullanılan nesnelere farklı kombinasyonlardaki yerleşimi .....	74
Şekil 4.12. Ara mesafeleri 1 m'den daha kısa olarak yerleştirilen nesnelere uygulamanın gerçekleştirilmesi.....	75
Şekil 4.13. Tekli ve birbirine yakın uzun bir şerit halinde yerleştirilen nesnelere uygulamanın gerçekleştirilmesi.....	75
Şekil 4.14. Arazi testleri .....	77
Şekil 4.15. Uygulama doğruluk testi (Yabancı ot yoğunluğunun eşik değerden fazla olduğu bölgeye yerleştirilen test kağıdı (a), yabancı ot yoğunluğunun eşik değerden az olduğu bölgeye yerleştirilen test kağıdı (b), yerleştirildiği bölgede yabancı ot yoğunluğu eşik değerden az olduğu halde üzerine uygulama gerçekleştirilen test kağıdı (c)).....	78

## ÇİZELGELER DİZİNİ

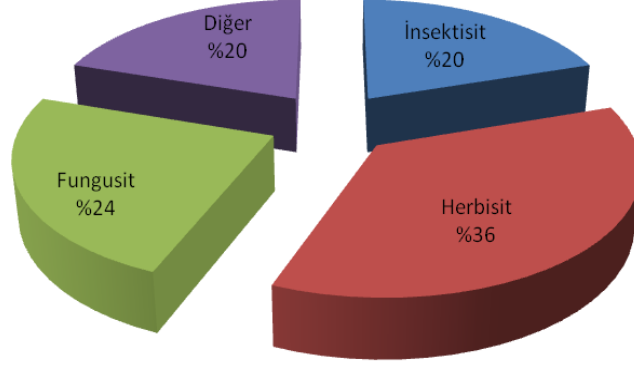
	<b><u>Sayfa No</u></b>
Çizelge 1.1. Bazı ülkelerde mısır ekiliş, üretim ve verim durumu .....	4
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kameranın teknik özellikleri .....	33
Çizelge 3.2. Traktör hızına bağlı hız sensörü çıkış frekans değerleri ve gecikme süreleri...	60
Çizelge 4.1. Traktör çalışma hızı ve düz sıra halinde yerleştirilmiş nesnelere mesafelere bağlı olarak püskürtme başlangıç zamanları arasındaki farklar .....	73
Çizelge 4.2. Traktör çalışma hızı ve farklı kombinasyonlarda yerleştirilen nesnelere mesafelere bağlı olarak püskürtme başlangıç zamanları arasındaki farklar .....	74
Çizelge 4.3. Nesnelerin önce 4 m sonra 0.5 m aralıklarla yerleşimindeki uygulamaya ait zamanlar ve item değerleri.....	76
Çizelge 4.4. Püskürtme memelerinin farklı basınçlardaki debi değerleri.....	77
Çizelge 4.5. Test kağıtları ile yapılan uygulamaların doğruluk oranları .....	79
Çizelge 4.6. Klasik uygulama yönteminde uygulanan hacimler ve norm değerleri .....	80
Çizelge 4.7. Kamera verilerine bağlı değişken düzeyli uygulama yöntemi hacimleri .....	81
Çizelge 4.8. Klasik uygulama yöntemi ile kamera verilerine bağlı değişken düzeyli uygulama yöntemi hacimlerinin karşılaştırılması.....	81
Çizelge 4.9. Hız değişkenine bağlı uygulama yöntemine ait hacimler ve norm değerleri ...	82

## 1. GİRİŞ

Mısır tarlalarındaki yabancı otlar, genellikle mısırla beraber çimlenip gelişerek büyümeye başlarlar. Topraktaki besin maddeleri, su, ışık ve oksijen yönünden mısırla rekabet ederler. Hatta yabancı otlar ortama daha çabuk adapte olduklarından mısırdan daha hızlı gelişerek, topraktan daha fazla su ve besin maddesi kaldırır. Mısır, yabancı otların rekabetine çok hassas bir bitkidir. Özellikle ekimden itibaren ilk 2 aylık devre yabancı ot rekabetinin en fazla olduğu bir dönemdir. Bu dönemde, yabancı otlar gelişmelerinin %15-18'ini, mısır ise %2-3'ünü tamamlar ve ürün kaybı da %20-30 düzeyindedir. Mısır tarlalarında yabancı otlar çapa ve hasadı güçleştirmek suretiyle de fazla iş gücü kaybına neden olurlar (Aydemir ve Karaoğlu, 2008).

Yabancı ot mücadelesinde, kısa sürede etki göstermesi ve insan işgücünü azaltması gibi nedenlerden dolayı günümüzde tarımsal üretimde en fazla kimyasal mücadele yöntemi tercih edilmektedir. Söz konusu kimyasalların geleneksel yöntemlerle tüm araziye tekdüze bir şekilde uygulanması ile hedef olmayan alanlar ilaçlanmakta ve böylece ilaç kullanım miktarı önemli ölçüde artmaktadır. Kimyasal mücadelede ilaç artıklarının neden olduğu etkilerin azaltılması, kullanılan ilacın amaca uygun ve daha etkili şekilde hedef yüzeylere yerleştirilmesi kuşkusuz daha duyarlı teknikleri gerektirir. Günümüz teknolojisindeki hızlı gelişmelere paralel olarak kimyasal mücadele yönteminde önemli gelişmeler olmuştur. Bu gelişmeler, hem çok sayıda yeni ve etkili ilaç formülasyonların bulunmasında, hem de bu formülasyonların bitkiye iletilmesinde kullanılan ilaçlama makinalarının uygulama etkinliklerinin iyileştirilmesine neden olmuştur (Çilingir ve Dursun, 2010).

Yabancı otlarla mücadelede, kimyasal mücadelenin alternatifinin çok fazla olmaması, uygulanabilirliğinin kolay olması, kısa sürede etki göstermesi, ekolojik koşullardan çok fazla etkilenmemesi ve diğer yöntemlere göre maliyetinin az olması en çok tercih edilen yöntem olmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan, yeni tarım tekniklerinin hızlı değişimiyle birlikte insan işgücünün pahalılaşması, herbisit kullanımının artmasına neden olmuş, buda beraberinde birçok yeni çevre problemi getirmiştir. Aşırı herbisit kullanımının toprakta, suda ve yiyeceklerde kalıntı sorunu yaratmasıyla insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşması, hedef dışı canlı organizmalara etki etmesi, çevre kirliliği yaratması ve florada değişikliklere yol açması sonucu bunların kullanımına kısıtlama getirilmek istenmektedir (Thonke, 1991). Türkiye’de 2013 yılı itibari ile pestisit kullanım dağılımı Şekil 1.1’de görülmektedir. Buna göre herbisit kullanımı %36’lık oranla ilk sırada yer almaktadır.



Şekil 1.1. Türkiye'de pestisit kullanımı (Türktemel, 2014)

Tarımsal üretim girdilerinin çevreye olan etkileri ve girdi maliyetlerinin azaltılması yönündeki baskılar gelişen teknolojiyle birlikte gittikçe artmaktadır. Bu baskı tarım arazilerinin fiziksel ve coğrafi değişkenlikleri, tekdüze olmayan toprak, ürün ve çevre faktörleri, girdilerin çevreye etkisi ve maliyetlerinin yükselmesi karşısında artan bir yoğunluk göstermektedir. Hassas tarım, girdilerin etkin (gerektiği miktarda) kullanımıyla ekonomikliği sağlamayı ve bu yolla çevreye olan etkilerini azaltmayı öngörmektedir. Bu durum aynı zamanda ürün kalitesinde de tekdüzeliğin sağlanmasına katkıda bulunabilmektedir (Vatandaş ve ark., 2005).

Bu noktada üstesinden gelinmesi gereken ilk sorun, arazi üzerinde yabancı otların kültür bitkisinden ayrılması ve yabancı otların bulunduğu noktaların belirlenmesidir. Günümüzde kameralar ve spektral sensörler kullanılarak, farklı tür bitkilerin yetiştirildiği arazi görüntüleri kullanılarak, bilgisayar ortamında bazı görüntü işleme teknikleri yardımıyla yabancı ot denetim sistemleri geliştirilmiştir bunlardan bazıları; a) Morfolojik işlemler (Woebbecke ve ark., 1995.; Kamal ve ark., 2012. ; Burgos Artizzu ve ark., 2011. ; Hlaing ve Khaing., 2014), b) Dalgacık dönüşümü (Tian ve ark. 2000. ; Bossu ve ark., 2009), c) Yapay sinir ağları (Cho ve ark., 2002. ; Hong ve ark., 2011.; Tang ve ark., 2013), d) Özellik eşleme (Liu ve ark., 2013), e) Hough çizgi dönüşümü (Romeo ve ark., 2013), f) Renk analizi (Orhan, 2011.; Öрге, 2012.; Scholz ve ark., 2014)'dir.

### 1.1. Mısır Bitkisi (*Zea mays* L.)

#### *Üretim ve verim*

Buğdaygiller familyası içerisinde yer alan mısır, tek yıllık bir sıcak iklim tahıl bitkisidir. Tropik ve subtropik ılıman iklim kuşağında yetiştirilebildiği gibi, dünyanın hemen her yerinde tarımı yapılabilmektedir. 2014 yılı verilerine göre, dünya'da toplam 1.5

milyar hektar tarım alanının yaklaşık 712 milyon hektarında tahıl ekimi yapılmıştır. Bu alanın 183 milyon hektarında mısır yetiştirilmiştir. Mısırın tahıl ekiliş alanı içindeki payı ise % 25.7 olmuştur (FAO, 2017).

Mısır bitkisinin iki organından yararlanır. Bunlar; mısırın tanesi ve otsu gövdesidir. Mısırın taneleri insan beslenmesinde doğrudan kullanıldığı gibi (ekmek yapımı ve çerezlik olarak), yemeklik sıvı yağ, nişasta, glikoz ve yem sanayiinde de değerlendirilir. Otsu gövdesi ise hayvan yemi olarak kullanılmaktadır.

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2014 yılı verilerine göre, dünya`da 2.7 milyar ton tahıl üretimi içinde, mısır üretim miktarı 1 038 281 000 tondur. Mısırın toplam tahıl üretimi içindeki payı ise % 38.1`dir. Dünya`da ekiliş alanı bakımından buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırada gelen mısır, üretim miktarı açısından birinci sıradadır. En fazla mısır üreten ülkeler; ABD, Çin, Brezilya, Arjantin, Meksika, Hindistan, Endonezya`dır (Çizelge 1.1). Türkiye üretici ülkeler arasında 24. sırada gelmektedir. Son 10 yıllık süreçte dünya`da mısır ekim alanları % 24, üretim ise % 42.3 oranında artmıştır (ZMO, 2017).

Türkiye`de tahıllar içinde buğday ve arpadan sonra en geniş ekim alanına sahip sıcak iklim tahılı mısırdır. Mısır tarımı, Akdeniz Bölgesi, Karadeniz Bölgesi, Marmara, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri içinde yaklaşık 60 ilimizde yapılmaktadır. Üretim özellikle Adana, Mardin, Şanlıurfa, Sakarya, Osmaniye, Manisa, Mersin, Kahramanmaraş, Konya, Bursa, Aydın, İzmir, Samsun, Diyarbakır ve Hatay illerinde yoğunlaşmıştır. Ülkemizdeki mısır ekim alanlarının % 68`ini tanelik, % 32`sini silajlık mısır ekim alanları oluşturmaktadır. Çukurova, Amik Ovası ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi`nde yetiştirilen mısır ise pamuk, buğday ve yağlı tohumlarla münavebeli olarak ekilmektedir.



Çizelge 1.1. Bazı ülkelerde mısır ekiliş, üretim ve verim durumu (FAO, 2017)

Ülkeler	Ekim alanı (ha)	Üretim (Ton)	Verim (kg/da)
A.B.D	33.644.310	361.091.140	1.073
Çin	37.150.395	215.812.100	581
Brezilya	15.432.909	79.881.614	518
Meksika	7.060.245	23.273.257	330
Hindistan	9.258.000	23.670.000	256
Arjantin	4.836.655	33.087.165	684
G. Afrika Cumhuriyeti	2.688.200	14.250.000	530
Romanya	2.504.419	11.988.553	478
Nijerya	5.849.800	10.790.600	184
Endonezya	3.837.019	19.008.426	495
Türkiye	655.663	5.950.000	907
Toplam	122.917.615	798.802.855	549

### *İklim istekleri*

Normal olarak mısır bitkisi 10-11 °C'de çimlenmeye başlayabilmektedir. 5-10 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı 15 °C'ye ulaştığında çimlenme olayı hızlanır. Çimlenme sırasında, kök ve sap uzama miktarı ile sıcaklığın 10-30 °C arasında yer almasıyla doğrusal ilişkisi vardır. Sıcaklık 32 °C'ye ulaştığında kök ve sap uzamasında ani bir azalma görülür ve sıcaklık 40 °C'ye ulaşınca çimler ölür. Öte yandan sıcaklık 9 °C'nin altına düşerse de kök uzaması durur. Mısır üretimi için ideal sıcaklık 24-32 °C'ler arasındadır. Mısır bir sıcak iklim bitkisi olmasına rağmen aşırı sıcaklık isteyen bir bitki değildir. Sıcaklık 38 °C'ye ulaştığında sulama şartlarında bile transpirasyonla kaybettiği suyu kökler vasıtasıyla karşılayamaz. Bitki turgoritesini kaybeder. Bu durum bir kaç gün devam ederse hücre yapısı esnekliğini kaybeder ve tekrar eski formuna dönemez. Mısır bitkisi diğer birçok tahıllara göre, suyun hem az oluşuna ve hem de aşırılığına hassastır. Mısır, büyüme sezonu süresince büyük miktarda organik madde miktarı oluşturur ve dolayısıyla su ihtiyacı yüksektir. Mısır bitkisinin iyi bir verim için yetişme dönemi boyunca topraktan yaklaşık 500 mm su alması gerekmektedir. Mısırın yetişme süresince suya duyduğu gereksinim gelişme dönemlerine göre farklılık göstermektedir. Bitkinin 70-80 cm boy aldığı ilk

gelişme döneminde günlük su tüketimi sıfırdan yaklaşık 4.75 mm ye kadar yükseldiği gibi dölleme periyodunda bu artış 8.8 mm ye ulaşır. Ortamda sıcaklık yüksek, rutubet düşükse maksimum rakam 10 mm ye ulaşabilir. Mısır bitkisinin büyümesi ve gelişmesi için temel enerji kaynağı ışıktır. Gün uzunluğu ve güneş ışığının miktarı büyüme sezonunun uzunluğunu belirler. Döllemeden sonraki ilk birkaç gün, verimi etkileyen diğer faktörler gibi ışıklanma açısından da bitkiler için kritik bir havanın veya oldukça sık bir ekimin neden olduğu bir gölgelenmeden dolayı bitki protein ve şekeri az kullanacağından, koçandaki taneler döllemesine rağmen tam dolmaz ve gelişmeleri geri kalır. Mısır bitkisi gölgeye çok hassastır. Işık yoğunluğunun % 30 – % 40 azalması olgunlaşmayı 5 – 6 gün geciktirir. Mısır bitkisinin polenleri havayla taşındığından rüzgar önemlidir. Hasada yakın güçlü rüzgarlar yatmaya neden olabilir. Özellikle dölleme, buharlaşma ve bitkinin yatması üzerinde etkili olmakta ve dolayısıyla verime de etkilemektedir (ZMO, 2017).

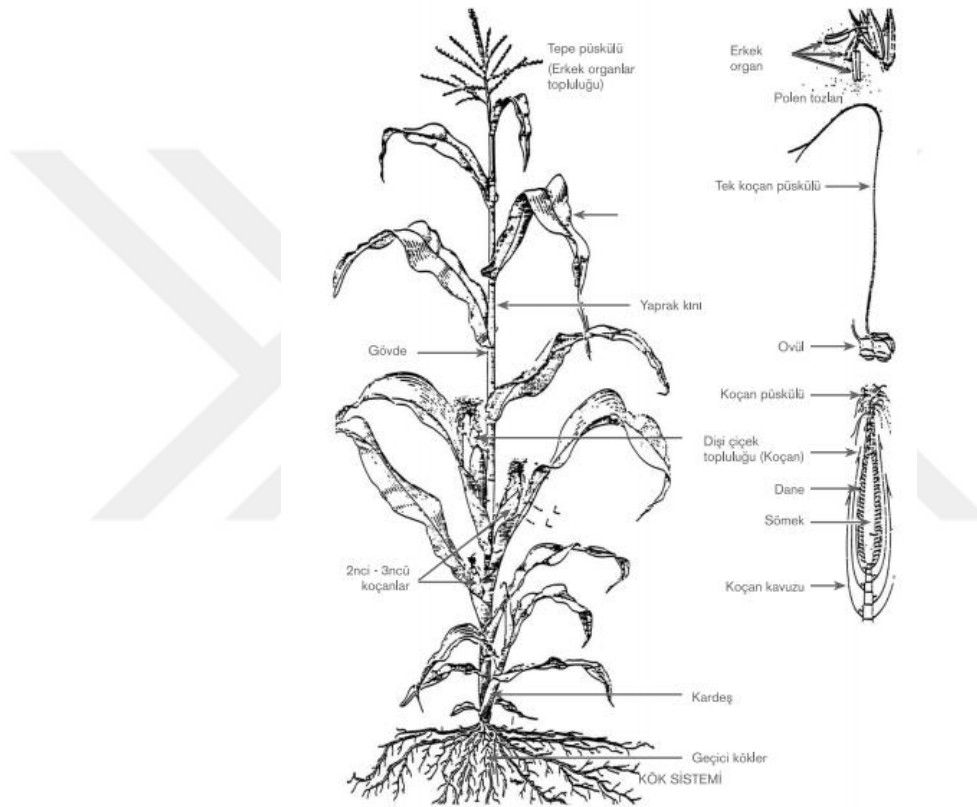
### ***Toprak istekleri ve ekim işlemi***

Mısır bitkisi için ideal toprak; drenajı iyi, yüksek su tutma kapasitesine sahip, çabuk ısınabilen ve pH'sı 5.5 – 8 arasında olan topraklar olmalıdır. En iyi pH derecesi 6-7 arasında olan topraklardır. Mısır tuzluluğa karşı çimlenme döneminde oldukça dayanıklıdır. Ancak tuzluluğun artması çimlenmeyi geciktirir. Bununla beraber mısır tuza ve tuzlu sulama suyuna hassas bir bitkidir. Ekim işlemi, çimlenmenin iyi bir şekilde olabilmesi için toprağın 9-10 cm derinliğindeki sıcaklığın 12 - 13 °C' ye ulaştığı dönemde yapılması gereklidir. Pnömatik ekim makineleri ile ekim işlemi gerçekleştirilir. Mısır yetiştiriciliğinde birim alandaki bitki sayısının belirlenmesinde; dar yapraklı ve yaprak alanı geniş olmayan genotipe sahip çeşitlerde birim alandaki bitki sayısını arttırmak, kısa boylu çeşitlerde ise uzun boylu çeşitlere oranla daha dar sıra arası ile ekmek ışıktan daha iyi yararlanmayı sağlamaktadır. Ana ürün tane üretim amaçlı mısır ekiminde genel ölçüler şöyledir; sıra arası 70 cm, sıra üzeri 20-22 cm, ekim derinliği 6-8 cm, dekara atılan tohum 2-2.5 kg'dır. Buna göre dekardaki bitki sayısı 6500- 7500 adet'tir. Ana ürün silaj amaçlı ekimlerde ise seçilen çeşidin morfolojik özellikleri dikkate alınarak (dik yapraklı çeşitler) sıra arası 70 cm, sıra üzeri 15-18 cm olabilir (ZMO, 2017).

### ***Yapısal özellikleri***

Mısır bitkisi kuvvetli bir saçak kök yapısına sahiptir. Bitki, gövdesi üzerindeki toprağa yakın olan nodyumlardan havai kökler oluşturur. Bu havai kökler toprakla örtülürse hemen gelişerek topraktaki besin maddelerinden yararlanırlar. Mısır kuvvetli kök

yapısıyla toprağın 40-50 cm derinliğine kadar olan tüm hacimdeki besin maddelerinden yararlanır. Mısır gövdesi, çeşitlere ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak 3 metreye kadar boy alabilen, her nodyumundan bir yaprak çıkan, içi mürver özü yapısında dış kısmı parlak boyuna çizgili, bitki 40-50 cm boyda iken çok kırılgan daha sonra ise oluşan selülozik yapı nedeniyle dayanıklılık kazanan bir yapıdadır. Gövdenin son nodyumu erkek çiçek demeti ile son bulur. Mısır ender olarak dallanır, çok gövdeli büyür (TAGEM, 2017). Bitki tohumlarını olgunlaştırdığında gövde kurur. Şekil 1.2’ de mısır bitkisi organları görülmektedir.



Şekil 1.2. Mısır bitkisi organları (TAGEM, 2017)

### ***Mısır bitkisinde yabancı otlar***

Yabancı otlar dünya genelinde yabancı ot kontrolü yapılmadığında ortalama %29.2 ve yabancı ot mücadelesi yapıldığında bile %12.8 verim kayıpları oluşmasından dolayı mısırdaki ürün kayıplarına yol açan en önemli faktörlerden birisidir. Bu nedenle yabancı ot kontrolü mısır üretiminde optimum ürün elde edilebilmesi açısından önemli bir faktördür. Ürün kayıpları yabancı ot türleri, yabancı ot yoğunluğu, yabancı ot dağılımı, toprak yapısı, toprak nemi ve topraktaki organik madde miktarı gibi birçok faktöre bağlıdır. Mısırdaki yabancı ot kontrolü hem mekaniksel hem de kimyasal olarak yapılmaktadır. Mısırdaki sıra

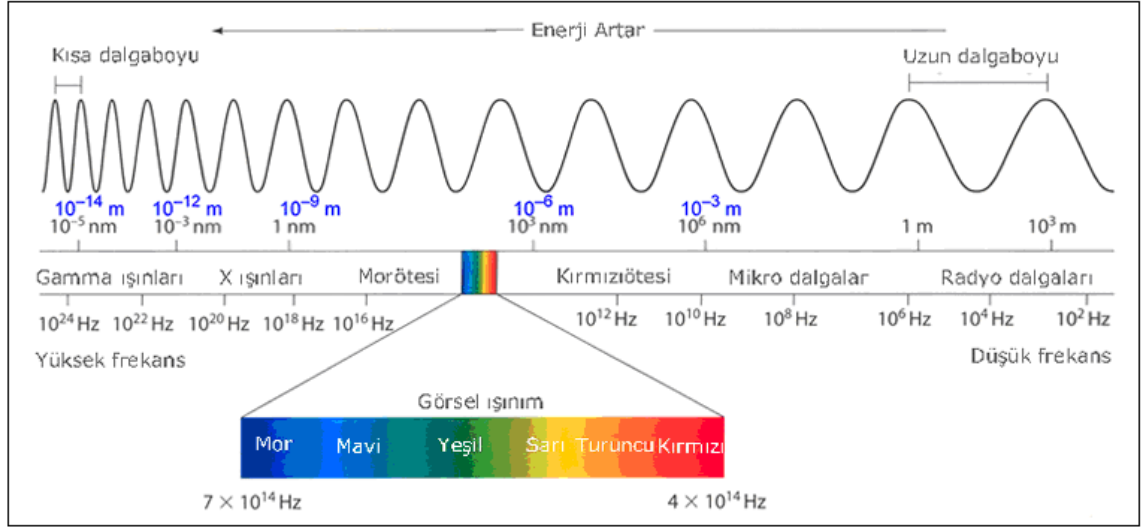
üzerindeki yabancı otlar el veya herbisitle ortadan kaldırılırken, sıra arasındakiler ise genellikle mekanik yöntemlerle ortadan kaldırılmaktadır. Her iki yöntemde yabancı ot kontrolünde etkili olmasına rağmen, üretim masraflarını arttırmaktadır (Doğan ve ark., 2004).

Yabancı ot mücadelesinin doğru yöntem ve doğru zamanda yapılmadığı durumlarda, mısırdan dane verimi ve biyomasında zararlara yol açmaktadır. Mısırdan etanol üretimi için dane verimi ve kalitesi önemli olduğu kadar, bitki artıkları da önemlidir. Bundan dolayı oluşacak olan herhangi bir kayıp, enerji üretim amacıyla kullanıldığında üretim miktarında azalmaya neden olacaktır. Bu nedenle mısırdan yabancı ot mücadelesi enerji üretimi açısından da önemlidir. Mısır üretim alanlarında birçok dar ve geniş yapraklı yabancı ot türleri sorun oluşturmaktadır.

Türkiye’de mısır ekim alanlarında sorun olan yabancı otlar; Benekli darıcan (*Echinochloa colonum* L.), Boz otlar (*Heliotropium* spp.), Darıcan (*Echinochloa crusgalli* L.), Demir diken (*Tribulus terrestris* L.), Geliç (*Sorghum halepense* L.), Horoz ibiği, (*Amaranthus* spp.), İmam pamuğu (*Abutilon theophrasti* Medik.), Köpek dişi ayrığı (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), Köpek üzümü (*Solanum nigrum* L.), Pıtrak (*Xanthium strumarium* L.), Semiz otu (*Portulaca oleracea* L.), Sirken, kazayağı (*Chenopodium* spp.), Su ayrığı, çatalotu (*Digitaria* spp.), Tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), Topalak (*Cyperus rotundus* L.), Yapışkan ot (*Setaria* spp.)’dur (Bükün, 2011).

## 1.2. Işık ve Elektromanyetik Spektrum

Sir Isaac Newton 1666 yılında bir güneş ışığı demetinin cam prizmadan geçirildiğinde, ortaya çıkan ışık demetinin beyaz değil bir taraftan mor renkten diğer tarafa kırmızı renge kadar uzanan sürekli bir spektrumdan oluştuğunu keşfetmiştir. Şekil 1.3’te görüldüğü gibi, görünür ışıkta algıladığımız renk yelpazesi elektromanyetik spektrumun çok küçük bir kısmını temsil etmektedir. Spektrumun bir ucunda dalga boyları görünür ışıktan milyonlarca defa daha kısa gama ışınları bulunmaktadır. Diğer ucunda ise dalga boyları görünür ışıktan milyonlarca uzun olan radyo dalgaları bulunmaktadır (Gonzalez ve Woods, 2014).



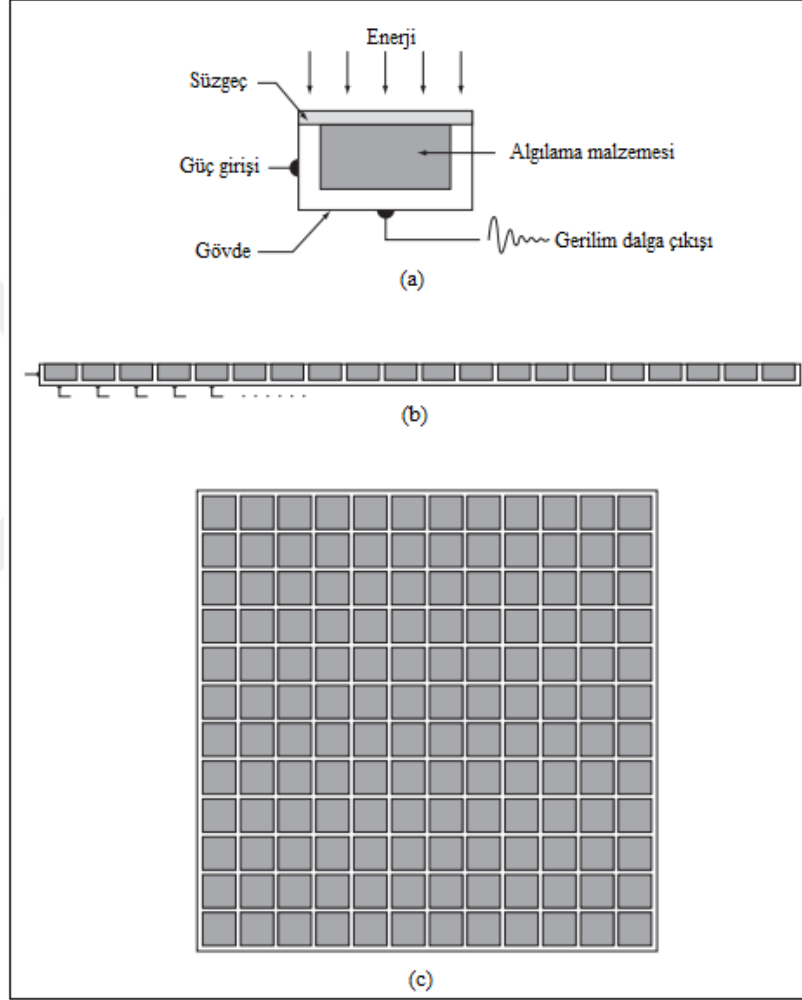
Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum (Başkurt, 2017)

Elektromanyetik spektrumun görünür bantı yaklaşık olarak 430 nm'den (mor) 790 nm'ye (kırmızı) kadar bir aralığı kapsamaktadır. İnsanların bir nesnede algıladığı renkler nesneden yansıyan ışığın doğasıyla belirlenir. Işığın tüm dalga boylarında göreceli olarak dengeli yansıtan bir cisim beyaz olarak görülür. Ancak görünür spektrumun sınırlı bir aralığında yansıma yapan bir cisim bazı renk gölgeleri sergiler. Örneğin yeşil objeler aslında 500-570 nm aralığında ışığı yansıtırken diğer dalga boylarındaki enerjinin çoğunu soğururlar. Renkten yoksun olan ışık ise monokromatik ışık olarak adlandırılmaktadır. Monokromatik ışığın tek özelliği yeğlinliği veya miktarıdır. Çünkü monokromatik ışığın yeğlinliği siyahtan griye ve son olarak beyaza değişme olarak algılanır ve gri seviye terimi monokromatik yeğlinliği göstermek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Gonzalez ve Wood, 2014).

### 1.3. Sayısal Görüntünün Oluşumu

Bir görüntü iki boyutlu bir  $f(x, y)$  fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Burada  $x$  ve  $y$  uzamsal (düzlem) koordinatlarıdır.  $f$  fonksiyonunun herhangi bir  $(x, y)$  koordinatındaki genliği görüntünün o noktadaki yeğlilik veya gri seviyesi olarak adlandırılır.  $x$ ,  $y$  ve  $f$ 'nin yeğlilik değerleri hep birlikte sonlu ve ayrık büyüklükte olduğunda görüntü sayısal görüntü olarak adlandırılmaktadır. Sayısal yeğlilik alanı, sayısal bilgisayar aracılığıyla sayısal görüntüleri işleme olarak bilinir. Sayısal bir görüntü sonlu sayıda bileşenden oluşmaktadır ve her bir bileşenin belli bir değeri vardır. Bu bileşenlere resim elemanı, görüntü elemanı, pels ve piksel denir. Piksel sayısal bir görüntünün bileşenlerini göstermede en yaygın şekilde kullanılan terimdir (Gonzalez ve Woods, 2014).

İlgilendiğimiz görüntülerin çoğu bir “aydınlatma” kaynağı ve bu kaynaktan gelen enerjinin görüntülenen “yer”in elemanlarınca yansıtılmasının ya da emiliminin kombinasyonu ile üretilir. Şekil 1.4’te aydınlatma enerjisini sayısal görüntülere dönüştürmek için kullanılan üç temel algılayıcı tertibatını göstermektedir. Gelen enerji, algılanacak belirli bir tipteki enerjiye duyarlı algılayıcı malzeme ve giriş elektrik gücünün kombinasyonu ile bir gerilime çevrilir. Çıkış geriliminin dalga şekli, algılayıcıların cevabıdır ve her bir algılayıcının cevabını sayısallaştırarak sayısal bir nicelik elde edilir.

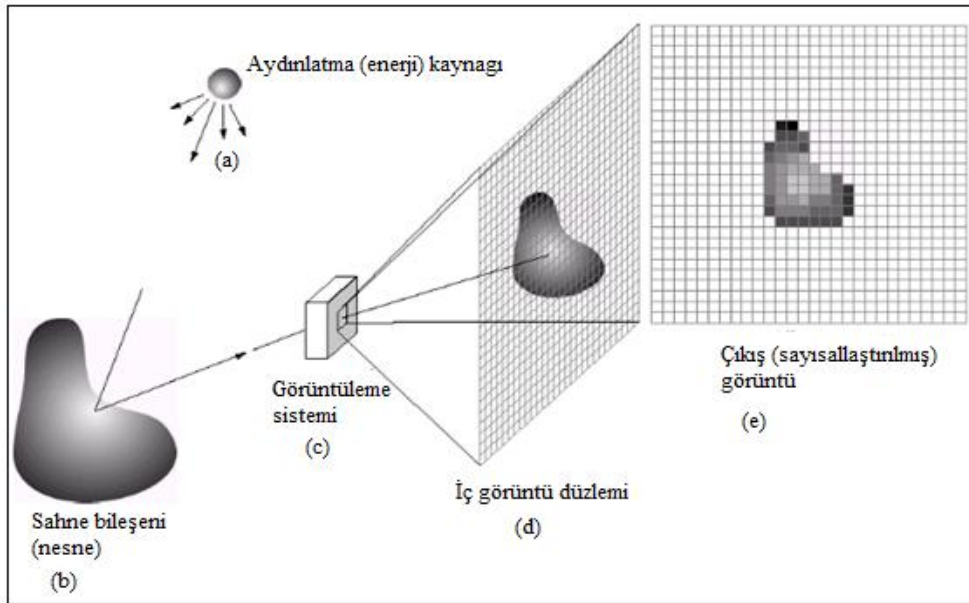


Şekil 1.4. Tek görüntüleme algılayıcısı (a), satır algılayıcısı (b) ve dizi algılayıcısı (c)  
(Gonzalez ve Woods, 2014)

Dizi algılayıcıların kullanıldığı temel biçim Şekil 1.4’te gösterilmektedir. Burada 2 boyutlu dizi biçiminde düzenlenmiş birbirinden ayrı algılayıcılar (c) görülmektedir. Sayısal kameralarda bu düzenek kullanılır. Bu kameralar için tipik bir algılayıcı geniş algılama aralığı özellikleri ile imal edilen ve 4000 x 4000 veya daha fazla elemanlı diziler olarak paketlenen bir CCD dizisidir. Her bir algılayıcının tepkisi yüzeyine yansıtılan ışık enerjisinin integraliyle doğru orantılıdır. Bu özellik düşük gürültülü görüntülere ihtiyaç

duyan astronomik ve diğer uygulamalarda kullanılır. Gürültü azaltma, sensörün giriş ışık sinyalini dakikalar hatta saatler boyunca toplamasıyla başarılır. Şekil 1.4(c)'deki algılayıcı dizisi iki boyutlu olduğu için, tam bir görüntünün, enerji örüntüsünün dizinin yüzeyine odaklanarak elde edilebilmesi bu algılayıcı dizisinin temel üstünlüğüdür.

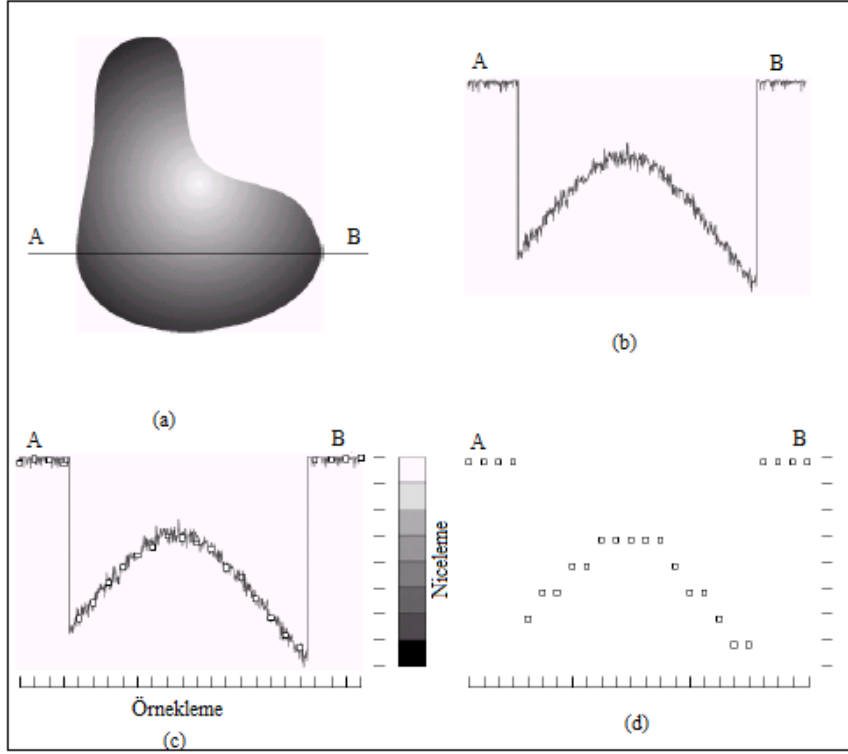
Şekil 1.5, bir sahne elemanından yansıyan bir aydınlatma kaynağından çıkan enerjiyi göstermektedir (enerji sahne elemanlarıyla da iletilebilir). Şekil 1.5(c)'deki görüntüleme sistemi tarafından gerçekleştirilen ilk fonksiyon gelen enerjiyi toplamak ve bir görüntü düzlemine odaklamaktır. Aydınlatma ışık ise, görüntüleme sisteminin ön tarafı, Şekil 1.5(d)'nin gösterdiği gibi, görüntülenen sahneyi lens odak düzlemine yansıtan bir optik lenstir. Odak düzlemiyle çakışık algılayıcı dizisi her bir algılayıcıda alınan ışığın integraliyle doğru orantılı çıktılar üretir. Sayısal ve analog devre sistemleri bu çıktıları tarar ve daha sonra görüntüleme sisteminin diğer bir kısmı tarafından sayısallaştırılan analog sinyale çevirir. Şekil 1.5 (e)'de şematik olarak görüldüğü gibi, çıkış sayısal bir görüntüdür. (Gonzalez ve Woods, 2014).



Şekil 1.5. Örnek bir sayısal görüntü elde etme süreci (Gonzalez ve Woods, 2014)

### 1.3.1. Sayısal görüntünün örnekleme ve nicelenmesi

Sayısal görüntünün oluşturulması için sahne nesnesinden yansıyan sürekli veri sayısal forma dönüştürülmektedir. Şekil 1.6 (a) sayısal forma dönüştürülecek olan sürekli bir f görüntüsünü göstermektedir. Görüntüyü sayısal biçime dönüştürmek için, hem koordinatlarda hem de genlikte örneklenmelidir (Şekil 1.6).



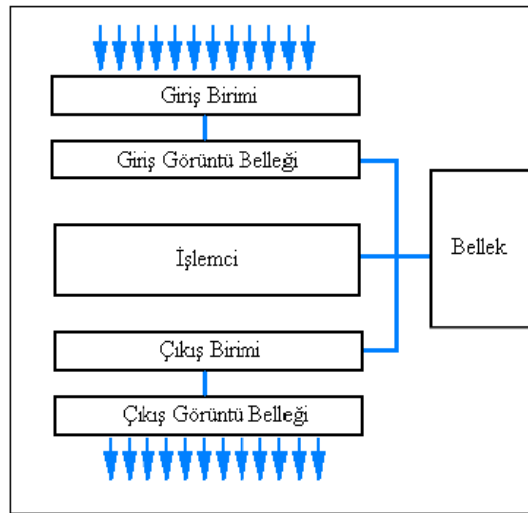
Şekil 1.6. Sayısal bir görüntünün oluşturulması (Gonzalez ve Woods, 2014)

Koordinat değerlerini sayısallaştırma örnekleme, genlik değerini sayısallaştırmak ise niceleme olarak ifade edilmektedir. Şekil 1.6 (b)'deki tek boyutlu fonksiyon, sürekli görüntünün genlik değerinin (yeğlilik seviyesi) Şekil 1.6 (a)'daki çizgi boyunca çizimidir. Rastgele küçük değişimler görüntü gürültüsünden kaynaklanmaktadır. Bu fonksiyonu örnekleme için, Şekil 1.6 (c)'de görüldüğü gibi AB doğrusu boyunca eşit aralıklı örnekler alınmaktadır. Her bir örneğin uzamsal yeri şeklin alt kısmındaki dikey bir kontrol işareti ile gösterilmektedir. Örnekler fonksiyon üzerine oluşturulmuş küçük beyaz kareler olarak gösterilmiştir. Ancak, örneklerin değeri hala dikey olarak sürekli bir yeğlilik değeri kümesi boyunca uzanmaktadır. Sayısal bir fonksiyon oluşturmak için, yeğlilik değerleri de kesikli niceliklere dönüştürülmelidir (nicelenmelidir). Şekil 1.6 (c)'nin sağ tarafı siyahtan beyaza uzanan sekiz kesikli aralığa bölünmüş yeğlilik ölçeğini göstermektedir. Dikey kontrol işaretleri sekiz yeğlilik seviyesinin her birine atanmış belirli bir değeri göstermektedir. Sürekli yeğlilik seviyeleri her bir örneğe sekiz değerden birini atayarak nicelenir. Atama dikey kontrol işaretlerine bir örneğin dikey yakınlığı göz önüne alınarak yapılır. Örnekleme ve niceleme sonucunda ortaya çıkan sayısal örnekler Şekil 1.6 (d)'de görülmektedir. Görüntünün tepesinden (sol üst köşe) başlayarak bu işlemi satır satır uygulamak iki boyutlu bir sayısal görüntüyü oluşturmaktadır (Gonzalez ve Woods, 2014).



#### 1.4. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)

PLC (Programmable Logic Controller - Programlanabilir Mantıksal Denetleyici), endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemleri için geliştirilmiş, özel amaçlı bir sayısal kontrolördür ve modern teknolojide yaygın olarak kullanılan bir kumanda tekniğidir. İçerisinde EEPROM programlayıcılar ve PIC işlemciler bulunmaktadır. PLC Teknolojisi, çok karmaşık olan otomatik kontrol sistemlerini geliştirmekte ve çözümünü kolaylaştırmaktadır. PLC; çok çeşitli ve çok sayıda kumanda elemanını içinde barındırmakta, çok değişik komutlarla bu elemanları çalışır hale getirmekte ve çıkış birimine bağlanan elektrik motoru, selenoid valf, gibi çok değişik yükleri amaca uygun olarak çalıştırmaktadır. Bilgisayar komutlu PLC'lerde; bilgisayar teknolojisi ile kumanda teknolojisi birleşmekte, matematiksel işlemler lojik (mantıksal) olarak yapıp daha sonra elektriksel kumanda sistemlerine çevrilerek kullanılmaktadır. Klasik kumanda sistemlerinde çözümü çok zor olan ya da çözülemeyen otomatik kumanda sistemlerinin çözümü PLC'de kolayca gerçekleştirilebilmektedir. PLC cihazının; kullanım, tamir, bakım kolaylıkları gibi özelliklerinin olması kullanım alanını arttırmıştır (Çetin, 2004). Şekil 1.7' de PLC'nin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 1 7. PLC'nin genel yapısı

PLC'yi oluşturan birimlere ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur (Kaymak ve Şahin, 2008).

##### ***Giriş birimi:***

Kontrol edilen sistemle ilgili algılama ve kumanda elemanlarından gelen elektriksel işaretleri lojik gerilim seviyelerine dönüştüren birimlerdir. Kontrol edilen sisteme ilişkin basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları gibi elemanlardan gelen iki değerli işaretler (0 veya 1)

giriş birimi üzerinden alınır. Gerilim seviyesi değerleri 24 V, 48 V, 100-120 V, 200-240 V doğru veya alternatif akım olabilir. Ayrıca analog giriş modülleri, analog girişlerden alınan analog akım ve gerilimleri alarak, bir Analog Digital Konvertör (ADC) aracılığıyla dijital data formuna dönüştürür. Burada dönüşüm seviyeleri analog sinyal ile orantılı olarak 12 bit binary veya 3 dijital BCD (Binary Coded Decimal) kodlu değer olarak ifade edilir. Analog sensör elemanları, ısı, ışık, hız, basınç, nem sensörleri gibi dönüştürücülerdir (transdüserlerdir). Bütün bu algılayıcılar analog girişe bağlanmaktadır.

#### ***Giriş görüntü belleği:***

Programın yürütülmesi süresince giriş birimindeki işaret durumlarının (var-yok) saklandığı özel bir bellek alanıdır. Her çevrimin başlangıcında giriş birimindeki değerler yeniden alınır ve bu değerler bir çevrim süresince değişmez.

#### ***Merkezi işlem birimi (CPU):***

Kontrol komutlarının yorumlanmasını, yürütülmesini ve veri saklama işlemleri için ve bu işlemler için gerekli olan aritmetik, mantık ve denetim işlerini içeren birimdir. Giriş birimi yardımıyla kontrol edilen sistemden gelen veriler mikroişlemciye gelir ve bu veriler program belleğindeki programa göre işlendikten sonra çıkış verilerini kontrol edilen sisteme çıkış birimi üzerinden gönderirler. Merkezi işlem, kontrol kararlarını mikroişlemci içerisindeki register üzerinden verir. Verilen kararlar çıkış arabirimine aktarılırken merkezi işlem birimi bu kararları program belleğinde bulunan programa bağlı olarak alacak ve programın yürütülmesi ile ilgili gerekli çıkış arabirimlerini uyaracaktır (Kaymak ve Şahin, 2008).

#### ***Hafıza belleği:***

Data belleği, PLC'nin hafıza alanını oluşturmaktadır. Bu bellek alanında program, veriler, vb. bilgilerin saklanması için RAM (Random Access Memory-Rastgele Erişimli Bellek), EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory-Elektiriksel olarak Silinebilen Programlanabilen ve Sadece Okunabilen Hafıza) entegre devreler kullanılmaktadır. RAM içeriği kolaylıkla değiştirilebilen veya silinebilen bellek alanıdır. RAM'in içerisinde bulunan bilgiler enerji olduğu sürece korunmaktadır. RAM'in enerjisi kesildiğinde içindeki bilgiler silinir (Karayel, 2013).

#### ***Çıkış görüntü belleği:***

Kontrol programının yürütülmesi süresince hesaplanan değerlerin saklandığı özel bir bellek alanıdır. Kullanıcı programının yürütülmesi tamamlandığında giriş birimine transfer edilir ve bir sonraki işleme kadar bu değerler tutulur.

### ***Çıkış birimi:***

Kontrol edilen sistemdeki; kontaktör, röle, selenoid valf gibi kumanda elemanlarını sürmeye uygun donanımda olan birimdir. Bunlar; röle, triyak ya da transistör çıkışlı olabilirler. Özellikle çalışma sırasında çok sayıda yüksek hızlı açma kapama gerektiren durumlarda ve doğru akımda transistörlü, alternatif akımda triyaklı olan çıkışları kullanılır. PLC üzerindeki çıkışlardan büyük akımlar çekilemez. Örneğin kontak çıkışlı devreler 6 A mertebesinde triyak ve transistör çıkışlı devreler 1-2 A düzeyinde yüklenebilir (Kul, 2009)

### **1.5. Matlab Uygulama Geliştirme Ortamı**

Matlab, Mathworks firması tarafından geliştirilen bir uygulama geliştirme ortamıdır. Matlab, MATrix LABoratory kelimelerinin kısaltılmış halidir. Matlab kod yazılarak programlama yapılabilen ve uygulama geliştirilebilen bir platformdur 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, 2016).

Görüntü işlemeye dayalı kontrol algoritmalarının oluşturulması, proses kontrolü, yapay sinir ağları, genetik algoritma gibi modern yöntemler Matlab ortamında kolaylıkla geliştirilebilmektedir. Ayrıca windows ortamında çalışan simulink (etkileşimli benzetim) programlarının hazırlanması ve çalıştırılmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

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'ın önemli özelliklerinden biri de üstün grafik yeteneğidir. İşlem sonuçları 2 ve 3 boyutlu grafik türleri ile görüntülenebilir. Bu nedenle, bu araştırmada Matlab ve bileşenleri kullanılmıştır.

### **1.6. Çalışmanın Amaçları**

Bu çalışmanın genel amacı, hassas tarım çerçevesinde değişken oranlı uygulama yapacak bir tarla pülverizatörü geliştirilmesidir. Araştırmanın spesifik amaçları şunlardır:

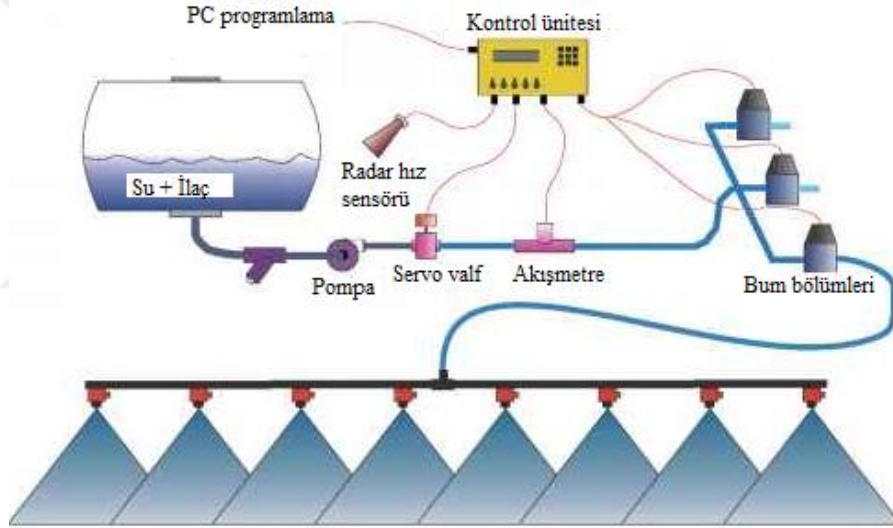
1. Görüntü işleme teknikleri ile mısır üretiminde yabancı otların gerçek zamanlı olarak belirlenmesi.
2. Basınç kontrollü bir tarla pülverizatörünün debi kontrollü sisteme dönüştürülmesi ve bağımsız kanat kontrolü için gerekli modifikasyon çalışmalarının yapılması.

3. Değişken oranlı püskürtme uygulaması için kontrolör geliştirilmesi.
4. Geliştirilen sistemin ilaç tasarrufu etkisini belirlemek için laboratuvar ve arazi testlerinin yapılması.



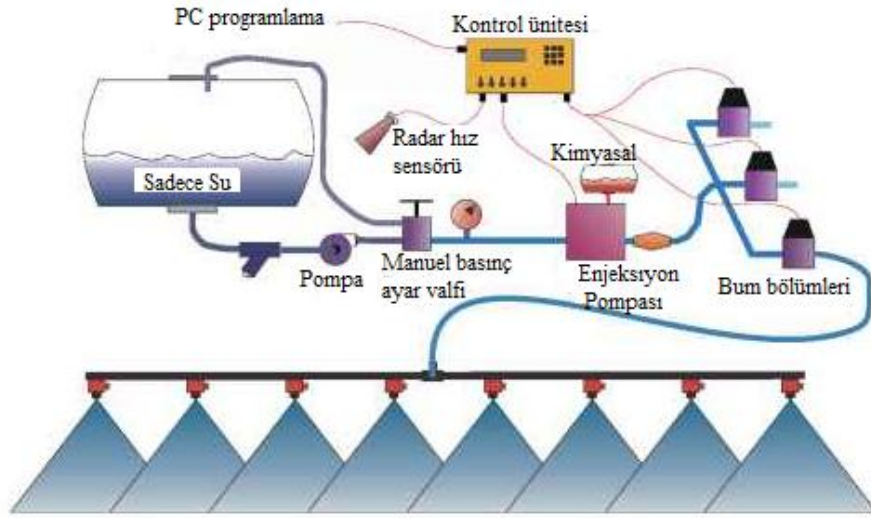
## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Humburg (1993), üç farklı kontrol ünitesine sahip bir tarla pülverizatörü ile ilaçlamada uygulanan basınç ve çalışma hızının norm üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada ilk olarak debi kontrollü pülverizatör (Şekil 2.1) ele alınmıştır. Bu sistem; akış metre, hız sensörü, servo valf ve bir elektronik kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Kontrol ünitesi çerisindeki mikroişlemci iş genişliğine ve dekar başına istenilen uygulama miktarına bağlı olarak sistemin toplam debi miktarını hesaplamaktadır. Ayrıca servo valf açıklık oranı, mikro işlemci tarafından akış metre bilgisine göre anlık olarak ayarlanmaktadır. Basınç hattındaki akış hızı ayarlanan değerin dışına çıktığı zaman sistem kullanıcıya traktör hızının ayarlanması konusunda uyarı vermektedir. Bu sistemin dezavantajı ilaç deposunda uygulama sonrasında kalan kimyasal artıklardır.



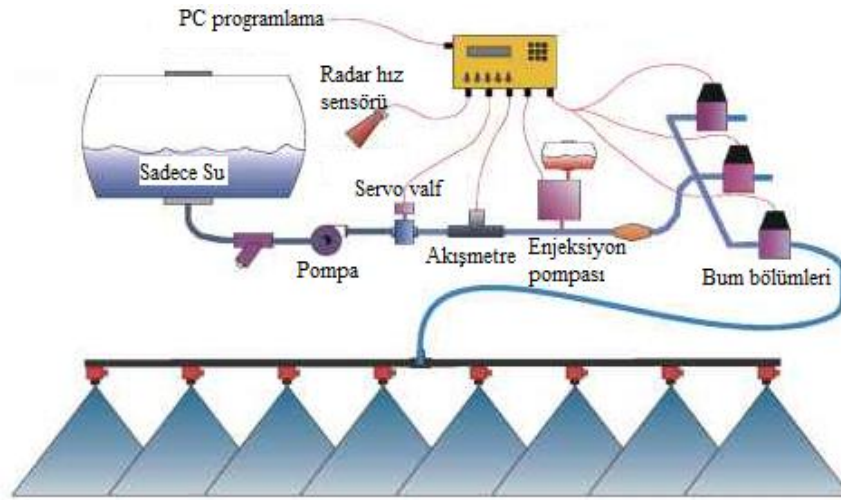
Şekil 2.1. Debi kontrollü pülverizatör (Humburg, 1993)

İkinci olarak direkt enjeksiyon sistemi (Şekil 2.2) üzerinde araştırma yapmıştır. Bu sistemde farklı olarak depoda sadece taşıyıcı olarak su kullanılmaktadır. Kimyasal madde ise pompanın deposunda tutulmaktadır. Bu sayede taşıyıcı suyun akış oranı sabitlenmiştir. İlaç deposuna ait pompanın enjeksiyon oranı ise hız sensöründen alınan hız bilgisine göre değişiklik göstermektedir. Taşıyıcı suyun akış oranının sabitlenmesiyle, püskürtme memelerinden sabit oranlı püskürtme sağlanmıştır. Ayrıca bu sistemde depoda kimyasal karışım olmadığı için kullanıcının kimyasala maruz kalma riskini azaltmaktadır. Ancak bu sistemle yapılan ilaçlama esnasında, hız değişimlerinde kimyasal depodan anlık olarak sisteme pompalanan ilacın, püskürtme memelerine ulaşmasının geciktiği tespit edilmiştir.



Şekil 2.2. Direkt enjeksiyon sistemi (Humburg, 1993)

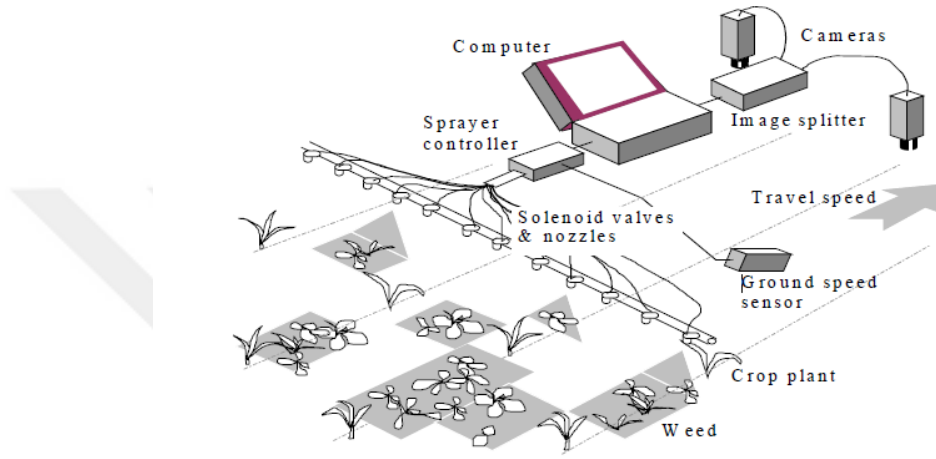
Üçüncü olarak ise, araştırmacı taşıyıcı kontrollü direkt enjeksiyon modelini (Şekil 2.3) incelemiştir. Bu araştırmada, enjeksiyon oranını ve su taşıma oranını uygulanan hıza ve uygulama oranına bağlı olarak değişmektedir. Kontrol valfi hıza ve uygulama oranına bağlı olarak istenilen miktardaki suyun akışını ayarlarken, enjeksiyon pompası aynı değişkenlere bağlı olarak istenilen oranda kimyasalı pompalamaktadır. Böylece sabit miktardaki karışım memelerden püskürtülebilmektedir. Ayrıca istenildiği zaman uygulama oranında değişiklikler yapılarak hiçbir gecikme olmadan bu değişiklik ilaçlama işlemine yansıtılmaktadır. Fakat bu sistemin diğer sistemlere göre oldukça pahalı ve daha karmaşık olduğu bildirilmiştir.



Şekil 2.3. Taşıyıcı kontrollü direkt enjeksiyon modeli (Humburg, 1993)

Tian ve ark. (2000), nokta ilaçlama (spot-spraying) gerçekleştiren bir sistem (Şekil 2.4) tasarlamışlardır. Soya ve mısır arazisinde yapılan çalışmada kamera ile elde edilen görüntülerde yabancı ot yoğunluğu belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulama hassasiyetini

arttırmak amacıyla yabancı ot yoğunluğu belirli bir eşik seviyenin üzerine çıkması durumunda her bir püskürtme memesinden ayrı ayrı uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 2 kamera kullanılarak her bir kameranın görüntü alanı 12 parçaya ayrılmış ve her bölgeye (0.22 m x 0.34 m) bir püskürtme memesi ile uygulama gerçekleştirilmiştir. Her bir bölgenin yabancı ot kültür bitkisi ayırımı gerçekleştirmek için 'Dalgacık Dönüşümü' yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda %48 oranında ilaç tasarrufunun sağlanabileceği bildirilmiştir.



Şekil 2.4. Yerel sensör tabanlı hassas ilaçlama kontrol sistemi (Tian ve ark., 2000)

Yang ve ark. (2002), yapay sinir ağı (ANN) yöntemini kullanarak mısır bitkisinin ilk olgunlaşma evresinde yabancı otlardan ayırımı amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Farklı aydınlatma koşullarında elde ettikleri görüntüleri keserek, bu görüntülerde mısır bitkisinin ve yabancı otların aynı çerçeve içerisinde olacak şekilde tekrar boyutlandırmışlardır. Görüntüdeki yeşil objeler ön plana çıkarılarak diğer renklerdeki objeler ve arka plan renk seviyesi sıfırlanmıştır. Geliştirilen ANN modelin işlem süresini azaltmak amacıyla renkli görüntü gri seviye görüntüye dönüştürülmüştür. Elde edilen çok sayıdaki mısır bitkisini ve yabancı otları içeren gri seviye görüntüler ANN modelini eğitmek için kullanılmıştır. Modelin mısır bitkisini ayırmakta % 100 doğrulukla, imam pamuğu otunu % 92 doğrulukla, sirken otunda ise % 62 doğrulukla ve yabancı havuç otunda ise % 80 doğrulukla çalıştığı belirtilmiştir.

Tangwongkit ve ark. (2006), şeker kamışı sıra arasını gerçek zamanlı olarak değişken düzeyli ilaçlama yapan bir kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Bir web kamera ile elde edilen görüntülerdeki yabancı ot yoğunlukları 4 sınıfa ayrılmıştır. 1. durum yabancı otun bulunmadığı durum, 4. durum ise maksimum seviyede yabancı otun bulunduğu

durum olarak belirlenmiştir. Sistemde her bir durum için farklı miktarda sıvıyı püskürtme memelerine göndermek için, Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) yöntemi kullanılmıştır. Böylece 12 volt bir DC püskürtme pompası oransal olarak kontrol edilerek gerekli debi miktarı her bir durum için değişken düzeyli olarak ayarlanmıştır. Ayrıca traktör tekerleğinden indüktif bir yaklaşım sensörü ile traktör hız bilgisi hesaplanarak uygulamanın istenilen hedef noktalara yapılması ve akışkan miktarının anlık olarak konpanze edilmesi sağlanmıştır.

Nejati ve ark. (2008), mısır bitkisi üretimi gerçekleştirilen bir araziden elde edilen görüntüler üzerinde gerçek zamanlı olarak furier transform ve yaprak kenar yoğunluğu yöntemini kullanarak yabancı ot kültür bitkisi sınıflandırma başarısını incelemiştir. İlk olarak mısır arazisinden alınan RGB formatındaki görüntü gri seviye görüntüye dönüştürülmüştür. Bir eşik değeri (0.05) belirlenerek her bir pikselin gri seviye değeri bir önceki pikselin gri seviye değerinden çıkarılarak eğer sonuç eşik değerden fazlaysa ilk pikselin değeri '1' olarak belirlenmiş, sonuç eşik değerden küçük ise yine ilk pikselin değeri '0' olarak belirlenmiştir. Böylece görüntüdeki tüm nesnelerin kenar noktaları belirlenmiştir. İkinci aşamada kenar noktaları belirlenen görüntüye frekans ve yoğunluk filtreleri uygulanarak görüntü üzerindeki yabancı otlar, kültür bitkileri ve arka plan bölgeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu yöntemin mısır arazisinden elde edilen görüntüler için % 92 doğruluk oranıyla yabancı otları belirleyebildiği belirtilmiştir.

Gee ve ark. (2008), mısır bitkisi arazisine ait görüntü üzerinde yabancı ot yoğunluğunu yüzde olarak belirleyen bir görüntü işleme algoritması geliştirmişlerdir. Algoritma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada sıra üzerindeki mısırlar fiziksel olarak düz bir hat şeklinde oldukları için görüntü üzerinde doğru parçalarını belirlemede kullanılan Hough dönüşümünden yararlanmışlardır. Bu dönüşüm sayesinde tüm bitki sıraları üzerlerine doğru parçaları çizilerek bu doğrularla temas halinde olan tüm pikseller mısır bitkisi olarak değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise sıra aralarındaki yabancı otları belirlemek amacıyla BLOB (Binary Large Object) analizi kullanılmıştır. Bu yöntemde ikili görüntü üzerindeki bağlı piksellerin boyutuna göre nesnelere sınıflandırılmaktadır.

Ishak ve Rahman (2010), 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 değerlerinin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Yabancı otların yeşil renkli piksel değerinin yoğunluğu veya yüzdesine bağlı olarak püskürtme memeleri açma ya da kapama yapmaktadır. Başka bir deyişle kamera yabancı otu yakaladığında püskürtme memesi açılmaktadır. Bu çalışmada asıl amaç çevre kirliliğini, masrafları, iş gücünü ve kayıpları azaltmaktır.

Siddiqu ve ark. (2011), iki farklı gerçek zamanlı yabancı ot sınıflandırma algoritmasını karşılaştırmışlardır. Edge link (kenar bağlantısı) denetim algoritması %93 doğruluk oranı ile, Watershed (su setleri) algoritması ile ise %92.5 doğruluk oranı ile yabancı ot ayırımı gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada, Watershed algoritma döngü zamanının EdgeLing algoritmasına göre daha hızlı gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Ahmad ve ark. (2011), geniş ve dar yapraklı yabancı otların gerçek zamanlı olarak sınıflandırılması amacıyla 'Haar Dalgacık Ayrışımı' yöntemini kullanmışlardır. Çalışma üç aşamadan meydana gelmektedir. Bunlar sırasıyla; segmentasyon, özellik çıkarımı ve sınıflandırma bölümleridir. Segmentasyon bölümünde görüntüye histogram eşleme ve genişletme işlemleri uygulanmıştır. Özellik çıkarım bölümünde ise görüntüye dalgacık ayrıştırma (decomposition) yöntemi uygulanarak 200 adet bilgi katsayısı elde edilmiştir. Sınıflandırma aşamasında k-NN (k-Nearest Neighbor) sınıflandırıcı yöntemi kullanılarak yabancı otların %94 doğruluk oranıyla ve 40 mili saniye'lik süre içerisinde sınıflandırıldığı belirtilmiştir.

Öziç (2013), alzheimer (AH) hastalığını belirleyebilmek amacıyla beyin MR görüntüleri üzerinde görüntü işleme teknikleri kullanmıştır. 17 hastaya ve 13 sağlıklı insana ait görüntülerin her birine ait 22 kesitten oluşan MR görüntüleri kullanılmıştır. İlk olarak görüntü üzerindeki gürültüler filitreleme işlemi ile giderilmiştir. Ardından her bir görüntü bir referans görüntüye görüntü boyutlarına normalize edilmiştir. Normalize edilen görüntü bölütleme yöntemleri kullanılarak görüntü bölgeleri elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen bölgelerin sınırları çizilerek hacimsel hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçta AH hastalığı için önemli bölgelerin hacimsel değişimleri incelenerek hastalığın seviyesi hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Sabancı (2013), laboratuvar ortamında yaptığı çalışmada şeker pancarı bitkisi üzerinde yabancı ot belirlemesine yönelik bir deney düzeneği geliştirmiştir. Deney

düzeneği; ele alınan bitkide sıra arası ve sıra üzerine ayrı ayrı birer web kamerası yerleştirilerek, sıra arası tüm bitkileri yabancı ot olarak algılayan ve sıra üzerindeki yabancı otları ise yapay sinir ağları yöntemi ile belirleyen bir programı kapsamaktadır. Araştırma sonucunda, hassas ilaçlama robotu ile yapılan uygulamanın, geleneksel ilaçlama yöntemine göre %54 oranında tasarruf sağladığı bildirilmiştir.

Tekinalp ve ark. (2013), Matlab ortamında bir görüntü işleme algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen görüntü işleme uygulamasında yeşil zeytinleri belirleme işlemi yapılmıştır. Deney düzeneğini tepeden görecektir şekilde yerleştirilen ve sabitlenen web kameradan alınan gerçek zamanlı görüntü, USB bağlantısı ile bilgisayara aktarılmıştır. Geliştirilen yazılım ile yeşil renkli zeytinlerin konum tespiti gerçekleştirilmiştir. Algoritma sonucunda elde edilen veriler OPC Server üzerinden Siemens S7-1200 PLC'ye gönderilmiş ve deney düzeneğinin kontrolü gerçek zamanlı olarak sağlanmıştır. Geliştirilen görüntü işleme algoritmasının 5-6 saniyede nesnelerin renklerine göre ayırt edildiği gözlemlenmiştir. Çalışmada, endüstriyel uygulamalar için yüksek çözünürlükte kameralar ve farklı lensler kullanılarak, uygulamalara göre daha başarılı ve daha hızlı cevaplar alınabileceği belirtilmiştir. Araştırmada PLC ile Matlab programları senkronize bir şekilde haberleştirilerek, algoritma çıktılarına bağlı olarak sistem kontrol edilmiştir.

Paap (2014), bitki yapraklarının spektral yansımalarını bir spektrometre ile değerlendirerek yabancı otların belirlenmesi durumunda bu yabancı otların bulunduğu noktaların ilaçlanması için bir prototip makine geliştirmiştir. Bitkileri düz bir şerit halinde lazer ışık kaynağı ile aydınlatarak bitkilerden geri yansıyan ışığın dalga boylarını incelemiştir. 3 farklı bitki (şeker pancarı, nohut, pamuk) için kültür bitkileri arasında bulunan yabancı otların spektral yansımaları 5 km/h hızda ölçülmüştür. Çalışma sonucunda belirtilen kültür bitkilerinden ve yabancı otların spektral yansımaları arasındaki ilişkiler incelenmiş, pamuk ve şeker pancarı bitkileri %85-90 doğruluk oranıyla yabancı otlardan ayrılabilirdiği belirtilmiştir.

Burgos-Artizzu ve ark. (2011), mısır arazisi üzerinden 25 fps (frame per second-saniyedeki kare sayısı) hızında elde ettikleri görüntüler üzerinden bir yabancı ot denetim sistemi geliştirmişlerdir. Çalışmada ilk aşamada, her bir görüntü çerçevesindeki bitkiler ve diğer meteryallerin sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma işlemi renkli görüntünün gri seviye görüntüye dönüştürülme aşamasında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her bir gri seviye görüntü otomatik eşikleme yöntemi ile ikili (binary) görüntüye dönüştürülmüştür. Eşikleme ile sıra üzerindeki bitkiler ve yabancı otlar ön plan nesnesi olarak, toprak ve

diğer metaryeller ise arkaplan nesnesi olarak belirlenmiştir. İkili görüntüden enine bir kesit alınarak bu kesitteki nesnelere genişliği bir eşik değerdan küçük ise o nesnelere yabancı ot olarak belirlenmiştir.

Örnek (2014), enine ve boyuna merdaneli havuç sınıflama makinesi ile gerçek zamanlı görüntü işleme sağlayan sınıflandırma makinesi arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. 948 adet havuca ait resimler boy ve çaplarına göre veri tabanına eklenmiştir. Boy, uzunluk ve kütle değerleri ölçülen 332 havuç sınıflandırma makinesinde havuçların doğru sınıflandırılıp sınıflandırılmadığı incelenmiştir. Çalışma sonucunda enine merdaneli makinelerde sınıflandırma hata oranı %99'a boyuna merdaneli sınıflandırma makinesinde ise hata oranının %88'e kadar çıkabildiği bildirilmiştir. Gerçek zamanlı görüntü işleminin kullanıldığı sınıflandırma makinesinde ise hata oranının %5,42 ile %9 arasında olduğu bildirilmiştir.

Beşyaprak (2016), PLC kontrolör ile servo motor pozisyon kontrolü Matlab programı tarafından denetlenmiştir. PLC hafıza alanlarına Matlab programından gerçek zamanlı olarak gönderilen veriler servo motorun kontrolünü sağlayan parametrelere dönüştürülmüştür. Matlab ile PLC arası veri iletişimi KEPServerEX OPC programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab ortamındaki kontrol blokları kullanılarak rampa fonksiyonları ayarları gerçekleştirilmiştir. PLC'ye aktarılan konum verileri CanOPEN protokolü ile servo motorun sürücüsüne gönderilerek pozisyon kontrolü gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Schneider LMC058 PLC, Lexium ve motoru ve servo motor sürücüsü kullanılmıştır.

Yılmaz (2016), zirai böcek tuzaklarında yakalanan böceklerin sayımını Matlab görüntü işleme komutlarını kullanarak yapmıştır. Böcek tuzağını bulunduğu bölgeye bir kamera ve mini bilgisayar yerleştirilmiştir. Çekilen tuzağa ait görüntüler mini bilgisayara aktarılmış oradan da belirli aralıklarla bir ağ ile FPT sunucuya aktarılmıştır. FPT sunucu üzerinden alınan görüntüler ana bilgisayara aktararak Matlab ortamına aktarılmıştır. Görüntü işleme komutları kullanılarak görüntü ilk olarak gri seviyeye ardından ikili görüntüye dönüştürülmüştür. İkili görüntü üzerindeki nesnelere morfolojik işlemler kullanılarak bitişik nesnelere birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Son aşamada nesnelere sayılarak böcek adedi hesaplanmaya çalışılmıştır.

Yeltekin (2016), ağaç yüklü araçların ster değerini saptamaya yönelik Open CV programını kullanarak bir algoritma geliştirmiştir. Algoritma temel olarak morfolojik işlemler, watershed segmentasyon ve kenar belirleme fonksiyonlarını içermektedir. Araç

fotoğrafları yüksek çözünürlüklü bir kamera ile elde edilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çalışma sonucunda araç üzerindeki ağaçların ster değerleri %10'luk bir hata değeri ile saptanabildiği belirtilmiştir.

Dilbilir (2017), Siirt fıstığının gerçek ağırlığını, genişliğini ve uzunluğunu belirlemek amacıyla görüntü işleme ve istatistiksel yöntemler kullanmıştır. Görüntü işleme yönteminde bir adet Siirt fıstığının görüntüsü üzerinde matematiksel morfoloji yöntemleri kullanılarak fıstığın çevre ve alan değeri piksel cinsinden belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler gerçek değerlerle karşılaştırılarak regresyon eşitlikleri elde edilmiştir. Görüntü işleme yöntemi ile elde edilen sanal değerlerin yanı sıra bu değerlerin çarpımsal ve karesel kombinsyonları da kullanılarak yeni değişkenler elde edilmiştir. Böylece en uygun modeli bulmak için farklı 27 adet açıklayıcı değişken tespit edilmiştir. Sonuç olarak; ağırlık tahmini hesabında %93.1 belirleme katsayısı ve fıstığın sanal genişliğinin ve uzunluğunun çarpımından oluşan çarpımsal değişkenin yer aldığı model, uzunluk hesabında % 96.2 belirleme katsayısı ile sanal uzunluğun bulunduğu model ve genişlik için % 95.7 belirleme katsayısı ve sanal genişlik değişkeninin bulunduğu model, kullanılacak modeller olarak belirlenmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmanın materyalini, genel olarak laboratuvar deney düzeneği, tarla pülverizatörü, tarla pülverizatörü basınç hattında kullanılan debi kontrolörü, görüntü işleme kontrol sistemi ve silajlık mısır arazisi oluşturmaktadır.

##### 3.1.1. Laboratuvar ortamında oluşturulan deney düzeneği

Çalışma, laboratuvar testleri, arazi ön testleri ve arazi çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ortamında sistemin davranışı hakkında ön bilgiler elde etmek amacıyla bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Oluşturulan deney düzeneğinin genel yapısı; fotoğrafların hareketini sağlayan bant sistemi, dijital kamera, bilgisayar, S7-1200 PLC, lazer ışık kaynağı ve güç kaynağından oluşmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Yerel sensör tabanlı hassas ilaçlama kontrol sistemi

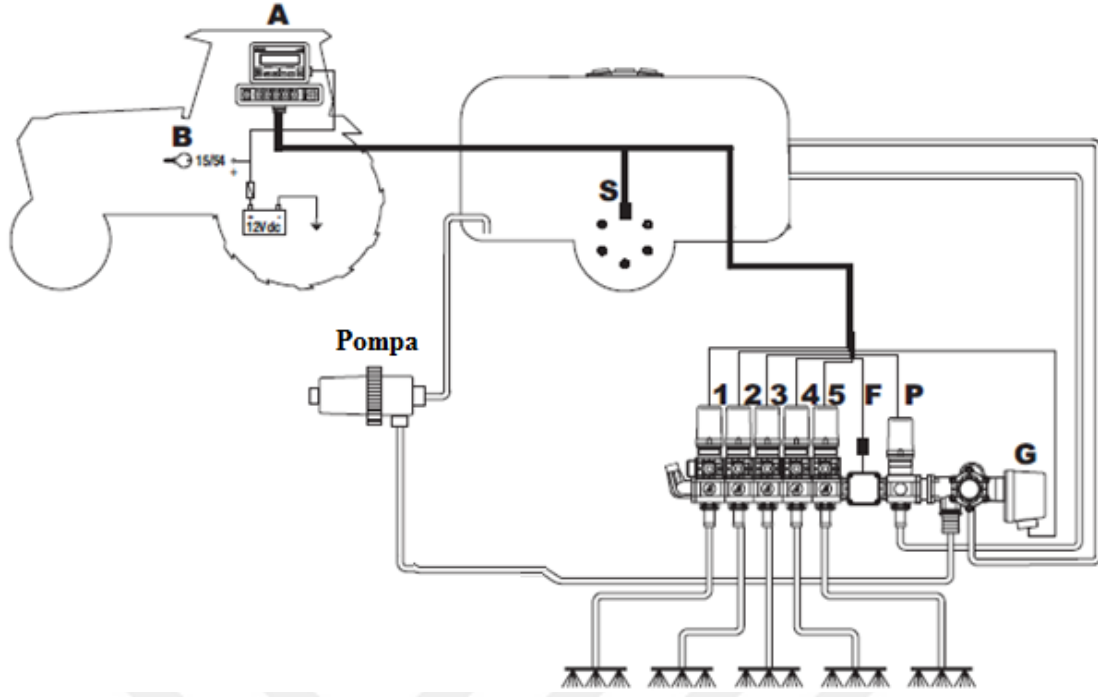
##### 3.1.2. Geliştirilen pülverizatör sistemi

Arazi çalışmalarında kullanılan sistemin genel yapısı Şekil 3.2’de görülmektedir. Araştırmada asılır tip 400 L depo kapasiteli bir tarla pülverizatörü kullanılmıştır. Pülverizatör pompası piston membranlı tip olup, 540 d/d kuyruk mili devrinde 60 L/min debi sağlamaktadır. Kamera ve hız sensörü traktörün ön kısmındaki yüksekliği ayarlanabilir platform üzerine monte edilmiştir. Bum kanatları 3 bölümden oluşmaktadır ve her bir bölümde bulunan meme gurubunun girişine selenoid valfler bağlanmıştır.



Şekil 3.2. Oluşturulan pülverizatör sisteminin yapısı

Pülverizatör regülatörü sistemden çıkarılarak yerine Arag Bravo firması tarafından geliştirilen akış kontrol sistemi monte edilmiştir. Bu akış kontrol sistemi, traktörün hız değişkenine ve sistemdeki sıvı akış hızına bağlı olarak ilaç normunun otomatik olarak sürekli sabit kalmasını sağlamaktadır. Şekil 3.3’de debi kontrol sisteminin yapısı görülmektedir. Burada pompa tarafından basınçlandırılan sıvı ana valfin (G) açık olması durumunda oransal valfe (P) geçmektedir. Oransal valfin açıklık oranı akış metreden (F) ve indüktif hız sensöründen (S) gelen bilgiler doğrultusunda kontrol bilgisayarı (A) tarafından ayarlanmaktadır. Ana valfin kapalı olması durumunda ise gelen sıvı doğrudan geri dönüş hattı üzerinden depoya gönderilmektedir. Ana valf açık iken kontrol valfinin açıklık oranının azalması durumunda, fazla sıvı yine geri dönüş hattı üzerinden depoya aktarılmaktadır. Bölüm valfleri (1-5), birbirinden bağımsız olarak meme gruplarını aktif etmektedir ve herhangi bir bölüm valfi manuel olarak kontrol bilgisayarı üzerindeki anahtarlar ile açılıp kapatılabilmektedir. Ayrıca bölüm valflerinin sonunda fazla sıvıyı depoya aktarmak için bir çıkış daha bulunmaktadır. Sistem beslemesi 12 VDC olup traktör aküsü tarafından sağlanmaktadır.

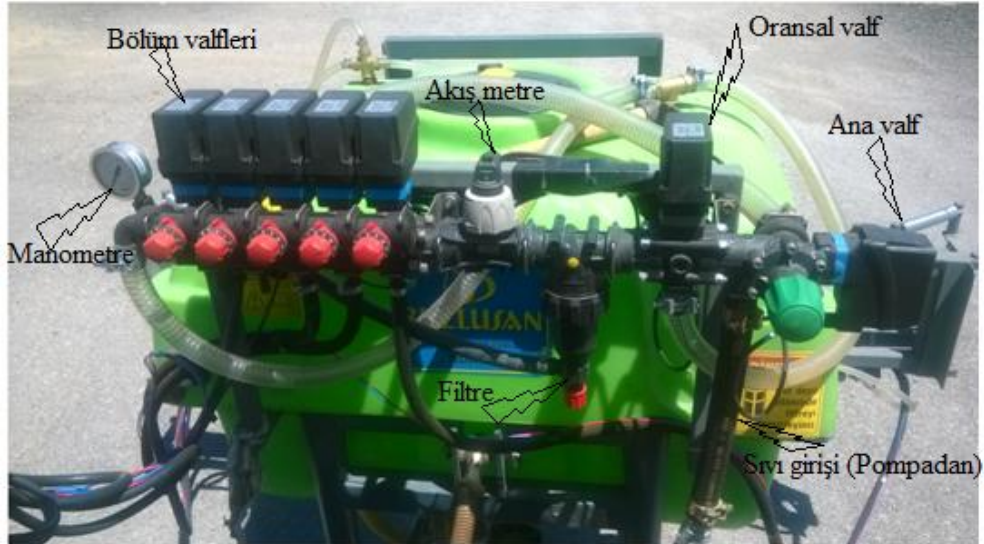


A : Kontrol bilgisayarı  
 S : İndüktif sensör  
 F : Akış metre

G : Ana valf  
 P : Kontrol valfi  
 1-5: Bölüm valfleri

Şekil 3.3. Debi kontrol sisteminin genel yapısı (Arag Bravo, 2017)

Debi kontrol sisteminin pülverizatör depo şasesi üzerine monte edilmiş hali Şekil 3.4'te görülmektedir. Sistemde toplam 7 farklı geri dönüş hattı bulunmaktadır. Bunların 4'ü debikontrol sisteminin farklı noktalarına (ana valf, kontrol valfi, filtre ve bölüm valfleri sonu) ve diğer üç nokta ise meme girişlerinde bulunan selenoid valflere aittir.



Şekil 3.4. Debi kontrol sistemi

Debi kontrol sistemini oluşturan elemanlar aşağıda açıklanmıştır.

**Ana valf:**

Pompa tarafından basınçlandırılan akışkan ilk olarak ana valfe (Şekil 3.5) girmektedir. Ana valfin enerjisi kesildiğinde sıvı girişini tamamen keserek gelen sıvıyı doğrudan depoya yönlendirmektedir. Bu valf ile sisteme giren akışkanın debisi manuel olarak ayarlanabilmektedir. Böylece bölüm valfleri sonunda bulunan manometrede görülen basınç istenen değere ayarlanabilmektedir. Valfin maksimum basıncı 40 bar, açılma-kapanma süresi 0.6 saniye ve debisi 150 L/min'dir.



Şekil 3.5. Ana valf (Arag bravo, 2017)

**Akış metre:**

Elektromanyetik akışmetreler (debimetreler) genel olarak içerisinde geçen gaz veya sıvı miktarını ölçmek amacıyla kullanılan elektronik cihazlardır. Elektromanyetik debimetreler Faraday'ın İndüksiyon Kanununa göre çalışır. Elektriksel iletkenliği olan bir akışkan, elektriksel olarak izole edilmiş bir boruda manyetik alandan geçer. Manyetik alan oluşturmak için bir çift bobin kullanılır ve bu bobinler üzerinden elektrik akımı geçirilir. Elektrotlar arasında sıvının akış hızı ile doğru orantılı bir voltaj oluşur (Pikolab, 2017). Çalışmada kullanılan akış metre Orion firmasına ait sadece sıvı akış ölçümü için kullanılabilir. Akış metre girişine 12 V DC gerilim uygulanmakta ve çıkış ucunda her 1 litrelik sıvı akışına karşılık 600 pals üretmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Elektromanyetik akış metre (Arag Bravo, 2017)



### ***İndüktif sensör:***

Debi kontrol sistemi için traktörün ön tekerleğinden indüktif sensör ile hız bilgisi alınmıştır. Sistemin kontrol bilgisayarı ana valften sonra bulunan oransal valfin kontrolü için indüktif sensörden ve akış metreden aldığı pals sayılarını kullanmaktadır. Traktörün ön tekerleğine eşit aralıklarla metal algı noktaları oluşturulmuştur. İndüktif sensör bu algı noktalarını 0.5 cm uzaklıktan algılayacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. İndüktif sensör ile tekerlekten hız bilgisinin alınması

### ***Oransal valf:***

Oransal valf, bölüm valflerine iletilen sıvının debisini traktör hızı ve sıvı akış hızına bağlı olarak kontrol ünitesi tarafından gelen sinyaller doğrultusunda ayarlamaktadır. Manuel modda (oransal ayarlamamanın yapılmadığı durumda) çalışırken oransal valfin açıklık oranı, kontrol ünitesi üzerinde bulunan anahtar ile ayarlanabilmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Oransal valf (Arag bravo, 2017)

***Bölüm valfleri:***

Sistemde 5 adet bölüm valfi bulunmaktadır ve her bir bölüm valfi püskürtme meme gruplarına uygulanan sıvı miktarını kontrol etmektedir. Her bir bölüm valfinin çıkıştan meme gruplarına gönderdiği sıvının basıncı manuel olarak ayarlanabilmektedir (Şekil 3.9). Bölüm valfleri çıkışında ayarlamalar sonucunda veya herhangi bir bölüm ya da bölümlerin kapanması durumunda oluşan fazla sıvıyı depoya göndermek için, depoya bir geri dönüş hattı bulunmaktadır. Bu çalışmada kamera görüş açısının sınırlı olması nedeniyle bölüm valflerinden 3 tanesi kullanılmıştır. Ayrıca bu 3 bölüm valflerinden gelen sıvı, meme guruplarının girişine konulan 3 yollu selonoid valflere uygulanmıştır.



Şekil 3.9. Bölüm valfleri (Arag Bravo, 2017)

***Kontrol bilgisayarı:***

Debi kontrol sistemine ait tüm valfler, akışmetre ve hız sensörü verileri doğrudan kontrol bilgisayarına gönderilmektedir. Kontrol bilgisayarı üzerindeki ekrandan traktörün anlık hızı ve uygulanan norm miktarı izlenebilmektedir. Kontrol bilgisayarının istenilen ilaç normunu doğru bir şekilde ayarlayabilmesi için bazı verilerin girilmesi gerekmektedir.

Bu veriler sırasıyla a) istenilen ilaç normu b) iş genişliği c) bölüm valfi sayısı d) her bir bölümdeki meme sayısı e) her bir bölümün iş genişliği e) hız değerini hesaplamak için hız sensörünün algı noktaları arasındaki mesafedir. Uygulama esnasında kontrol bilgisayarı üzerinde her bir bölüm valfini kontrol eden anahtarlar bulunmaktadır. Bu anahtarlarla istenilen bölüm manuel olarak kapatılıp açılabilir. Şekil 3.10’da sisteme ait kontrol bilgisayarı görülmektedir.



Şekil 3.10. Debi kontrol sistemi bilgisayarı

### 3.1.3. Sistemin genel kontrol ünitesi

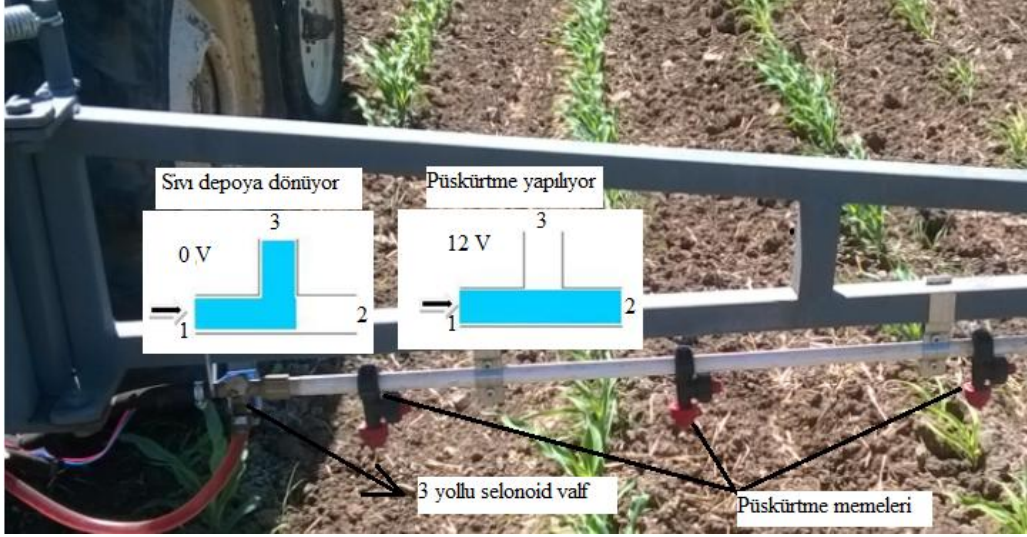
Çalışmada kamera ve PLC cihazı doğrudan bilgisayara bağlanarak kamera verileri doğrultusunda PLC çıkış birimleri üzerinden solenoid valfler kontrol edilmiştir. Çalışmada kullanılan bilgisayar; Intel Core i7-6700 HQ işlemci modeline, 2.6 GHz işlemci hızına, 4 GB ekran kartı hafızasına ve 256 GB SSD harddisk’e sahiptir. Matlab ortamında oluşturulan algoritmada belirlenen koşullara göre veriler gerçek zamanlı olarak PLC hafıza alanlarına OPC aracılığı ile gönderilmektedir. Yabancı ot miktarı belirlenen eşik değerin üzerinde ise PLC’nin ilgili hafıza alanına ‘1’ değeri yazılarak hız sensöründen gelen hız bilgisine göre belirli bir gecikme sonucunda, PLC çıkış birimi üzerinden ilgili valfler aktif edilerek uygulama gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.11’de traktör üzerine yerleştirilen kontrol sistemi görülmektedir.



Şekil 3.11. Sistemin genel kontrol ünitesi

#### 3.1.4. Üç yollu selenoid valf ve püskürtme memeleri

Bun kanatları üzerinde bulunan memeler 3 gruba ayrılmıştır ve her bir grubun girişlerine PLC çıkış birimi tarafından kontrol edilen 3 yollu 12 V DC gerilim ile çalışan normalde kapalı selenoid valfler bağlanmıştır. Basınç hattından gelen sıvı 1. yoldan vanaya girmektedir. Selenoid uçlarındaki voltaj değerinin 0 V olması durumunda sıvı 3. yoldan tekrar depoya dönmektedir. İlgili bölümde yabancı otların bulunması durumunda PLC çıkış birimi üzerinden selenoid terminallerine 12 V DC gerilim uygulanarak sıvı 2. yol üzerinden püskürtme memelerine aktarılmaktadır. Çalışmada yabancı ot ilaçlama uygulamalarında sıklıkla kullanılan yelpaze hüzmeli 'DG-110015 – 100 mesh' tip bir meme kullanılmıştır. Üç yollu selenoid valf çalışma durumları ve püskürtme memeleri Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.12. Selenoid valf ve püskürtme memeleri

### 3.1.5. Bum kanatları

Bum kanatları traktörün ön kısmına platform üzerine monte edilen kameradan elde edilen görüntülerin çerçeve genişliğine bağlı olarak 5 m olarak imal edilmiştir (Şekil 3.13). Kameradan elde edilen görüntü çerçevesi 3 bölgeye ayrıldığı için bum kanatları da 3 bölüme ayrılmıştır. Her bir bölümde bulunan yabancı ot yoğunluğuna bağlı olarak alana özgü ilaçlama için geliştirilen sistem, sıra arası ilaçlama için geliştirilmiş olup püskürtme memeleri arası mesafe 71.5 cm'dir.



Şekil 3.13. Pülverizatör bum kanatları

### 3.1.6. Dijital renkli kamera ve lens

Arazi çalışmalarında kameradan gerçek zamanlı olarak görüntülerin istenen hızda ve kalitede elde edilebilmesi, algoritma sonuçlarının doğru karar verebilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada kullanılan kameranın seçilmesinde etkili olan en önemli iki temel özellik titreşimli çalışma koşullarında ve kontrolsüz aydınlatma ortamında kaliteli görüntü verebilme kabiliyetidir. Kamerada kullanılan ve opsiyonel olarak seçilebilen "Global Shutter, Global Start Shutter ve Rolling Shutter" özellikleri görüntülenen nesnelerin bozulmadan hızlı bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte

kameranın kontrolsüz dış aydınlatma ortamında CCD (Charge Coupled Device) kalitesinde görüntü sağlayabilmesi nesnelere gerçek renk değerlerinin elde edilebilmesinde oldukça önemlidir. Şekil 3.14 a ve b’de sırasıyla kullanılan kamera (UeyeUI-1240ML-C-HQ) ve lens (Azure C-Mount, 1/2", 4 mm) görülmektedir. Ayrıca kameranın ve lens’in teknik özellikleri Çizelge 3.1’de sunulmuştur.



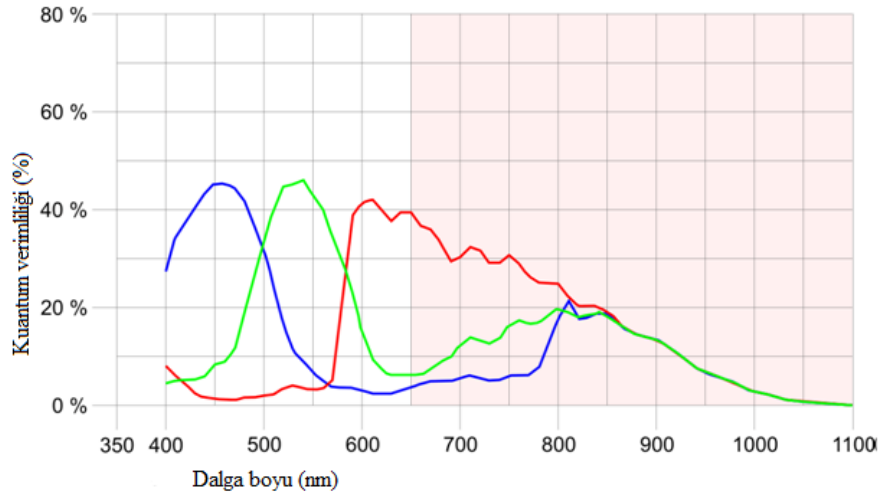
Şekil 3.14. Dijital renkli kamera (a) ve lens (b)

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kameranın teknik özellikleri (IDS, 2017)

Ürün marka ve modeli	: Ueye UI-1240ML-C-HQ1
Sensör üreticisi	: e2v EV76C560
Çözünürlük	: 1280 x 1024 pixel
Pixel sınıfı	: 1 x MP
Sensör boyutu	: Geniş açı 1/1.8"
Shutter	: Global Shutter, Global Start Shutter, Rolling Shutter
Maksimum fps	: Mode25.8
Piksel boyutu	: 5.3 µm
Optik boyut	: 6.784 mm x 5.427 mm
İletişim arayüzü	: USB 2.0
Lens	: Azure C-Mount, 2MP, 4 mm
Lens bağlantı tipi	: C-Mount
Besleme	: USB 2.0
Koruma sınıfı	: IP30
Ağırlık ve boyutlar	: 37 g ve 40.0 mm x 40.0 mm x 18.0 mm

Kullanılan kameranın kuantum verimliliği Şekil 3.15’de görülmektedir. Kuantum verimliliği bir dedektörün üzerine düşen ışınım miktarının ne kadarına yanıt verdiğini ifade etmektedir. Yeşil rengin karşılığı olan 500-580 nm dalga boyunda kameranın kuantum verimliliğinin yaklaşık olarak %45 değerine ulaştığı görülmektedir. Ayrıca kuantum

verimliliğinin iyi olması kamera sönör sinyalinin gürültü sinyallerine karşı direncini ve dinamik algılama aralığını geliştirmektedir (Fowler ve ark., 1999). Araştırma kısıtları nedeniyle kamera koruma faktörü (IP30) daha uygun seçilememiştir.



Şekil 3.15. Çalışmada kullanılan kameranın kuantum verimliliği (IDS, 2017)

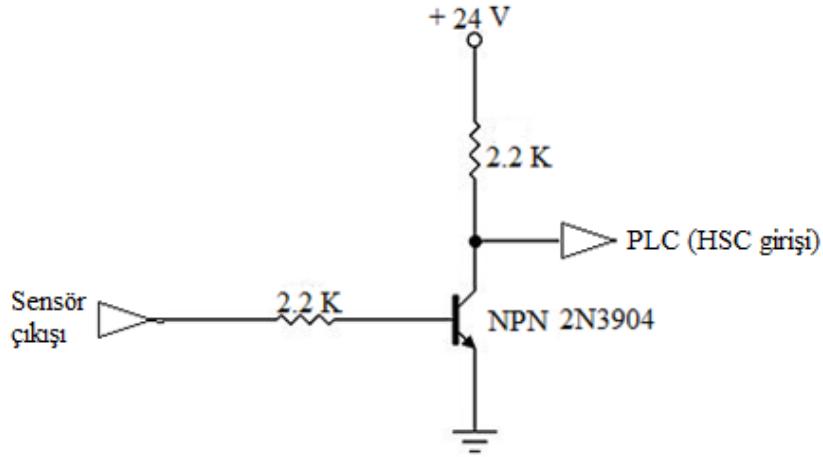
### 3.1.7. Radar hız sensörü

Traktör çalışma hızını ölçmek için traktör ön kısmına yerden 40 cm yüksekliğe sahip bir radar hız sensörü (Dickey-john Radar III) monte edilmiştir (Şekil 3.16). Hız sensörü besleme voltajı 12 V DC ve çıkış sinyali 12 V genlik değerine sahip kare dalga formundadır.



Şekil 3.16. Radar hız sensörü

Radar hız sensöründen gelen 12 V genliğe sahip kare dalga formundaki periyodik sinyalin genliği PLC hızlı sayıcı birimi tarafından okunabilmesi için NPN tipi bir transistör kullanılarak 24 V seviyesine çıkarılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Hız sensörü çıkış sinyal genliğinin yükseltilmesi

### 3.1.8. PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)

Çalışmada Siemens firmasının üretmiş olduğu S7-1200 ailesine ait CPU modeli 1214C AC/DC/Rly olan bir PLC kullanılmıştır (Şekil 3.18). Sistemde PLC'nin görevi, görüntü işleme algoritması tarafından gönderilen komutları hız sensöründen aldığı bilgiler doğrultusunda yerine getirmektir. PLC besleme gerilimi traktör aküsünden elde edilen 12 V DC gerilimi 220 V AC seviyesine dönüştüren bir invertörden sağlanmıştır. PLC'de dahili olarak 8 dijital giriş, 6 dijital çıkış ve 10 bit çözünürlüğe sahip 2 adet analog giriş bulunmaktadır. Ayrıca 6 adet dijital giriş, program ile 100 kHz'e kadar olan sinyalleri okuyabilmek için hızlı sayıcı (HSC) girişi olarak atanabilmektedir. Bu sayede traktör hızını ölçmek için kullanılan radar hız sensöründen gelen 20 ile 200 Hz aralığındaki frekans değerine sahip sinyaller okunabilmektedir.



Şekil 3. 18. S7- 1200 PLC (Simens, 2017)



### 3.1.9. Traktör ve ön test alanı

Çalışmada, FIAT 480 tip tarım traktörü kullanılmıştır. Ön testler, 250 m uzunluğunda düz beton zemin üzerine belirli aralıklarla yeşil nesnelere yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.19). Nesnelere ait gerçek zamanlı görüntüler, aynı zamanda kameranın besleme voltajını da sağlayan 5 metre uzunluğunda bir USB 2.0 kablo ile bilgisayara aktarılmıştır. Kamera görüntü çerçevesi ile bum kanatları arasındaki mesafe 4.60 m'dir.



Şekil 3.19. Ön test alanı

### 3.1.10. Mısır arazisi

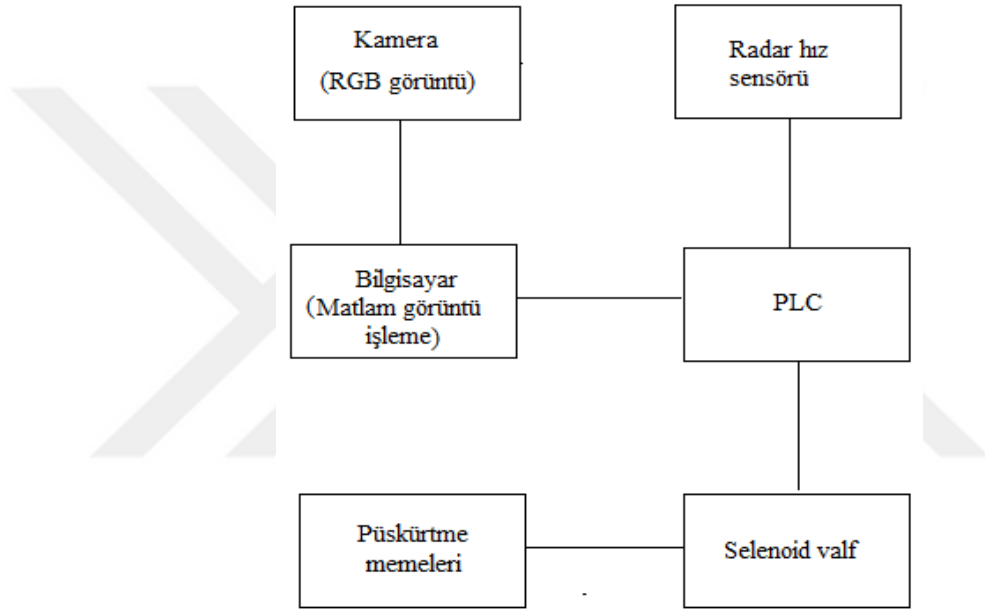
Geliştirilen sistemin tarla denemeleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi arazisinde, karık sulama yöntemi kullanılarak yetiştirilen mısır bitkisi ekim alanında gerçekleştirilmiştir. Denemeler 2017 yılında, birinci ürün mısır üretimi için Mayıs ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.20).



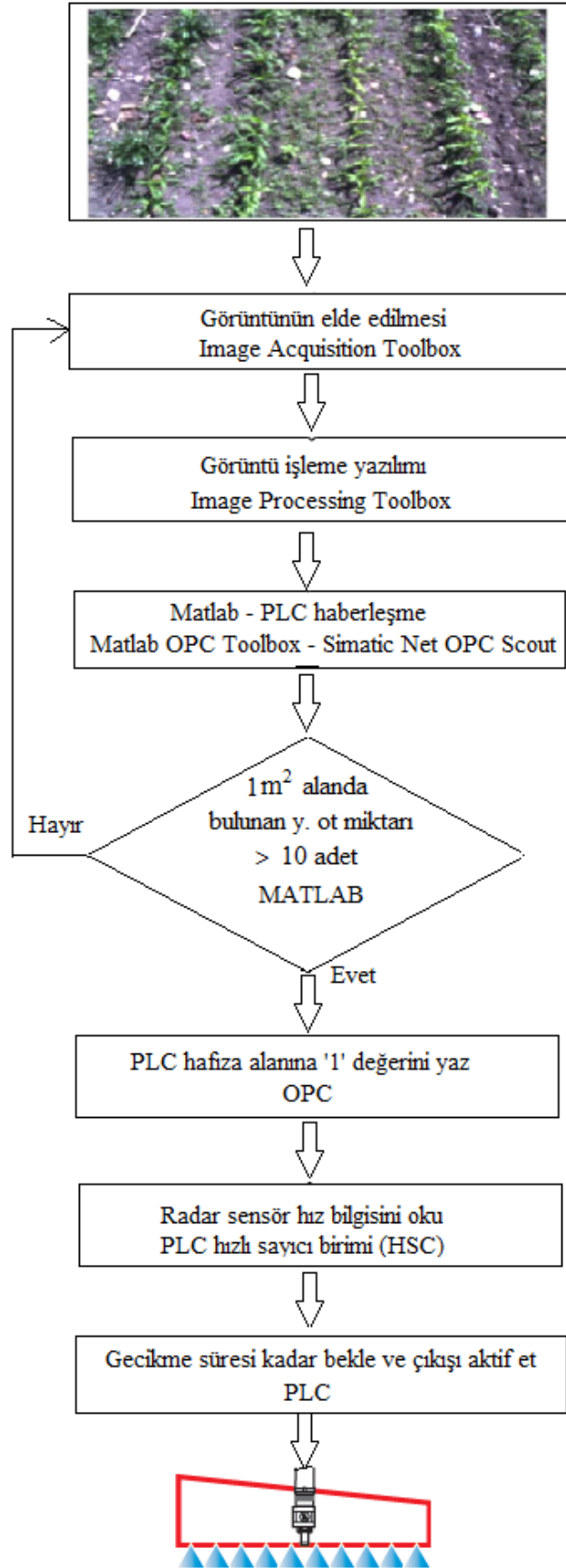
Şekil 3.20. Tarla denemelerinin yapıldığı mısır arazisi

### 3.2. Yöntem

Araştırmada önce yabancı ot algılaması için bir yazılım geliştirilmiştir. Donanımla ilgili olarak basınç kontrollü bir pülverizatörün bum kanatları değiştirilmiştir. Sonra basınç kontrollü pülverizatör, akış kontrollü pülverizatör şeklinde çalışmak üzere gerekli modifikasyon çalışmaları yapılmıştır. Daha sonra değişken oranlı uygulama için gerekli yazılım çalışmaları yapılmıştır. Son olarak, geliştirilen sistem laboratuvar ve arazi koşullarında test edilmiştir. Sistem bileşenleri arasındaki bağlantı durumu Şekil 3.21’de, sisteme ait algoritma ise Şekil 3.22’de görülmektedir. Algoritmanın işlem basamakları aşağıdaki alt başlıklarda açıklanmıştır.



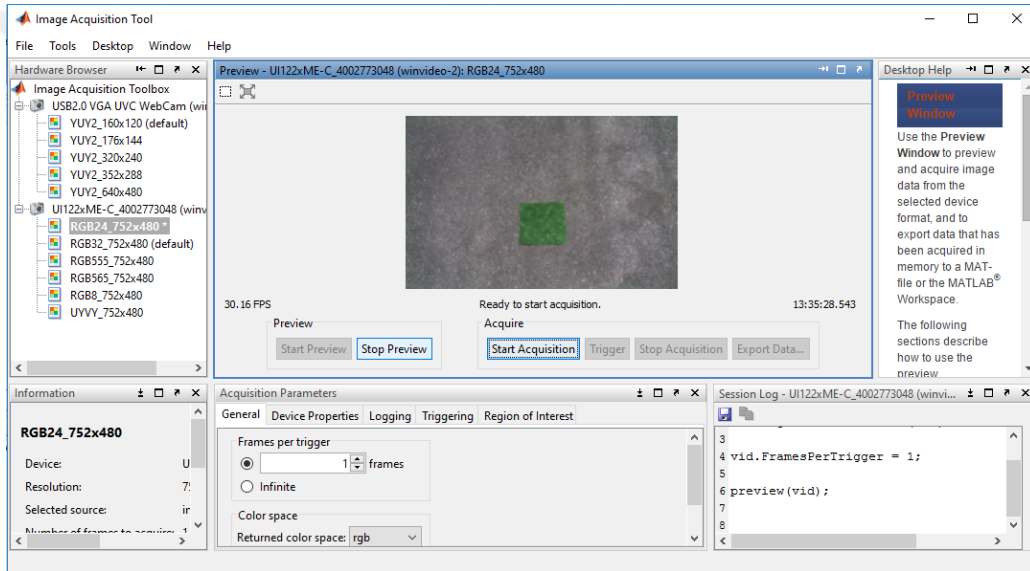
Şekil 3.21. Tarla pülverizatörü kontrol sistemi bileşenleri ve bağlantı durumları



Şekil 3.22. Kamera verileri doğrultusunda yabancı ot yoğunluğunu belirleme ve değişken düzeyli uygulama sisteminin algoritması

### 3.2.1. Video görüntülerin Matlab ortamına aktarılması

Kamera, traktör ön kısmına monte edilen ve yer düzlemine göre 5 m'ye kadar yükselebilen bir platformun üzerine yerleştirilmiş ve görüntüler 5 m uzunluğunda bir USB 2.0 kablo ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Kamera ile ilgili konfigürasyon ayarları, ara yüz programı ile yapılabilmektedir. Kamera tarafından elde edilen görüntülerin Matlab ortamına aktarılabilmesi için Image Acquisition Toolbox (Şekil 3.23) kullanılmaktadır. Bu araç kutusu endüstriyel ve bilimsel kameraların Matlab ve Simulink'e bağlanmasını sağlayan fonksiyonlara ve bloklara sahiptir. Bu araç kutusu, kameranın donanım özelliklerini interaktif olarak algılayan ve yapılandıran uygulamalar içermektedir. Araç kutusu, döngü içi işleme, donanım tetikleme, arka plan edinimi ve birden fazla cihazda eşlemeyi senkronize etme gibi veri alma modlarını etkinleştirir (Matlab, 2017a).



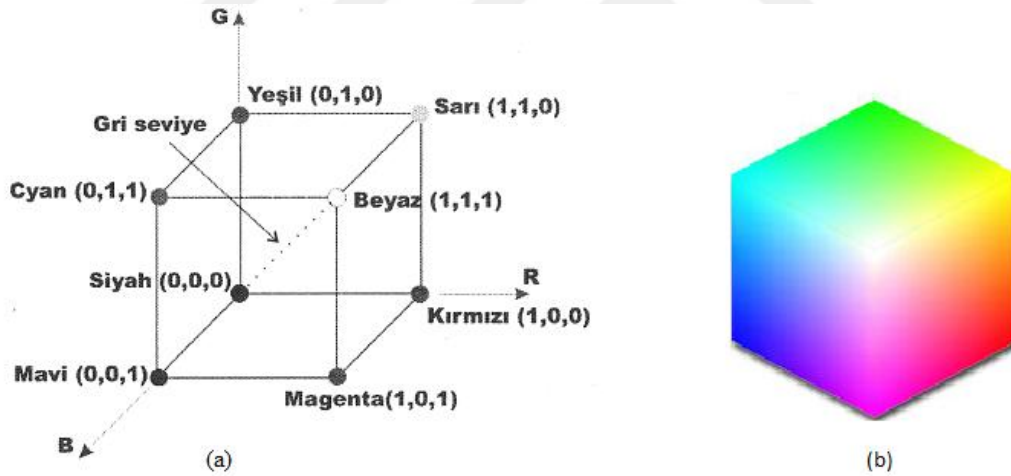
Şekil 3.23. Matlab görüntü alma araç kutusu

Şekilde 3.23'te 'Hardware Browser' menüsü altında bilgisayara bağlı olan kameralar görülmektedir. 1. kamera (USB 2.0 VGA WebCam) bilgisayarın web kamerası 2. kamera ise çalışmada kullanılan endüstriyel kameradır. Kullanılacak kamera ve çözünürlük değeri seçildiği zaman araç kutusundan ön izleme ya da kayıt işlemi yapılabilmektedir. Veri alımı başladığı andan itibaren Matlab çalışma alanına da bu görüntü verileri aktarılabilmektedir. 2. kameradan görüntülerin çalışma alanına aktarılması için kullanılan kodlar aşağıda görülmektedir

```
vid=videoinput('winvideo',2);  
set(vid,'returnedcolorspace','rgb');  
misir=getsnapshot(vid);
```

### 3.2.2. Elde edilen görüntülerin renk kanallarına ayrılması

RGB renk formatında Matlab ortamına aktarılan görüntüler Image Processing Toolbox fonksiyonları kullanılarak görüntü ilk olarak renk kanallarına ayrılmıştır. Çünkü RGB renk modelinde her renk, onun kırmızı, yeşil ve mavi ana spektral bileşenleri şeklinde görünür (Gonzalez ve Wood, 2014). Bu model bir Kartezyen koordinat sistemine dayanır. İlgilenilen renk alt uzayı Şekil 3.24 (a)'da görülen küptür, burada R, G ve B ana renk değerleri küpün üç köşesinde; siyah, orijinde; beyaz da orijinden en uzaktaki köşesinde yer alır. Bu modelde gri ölçek (RGB değerlerinin eşit olduğu noktalar), siyahtan beyaza doğru bu iki nokta arasını birleştiren doğru boyunca uzanır. Modelde farklı renkler küp üzerinde veya içerisindeki noktalardır ve bu noktalar orijinden uzanan vektörler ile tanımlanırlar. Şekil 3.24 (a)'da görülen küp birim küptür ve tüm renk değerlerinin normalize edildiği varsayılır. Başka bir deyişle tüm R, G ve B değerlerinin  $[0, 1]$  aralığında olduğu varsayılır. RGB renk modelinde temsil edilen görüntüler, her biri bir ana renkteki üç bileşen görüntüsünden oluşur. Şekil 3.24 (b)'de üç ana rengin birleşiminden oluşan RGB renk küpü görülmektedir.

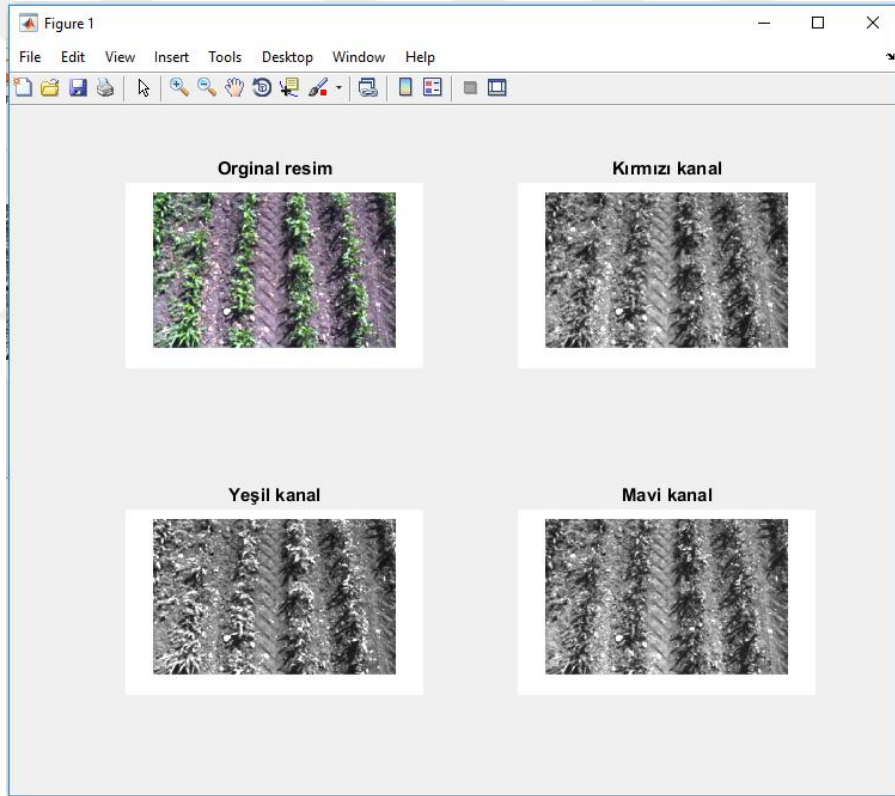


Şekil 3.24. RGB birim küpü taslak çizimi (a) ve RGB renk küpü (b) (Bilgikumbarası, 2017)

Renkli görüntüler bilgisayar ekranlarında 24 bit'lik veri olarak görüntülenmektedir. Görüntüleme, R (kırmızı), G (yeşil), B (mavi) olarak kodlanmış aynı objeye ait üç adet gri düzeyli görüntünün üst üste ekrana iletilmesi ile oluşur. Elektro-manyetik spektrumda 0.4-0.5 mm dalga boyu mavi renge; 0.5-0.6 mm dalga boyu yeşil renge; 0.6-0.7 mm dalga boyu kırmızı renge karşılık gelmektedir. Bu dalga boylarında elde edilmiş üç gri düzeyli görüntü bilgisayar ekranında sırası ile kırmızı-yeşil-mavi kombinasyonunda üst üste düşürülerek renkli görüntü elde edilmektedir (Siyah, 2015). Bu üç ana renk değerinin

belirli oranlarda birleşmesi ile oluşan görüntü tekrar kendini oluşturan bileşenlerine ayrılarak, bazı çıkarımlar yapılabilmektedir. Aşağıda arazi üzerinden elde edilen görüntüleri renk kanallarına ayırmak için kullanılan Matlab kodları ve bu orijinal görüntünün RGB kanallarına ayrılmış halleri Şekil 3.25'te görülmektedir.

```
misir = imread('C:\Users\Administrator\Desktop\image\21.jpg');  
r = misir (:, :, 1);  
g = misir (:, :, 2);  
b = misir (:, :, 3);  
subplot(2,2,1); imshow(misir); title 'Orjinal görüntü';  
subplot(2,2,2); imshow (r), title 'Kırmızı kanal';  
subplot(2,2,3); imshow (g), title 'Yeşil kanal';  
subplot(2,2,4); imshow (b), title 'Mavi kanal';
```

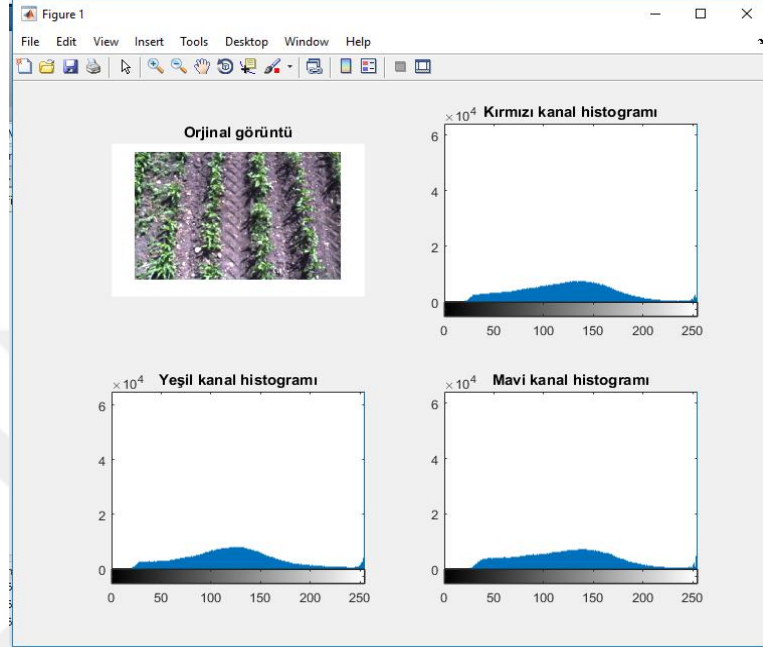


Şekil 3.25. Mısır arazisine ait görüntünün RGB kanallarına ayrılması

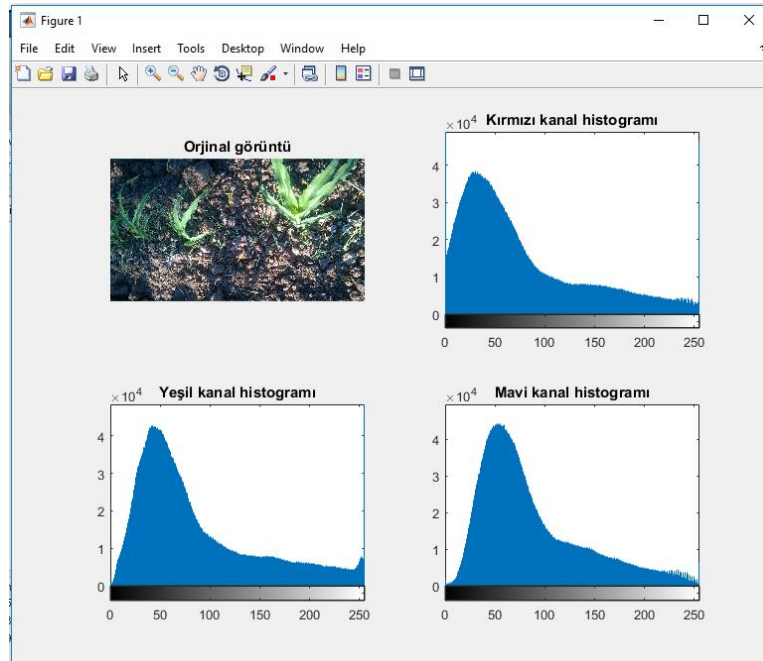
Şekil 3.25'te yeşil kanal görüntüsünün parlaklık değerinin diğer kanallara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum orijinal görüntüde bulunan mısır bitki sıralarından yansıyan dalga boylarından kaynaklanmaktadır. Başka bir deyişle bitki sıralarından yansıyan enerji dalgalarının değeri yeşil rengi temsil eden dalga boyuna ne kadar yakınsa, aynı şekilde yeşil kanal görüntüsündeki bitki sıralarına ait piksellerin parlaklık değerleri o kadar fazla olmaktadır. Ayrıca elde edilen görüntülerin yerden 5 metre yükseklikten ögle

saatlerinde çekilmiş olması histogram değerleri arasındaki farkın azalmasına neden olduğu görülmektedir.

Şekil 3.26'da çalışma esnasında elde edilen bir görüntünün renk kanallarına ait histogramı, Şekil 3.27'de ise daha yakından ve yüksek çözünürlük ile elde edilen görüntünün histogram değerleri görülmektedir.



Şekil 3.26. Çalışma esnasında elde edilen orijinal görüntünün RGB kanallarına ait histogramlar



Şekil 3.27. Yakın mesafeden elde edilen görüntünün RGB kanallarına ait histogramlar

### 3.2.3. Gri seviye dönüşümü

Gri seviye dönüşümü, renkli görüntünün siyah ve beyaz arasında farklı yeşinlik düzeyine sahip değerlere dönüştürülmesidir. Renkli görüntüde bir pikselin değeri R, G, B değerlerinin farklı kombinasyonlarından oluşmaktadır. Farklı algoritmalar kullanılarak bir RGB görüntü gri düzey görüntüye dönüştürülmektedir. Bu algoritmalar temelde 3 aşamadan oluşmaktadır ve bunlar sırasıyla; bir pikselin R, G, B değerlerinin elde edilmesi, bu değerleri tek bir gri seviye değere dönüştürmek için kullanılan matematiksel denklem ve orijinal R, G, B değerlerinin yeni gri seviye değerle değiştirilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Aşağıda yaygın kullanılan 3 farklı gri seviye dönüşüm denklemleri görülmektedir.

1. Ortalama yöntemi kullanılarak yapılan gri seviye dönüşümü (Eşitlik 3.1);

$$\text{Gri seviye görüntü} = (R (\text{kırmızı}) + G (\text{yeşil}) + B (\text{mavi})) / 3 \quad (3.1)$$

2. Gri seviye görüntüyü insan gözüne uyumlu hale getirmek için kullanılan parlaklık temelli bazı katsayıların belirlenmesiyle yapılan dönüşüm (Eşitlik 3.2);

$$\text{Gri seviye görüntü} = (R (\text{kırmızı}) * 0.299 + G (\text{yeşil}) * 0.587 + B (\text{mavi}) * 0.114) \quad (3.2)$$

3. Desaturating metod (bir pikselin maksimum ve minimum değerlerinin toplamının ortalamasının alınması) (Eşitlik 3.3);

$$\text{Gri seviye görüntü} = (\text{Max}((R (\text{kırmızı}), G (\text{yeşil}), B (\text{mavi})) + \text{Min}((R (\text{kırmızı}), G (\text{yeşil}), B (\text{mavi}))) / 2 \quad (3.3)$$

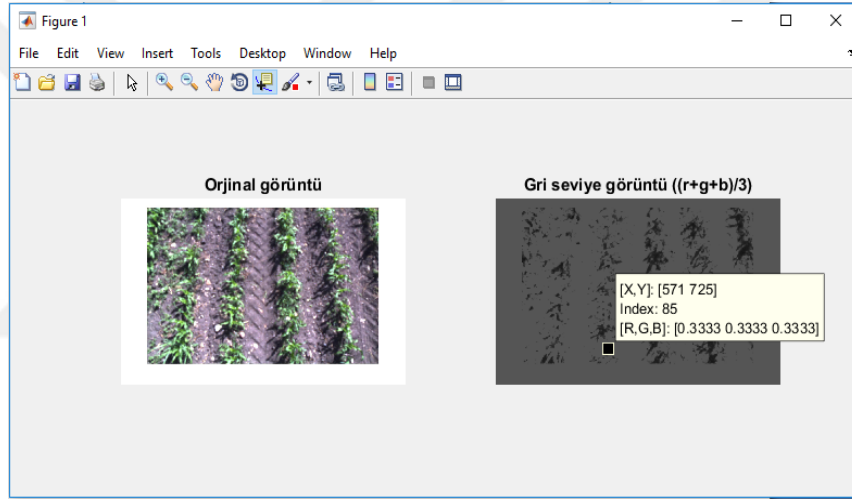
Çalışmada temel amaç araziden elde edilen görüntülerdeki yeşil nesnelere (kültür bitkileri ve yabancı otlar) diğer nesnelere göre ön plana çıkarılmasıdır. Çünkü gri seviye görüntüde kültür bitkisi ve yabancı otların parlaklık değerlerinin büyük olması görüntünün ikili seviye görüntüye dönüşüm aşamasında daha doğru sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacaktır. Arazi üzerinden elde edilen bir RGB görüntüden türetilen yeni gri seviye görüntüye ait herhangi bir (x, y) koordinat değerlerine sahip bir pikselin parlaklık seviyesini arttırmak için ilk olarak Wobbecke ve ark. (1995) tarafından Eşitlik 3.4'te verilen denklem kullanılmıştır. Daha sonra birçok araştırmada (Jeon ve ark., 2011; Liu ve ark., 2014; Hlaing ve ark., 2014; Sabancı, 2013) katsayılar da bazı küçük değişiklikler yapılarak benzer denklemler kullanılmıştır.



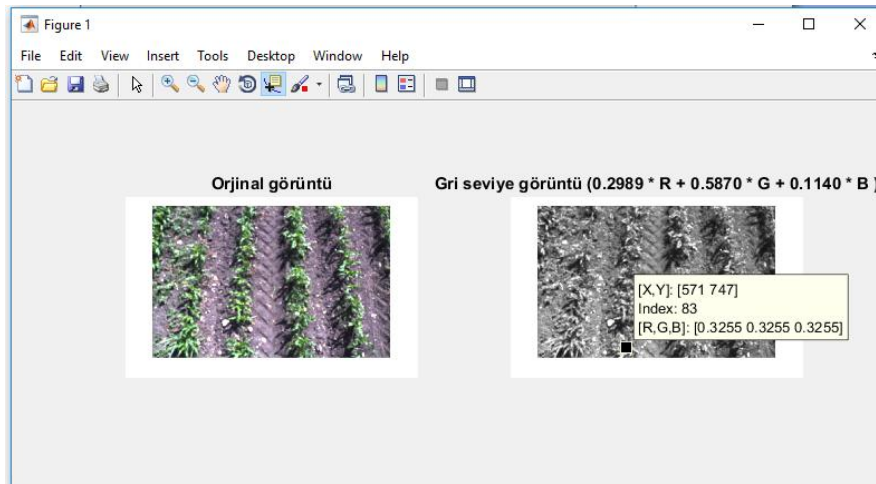
$$\text{Gri seviye görüntü} = (G (\text{kırmızı}) * 2 - R(\text{kırmızı}) - B (\text{mavi})) \quad (3.4)$$

$$R = (r) / (r+g+b), \quad G = (g) / (r+b+g), \quad B = (b) / (r+g+b),$$

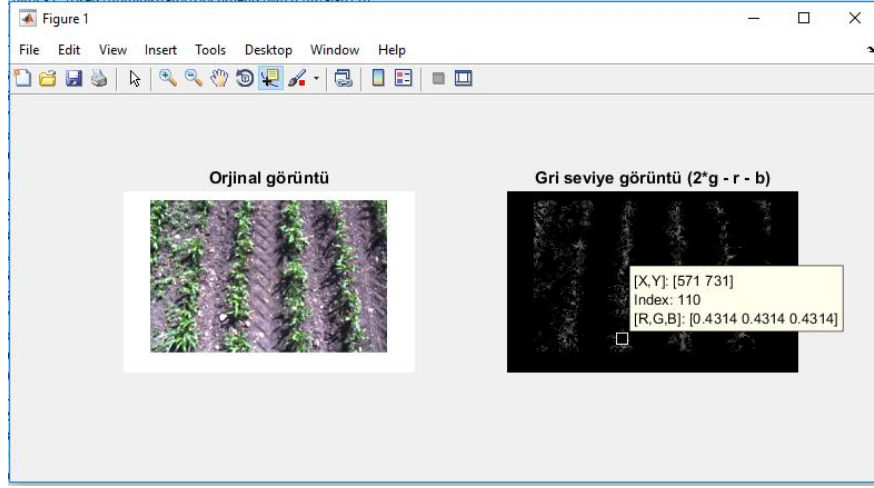
Burada; R, G, B ifadeleri görüntünün renk kanallarını (kırmızı, yeşil, mavi), r, g, b ifadeleri ise her bir kanal için herhangi bir pikselin renk değerlerini tanımlamaktadır. Yukarıda ifade edilen farklı gri seviye dönüşümleri kullanılarak elde edilen görüntüdeki bitki sırasına ait herhangi bir pikselin değerlerini içeren görüntüler sırasıyla Şekil 3.28, 3.29 ve 3.30'da görülmektedir. Şekil 3.28'de bitkilere ait piksel değerlerinin çok küçük olduğu görülmekte, Şekil 3.29'da ise hem bitkilerin hem de toprak taş vb. diğer materyallerin parlaklık seviyeleri birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu iki dönüşümün bitki-arka plan segmentasyonu açısından uygun olmadıkları görülmektedir.



Şekil 3.28. Ortalama gri seviye dönüşümü  $((R+G+B)/3)$



Şekil 3.29. Standart gri seviye dönüşümü  $(0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B)$

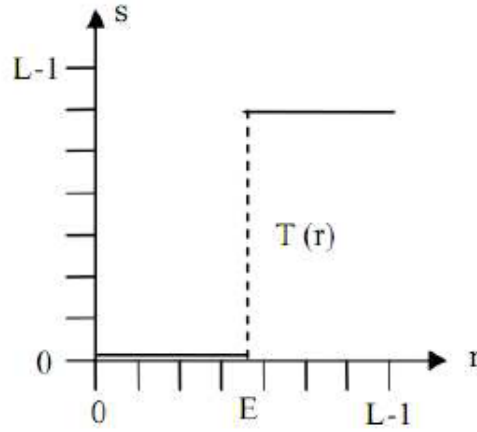


Şekil 3.30. Yeşil kanal değeri baskın gri seviye dönüşümü ( $2 \cdot R - G - B$ )

Şekil 3.30'da görülen dönüşümde yeşil kanal değeri ön plana çıkarılmış ve böylece bitki-arka plan parlaklık farkı artırılmıştır. Bu dönüşümün ( $2 \cdot G - R - B$ ) bitki-arka plan segmentasyonu için kullanılabilmesi görülmektedir.

#### 3.2.4. Global eşikleme ile binary görüntünün elde edilmesi

Görüntü geliştirme söz konusu olduğunda ikili 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 oluşturulmuştur. Birçok uygulamada  $(0; L-1)$  aralığındaki  $L$  adet değerden  $(0; L-1)$  veya  $(0;1)$  değerlerine geçilir. Hangi değerlerin seçileceği uygulama yöntemine 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  $L-1$  (veya uygulamaya göre 1) yerleştirilmektedir. Bu değerlerin çeşitli anlamları vardır. Bir uygulamada  $(0;1)$  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 3.31'de  $(0; L-1)$  aralığındaki değerleri  $(0; L-1)$  değerlerine gönderen bir dönüşüm fonksiyonu görülmektedir (Bellanger, 2000).



Şekil 3.31. Eşikleme için dönüşüm fonksiyonu

Bu fonksiyon Eşitlik 3.5 ile ifade edilmektedir (Bellanger, 2000);

$$s = T(r) = \begin{cases} 0, & r \leq E \\ L - 1, & r > E \end{cases} \quad (3.5)$$

### 3.2.5. Otsu eşik belirleme yöntemi

Otsu (1979), toplam L gri seviyeden [1,2,3,...L] oluşan bir görüntünün her bir gri seviye değeri x ile temsil edilmiş ve her bir gri seviye değerinin görüntü içerisindeki sayısı ( $N=x_1+x_2+x_3+\dots+x_L$ ) olarak ifade edilmiştir. Yine görüntü içerisindeki aynı gri seviyedeki herhangi bir piksel grubunun toplamının toplam piksel sayısına oranı p(x) ile ifade edilmiştir ki p(x) fonksiyonu aynı zamanda görüntüye ilişkin normalize edilmiş histogramı ifade etmektedir. Bu çerçevede, t eşik değeri olarak seçilmiş, arka plan olarak sınıflandırılacak olan piksel grubunun görüntüde bulunma olasılığı Eşitlik 3.6 ile bulunmuştur. Ayrıca, nesneye ait pikseller olarak sınıflandırılacak olan piksel grubunun görüntüde bulunma olasılığı ise Eşitlik 3.7 ile belirtilmiştir. Arka plan ve nesneye ait piksellerin gri seviyelerinin ortalama değerleri, sırasıyla Eşitlik 3.8 ve 3.9 kullanılarak bulunmuştur.

$$\theta(t) = \sum_{x=1}^t p(x) \quad (3.6)$$

$$1 - \theta(t) = \sum_{x=t+1}^L p(x) \quad (3.7)$$

$$\mu_b = \frac{\sum_{x=1}^t xp(x)}{\sum_{x=1}^t p(x)} = \frac{\mu(t)}{\theta(t)} \quad (3.8)$$

$$\mu_o = \frac{\sum_{x=t+1}^L xp(x)}{\sum_{x=t+1}^L p(x)} = \frac{\sum_{x=1}^L xp(x) - \sum_{x=1}^t xp(x)}{1 - \theta(t)} = \frac{\mu - \mu(t)}{1 - \theta(t)} \quad (3.9)$$

Eşitlik 3.8'deki  $\mu$ , bütün bir görüntüdeki gri seviyelerin ortalamasıdır. Eşitlik 3.6 ve 3.7'den yararlanarak, arka plan ve nesneye ait piksellerin gri seviyelerinin varyansları ise Eşitlik 3.10 ve 3.11 ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_b^2 = \frac{\sum_{x=1}^t (x - \mu_b)^2 p(x)}{\sum_{x=1}^t p(x)} = \frac{1}{\theta(t)} \sum_{x=1}^t (x - \mu_b)^2 p(x) \quad (3.10)$$

$$\sigma_o^2 = \frac{\sum_{x=t+1}^L (x - \mu_o)^2 p(x)}{\sum_{x=t+1}^L p(x)} = \frac{1}{1 - \theta(t)} \sum_{x=t+1}^L (x - \mu_o)^2 p(x) \quad (3.11)$$

Görüntüdeki piksellerin dağılımının toplam varyansı ise Eşitlik 3.12 kullanılarak bulunmuştur.

$$\sigma_T^2 = \sum_{x=1}^L (x - \mu)^2 p(x) \quad (3.12)$$

Eşitlik 3.12 aşağıdaki gibi iki kısmın toplamı biçiminde de ifade edilebilir (Eşitlik 3.13):

$$\sigma_T^2 = \sum_{x=1}^t (x - \mu)^2 p(x) + \sum_{x=t+1}^L (x - \mu)^2 p(x) \quad (3.13)$$

Eşik değeri ilgili bir sonuca ulaşmak için, iki piksel grubunun Eşitlik 3.8 ve Eşitlik 3.9 ile tanımlanan istatistikleri eşitlik 3.8 aşağıdaki gibi düzenlemeyle dahil edilir (Eşitlik 3.14).

$$\sigma_T^2 = \sum_{x=1}^t (x - \mu_b + \mu_b - \mu)^2 p(x) + \sum_{x=t+1}^L (x - \mu_o + \mu_o - \mu)^2 p(x)$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{x=1}^t (x - \mu_b)^2 p(x) + \sum_{x=1}^t (\mu_b - \mu)^2 p(x) + 2 \sum_{x=1}^t (x - \mu_b)(\mu_b - \mu)p(x) \\
&+ \sum_{x=t+1}^L (x - \mu_o)^2 p(x) + \sum_{x=t+1}^L (\mu_o - \mu)^2 p(x) + 2 \sum_{x=t+1}^L (x - \mu_o)(\mu_o - \mu)p(x) \quad (3.14)
\end{aligned}$$

Eşitlik 3.14, 3.10 ve 3.11 eşitlikleri kullanılarak yeniden düzenlenirse Eşitlik 3.15 elde edilir.

$$\begin{aligned}
\sigma_T^2 &= \theta(t)\sigma_b^2 + (\mu_b - \mu)^2 \theta(t) + 2(\mu_b - \mu) \sum_{x=1}^t (x - \mu_b)p(x) \\
&+ [1 - \theta(t)]\sigma_o^2 + ((\mu_o - \mu)^2 [1 - \theta(t)] + 2(\mu_o - \mu) \sum_{x=t+1}^L (x - \mu_o)p(x) \quad (3.15)
\end{aligned}$$

Eşitlik 3.15'deki 3.terim Eşitlik 3.6 ve 3.8 ile verilen tanımlardan yararlanarak

$$\sum_{x=1}^t (x - \mu_b)^2 p(x) = \sum_{x=1}^t xp(x) - \mu_b \sum_{x=1}^t p(x) = \mu_b \theta(t) - \mu_b \theta(t) = 0$$

bulunur. Benzer şekilde Eşitlik 3.15'deki son terim, Eşitlik 3.12 ve 3.14 ile verilen tanımlardan yararlanarak

$$\begin{aligned}
\sum_{x=t+1}^L (x - \mu_o)^2 p(x) &= \sum_{x=t+1}^L xp(x) - \mu_o \sum_{x=t+1}^L p(x) = \mu_o [1 - \theta(t)] - \mu_o [1 - \theta(t)] \\
&= 0
\end{aligned}$$

bulunur ki sonuç olarak 3.15 Eşitliği 3.16 olarak ifade edilir.

$$\sigma_T^2 = \underbrace{\theta(t)\sigma_b^2 + [1 - \theta(t)]\sigma_o^2}_{\sigma_W^2(t)} + \underbrace{(\mu_b - \mu)^2 \theta(t) + (\mu_o - \mu)^2 [1 - \theta(t)]}_{\sigma_B^2(t)} \quad (3.16)$$

Burada,  $\sigma_W^2(t)$  nesne ve arka plan ile ilgili her bir pikseller grubu içerisindeki varyansı (Within-class variance)  $\sigma_B^2(t)$ , nesne ve arka plan ile ilgili her bir pikseller grubu arasındaki varyansı (Between-class variance) ifade etmektedir. Eşitlik 3.16'dan, nesne ve arka planı birbirinden en iyi şekilde ayırabilecek olan t eşik değeri, nesnelere temsil eden

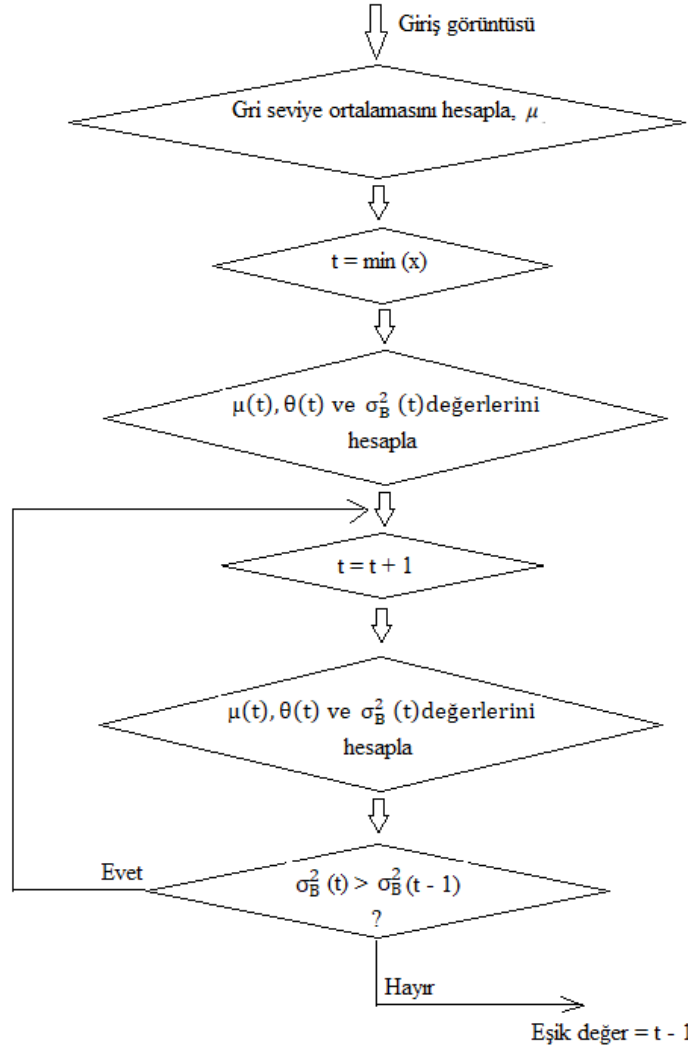
pikseller grubu ile arka planı temsil eden pikseller grubu arasındaki varyansı ( $\sigma_B^2(t)$ 'yi) en büyükleyecek ve dolayısıyla bu pikseller grubu içerisindeki varyansı ( $\sigma_W^2(t)$ 'yi) en küçükleyecek şekilde belirlenmelidir (Kızılkaya, 2008).

Eşitlik 3.8 ve 3.9'dan yararlanarak  $\sigma_B^2(t)$  üzerinde inceleme yapılırsa,

$$\begin{aligned} \sigma_B^2 &= \left[ \frac{\mu(t)}{\theta(t)} - \mu \right]^2 \theta(t) + \left[ \frac{\mu - \mu(t)}{1 - \theta(t)} - \mu \right]^2 [1 - \theta(t)] \\ &= \frac{[\mu(t) - \mu\theta(t)]^2}{\theta(t)} \end{aligned} \quad (3.17)$$

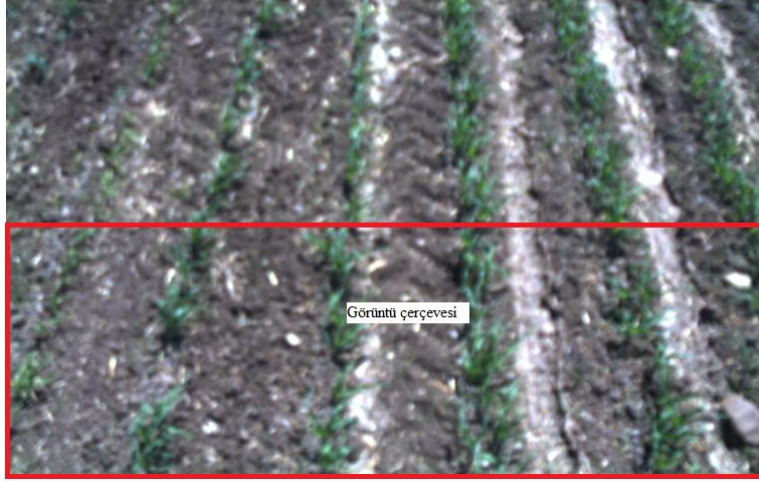
sonucuna ulaşılır (Eşitlik 3.17). Burada L gri seviyeden oluşan bir görüntü için  $\mu$  değeri  $\mu = \sum_{x=1}^L xP(x)$  ile bir defalığına hesaplanır. Görüntüdeki değer olarak küçük olan gri seviye değerinden başlayarak her bir gri seviye değeri t eşik değerleri olarak seçilerek  $\mu(t) = \sum_{x=1}^t xP(x)$  ve  $\theta(t) = \sum_{x=1}^t p(x)$  değerleri hesaplanır ve Eşitlik 3.17'de yerine konarak  $\sigma_B^2(t)$  değeri elde edilir. Ne zaman ki hesaplanan  $\sigma_B^2(t)$  değerleri bir önceki  $\sigma_B^2(t)$  değerinden küçük olursa o zaman hesaplama işlemi durdurulur. Böylece  $\sigma_B^2(t)$ 'yi en büyük yapan t eşik değerleri, bir önceki hesaplamada kullanılan gri seviye değeri olarak belirlenir. Şekil 3.32'de Eşitlik 3.17 dikkate alınarak Otsu eşik belirleme algoritmasının akış diyagramı verilmiştir.

Eşikleme yöntemi kullanılarak oluşturulan ikili seviye dönüşümü yapılmış resimde gri seviye parlaklık değeri eşik değerinin altında kalan pikseller arka plan (toprak, taş ve diğer meteryaller) siyah (0) olarak, gri seviye parlaklık değeri eşik değerinin üzerinde olan pikseller ise (mısır bitkisi ve yabancı otlar) beyaz (1) olarak belirlenmiştir.

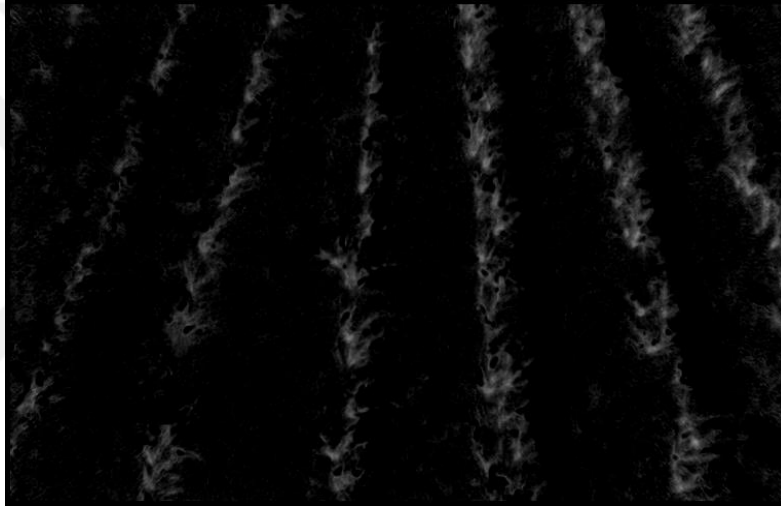


Şekil 3.32. Otsu eşik belirleme algoritması (Kızılkaya, 2008)

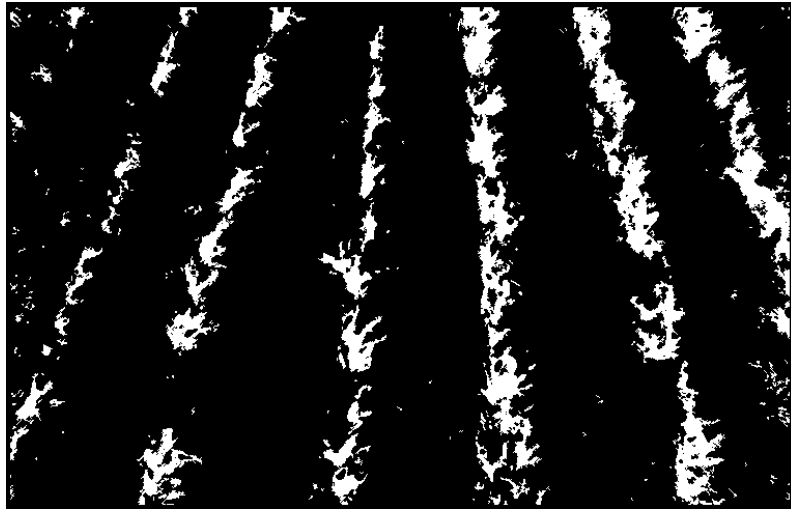
Şekil 3.33 a, b ve c'de sırasıyla orijinal görüntü, gri seviye görüntü ve Otsu eşikleme yöntemi kullanılarak gri seviye görüntüden türetilen binary (ikili) görüntü görülmektedir.



(a)



(b)



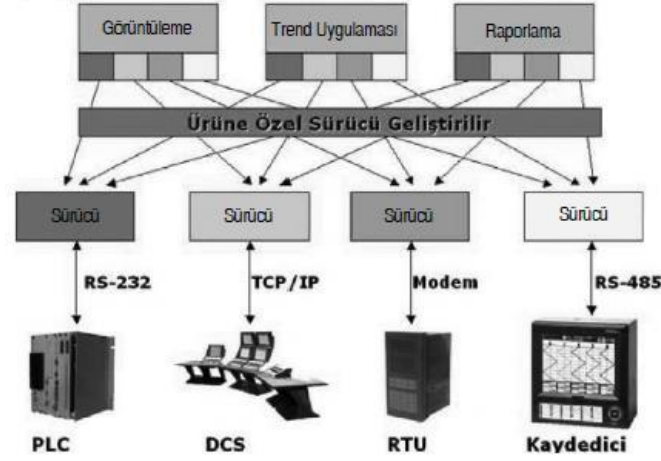
(c)

Şekil 3. 33. Orijinal görüntü (a), gri seviye görüntü (b), binary (ikili) görüntü (c)



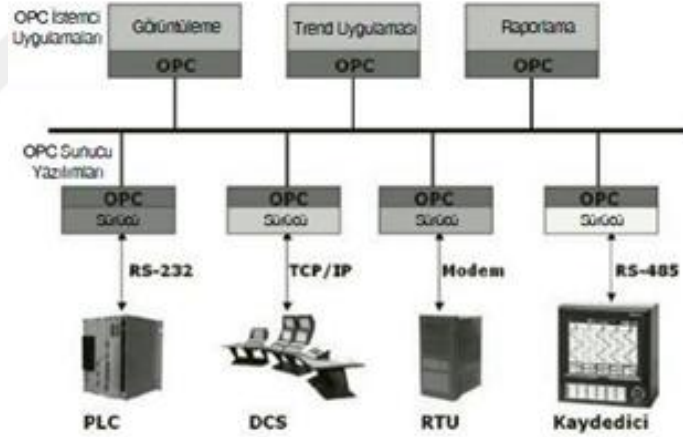
### 3.2.6. Matlab-PLC arası OPC haberleşme ve yapılandırma ayarları

OPC'nin artık endüstride yaygın bir standart olarak kabul edilmesi ile tüm donanım ve yazılım üreticileri sadece tek bir ara yüzü desteklemeleri yeterli olmaktadır. Böylece herhangi bir donanım-yazılım için farklı sürücülere gerek kalmamıştır. OPC standardını destekleyen bir ürün, OPC uyumlu herhangi bir ürünle direkt olarak haberleşebilmektedir. Endüstriyel otomasyon alanında yapılan çalışmalarda farklı markalara sahip cihazlardan veri aktarılması ya da cihazların birbiriyle haberleşmesi çoğunlukla sorun oluşturmaktadır. Cihazlar arası haberleşme, genellikle üretici firma tarafından geliştirilen özel bir ağ protokolü ile sağlanmaktadır. Her üretici kendi geliştirdiği özel protokoller ve bu protokoller anlayabilecek özel donanımlar geliştirerek kendi cihazları arasında veri alış verişini sağlamaktadır (Ünlü, 2007). Endüstriyel otomasyonda kullanılan haberleşme protokollerinin markadan markaya farklılık göstermesi, bu alanda bir standartlaşmaya gitmesi gerekliliğini doğurmuştur. Farklı üreticiler tarafından geliştirilen donanım ve yazılımların doğru bir şekilde bir arada çalışmasını sağlamak amacıyla, sunucu-istemci mimarisi temel alınarak OPC teknolojisi geliştirilmiştir (Lieping ve ark., 2007). OPC, endüstriyel otomasyon alanında birlikte çalışabilirlik (interoperability) sorununu çözmek için oluşturulmuş bir haberleşme standardıdır. Başka bir deyişle, birbirinden farklı markalara ait cihazların birbiri ile haberleşmesini sağlamaktadır. 2005 yılında resmi olarak kurulan OPC derneği, günümüzde OPC haberleşme ile ilgili tüm koordinasyon ve standardizasyon işlerini yürütmektedir (Onx, 2016). Farklı haberleşme protokollerini kullanan cihazların Matlab, Open CV, C# vb. uygulamalar ile ayrı ayrı haberleştirilmesi oldukça uzmanlık isteyen ve zaman kaybına neden olan bir işlemdir. Oysa aynı cihazlar OPC kullanarak haberleşme için tek satır kod yazmadan kolaylıkla istenilen programlarla ve birbirleri arasında kolaylıkla haberleştirilebilirler. Şekil 3.34'de OPC kullanılmadan önce donanım uygulama haberleşme sistemlerinin yapısı görülmektedir (Büyük ve Gök, 2012).



Şekil 3.34. OPC'den önce donanım-uygulama arası yapı (Büyük ve Gök, 2012)

OPC standardındaki haberleşme yapısı incelendiğinde (Şekil 3.35), OPC sunucusu sistemde kullanılan cihazlarla yazılım uygulamaları arasında doğrudan haberleşebilmektedir. OPC sunucusunun, sistemde kullanılan cihaz ile haberleşebilmesi için ilgili cihazın OPC sürücüsüne sahip olması gerekmektedir. Kullanıcı bu sürücüyü cihazın üretici firmasından kolaylıkla temin edebilmektedir (Büyük ve Gök, 2012).

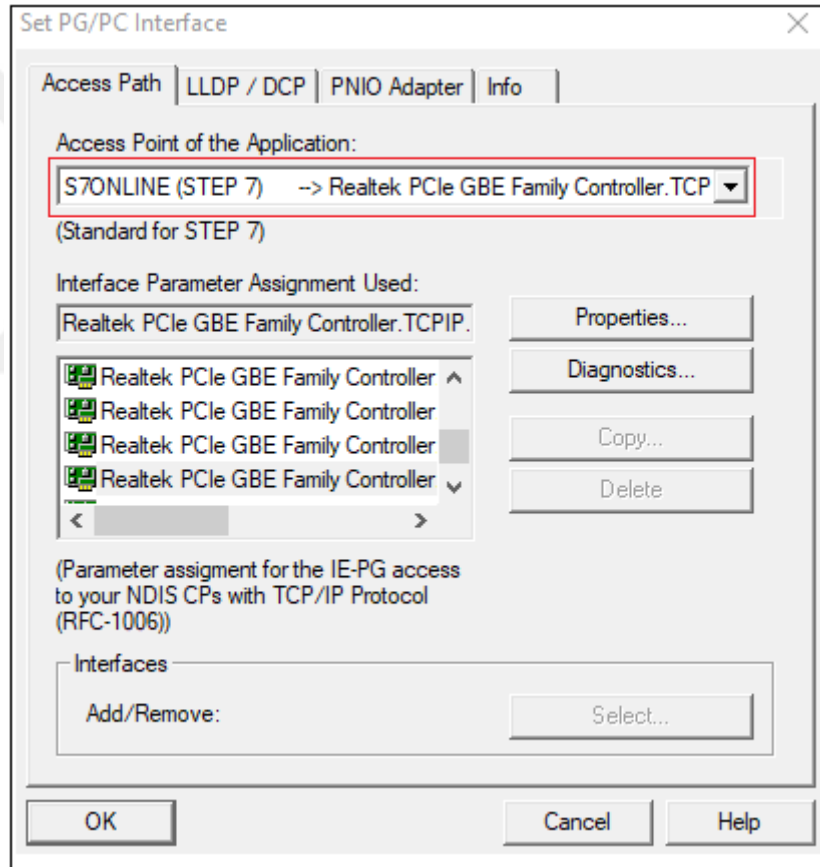


Şekil 3.35. OPC kullanımı ile donanım-uygulama arası yapı (Büyük ve Gök, 2012)

Çalışmada PLC-Matlab arası OPC haberleşmesinin gerçekleştirilebilmesi için hem PLC cihazı tarafında hem de Matlab programında bazı ön yapılandırmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Yeni nesil PLC'lerin en göze çarpan özelliklerinden birisi üzerinde profinet (ethernet) portunun olmasıdır. Bu sayede profinet portundan, PLC'ler kendi arasında haberleşebilmektedirler. PLC, operatör paneli ya da SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) yazılımı ile bu port üzerinden haberleştirilmektedir. Günümüzde PLC üreten firmaların büyük çoğunluğu artık OPC bağlantı desteği sağlamaktadır. S7-1500, S7-

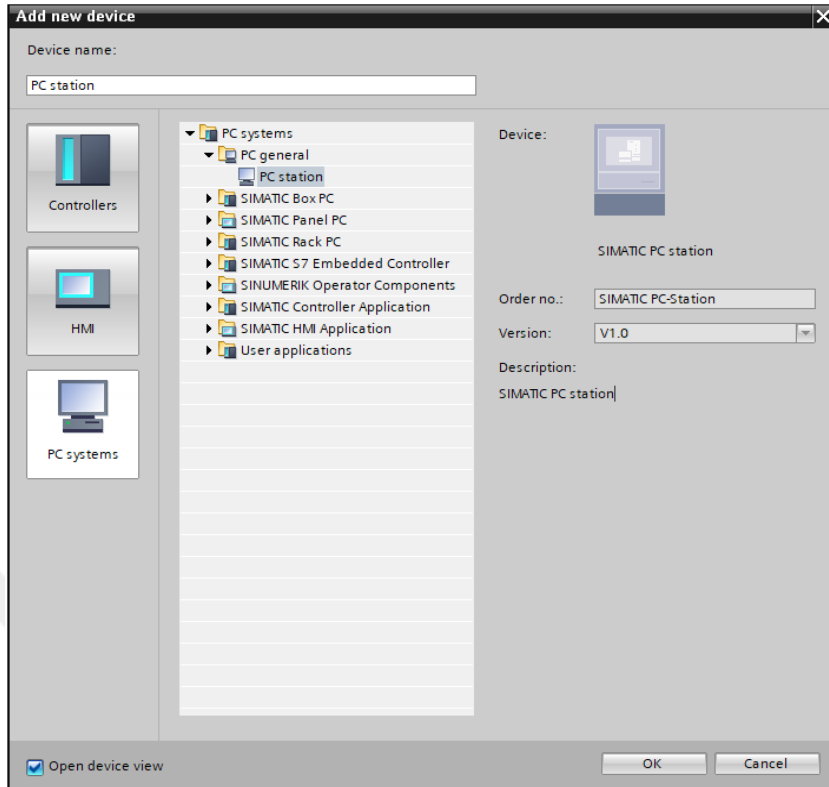
1200, S7-400 ve S7-300 serisi PLC'leri programlayabilmek için Siemens firmasının geliştirmiş olduğu Tia Portal programı kullanılmaktadır. Tia Portal üzerinde OPC sunucu bağlantısının gerçekleştirilebilmesi için ilk aşamada PC istasyonu yapılandırılması gerçekleştirilerek iki birim arasında veri alışverişi sağlanmalıdır. PC istasyonu yapılandırmasını gerçekleştirmeden önce PLC'nin PC istasyonu aracılığı ile bilgisayar ile iletişime geçebilmesi için bilgisayara sabit bir IP numarası atanmalıdır. Çalışmada kullanılan bilgisayar için IP numarası '192.168.0.10' PLC için ise '192.168.0.5' olarak belirlenmiştir. Bilgisayarın programlanan cihazla yani PLC ile online bağlantısının gerçekleştirilmesi için bilgisayarın kontrol panelinden 'Set PG/PC interface' adındaki konfigürasyon paneli açılarak buradan uygulama erişim noktası 'S7ONLINE (STEP 7)' olarak seçilmelidir (Şekil 3.36).



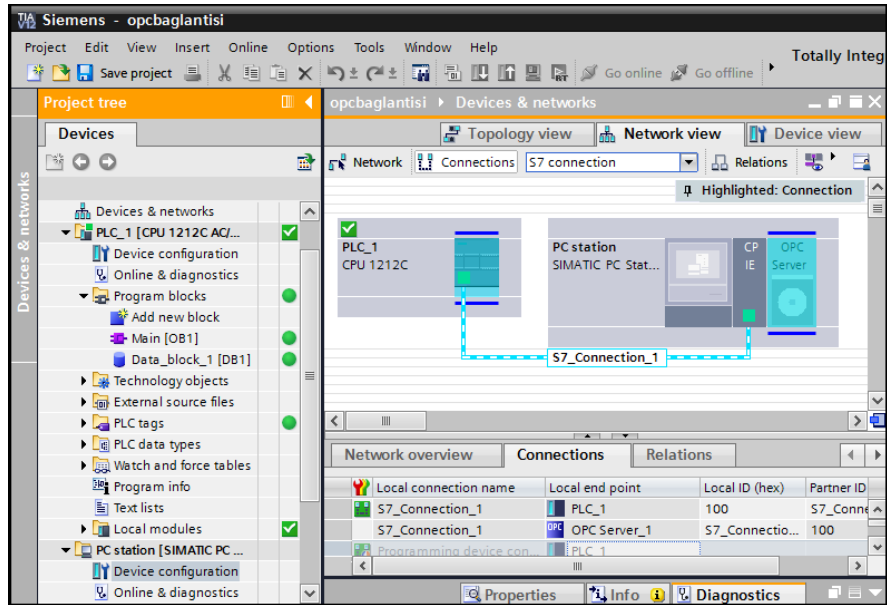
Şekil 3.36. PG/PC arayüz bağlantı ayarı

Yukarıda ifade edilen ön bağlantı yapılandırmalarının gerçekleştirilmesinin ardından kullanılan PLC'ye ait CPU yapılandırmaları ve PC istasyonu yapılandırmaları aynı proje içerisinde gerçekleştirilmektedir. PC istasyonu projenin 'Devices' bölümünden seçilerek oluşturulmaktadır (Şekil 3.37). Oluşturulan PC istasyonu alanına sırasıyla 'IE

general' ve 'OPC server' nesneleri eklenerek PC istasyonu ile PLC'nin CPU'su arasında 'S7' bağlantısı oluşturulmaktadır (Şekil 3.38).



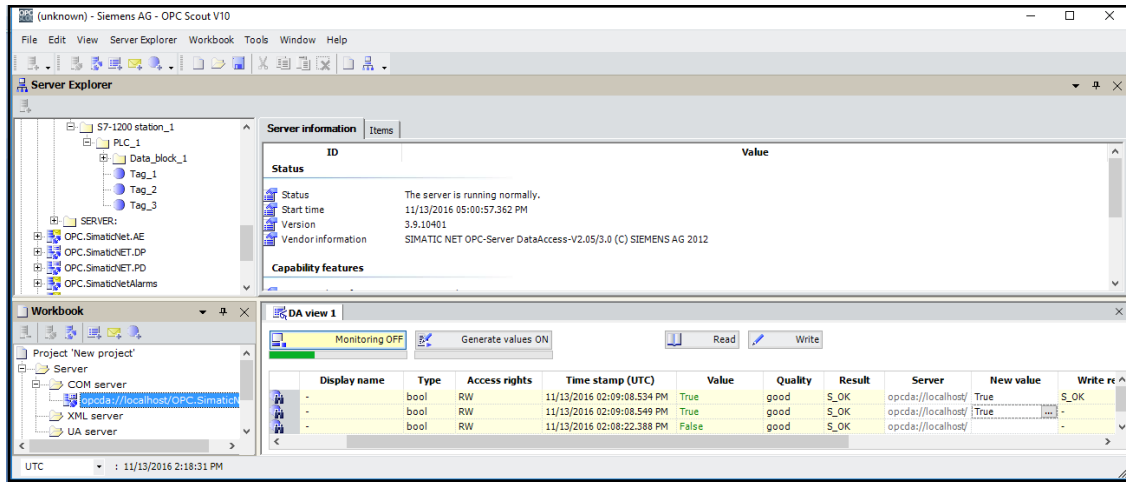
Şekil 3.37. Tia Portal içerisinde PC istasyonunun oluşturulması



Şekil 3.38. PC istasyonu PLC CPU'sunun S7 haberleşme yapılandırması

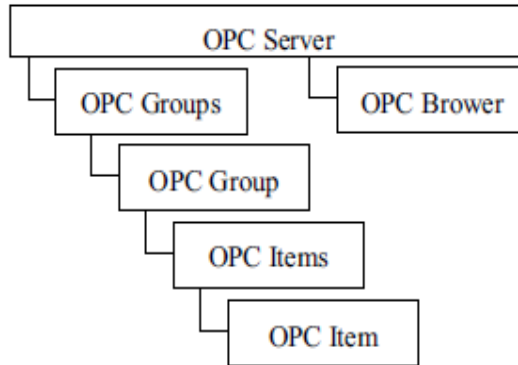
Tia Portal programındaki yapılandırmalar eksiksiz olarak gerçekleştirilip derlendikten sonra PLC programı ve PC istasyonu yapılandırmaları PLC CPU'suna yüklenmiştir. S7-1200 CPU hafıza alanlarına OPC sunucu aracılığı ile erişebilmek için, Tia

Portal programına ek olarak PC'ye ayrıca kurulan Simatic Net yazılımı kullanılmaktadır. Siamatic Net tarafından desteklenen OPC Scout yazılımı içerisinde OPC grup ve item bilgileri listelenmektedir. Online durumda CPU hafıza alanlarına erişilebilmekte ve her bir item nesnesinin durumu değiştirilebilmektedir (Şekil 3.39). Örneğin PLC'nin CPU hafıza alanlarının M1.1 biti OPC scout DA view üzerinden On (true) ya da Off (false) duruma çekilebilmektedir. Böylece OPC ara yüzüne sahip PC üzerine kurulmuş olan herhangi bir yazılım OPC ile gerçek zamanlı olarak haberleşerek, PLC hafıza alanlarına veri yazma okuma işlemini gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 3.39. OPC Scout arayüzü

OPC standartlarına göre tanımlanan OPC sunucu, üç nesneden oluşur. Bunlar; OPC Server, OPC Group ve OPC Item nesnelere dir. OPC Item nesnesi, veri okuma ve yazma için OPC Server tarafından tanımlanan en küçük mantık birimidir (Şekil 3.40). OPC Server ve yürütülen sürecin veri kaynağı arasında bağlantı sağlamaktadır. Bu demek oluyor ki, her OPC Item nesnesi istemci cihazının bir sinyal değişkeni ile ilişkilendirilmektedir. OPC Item nesnesi doğrudan kullanılmaz. OPC Item nesnesine grup nesnesi aracılığıyla erişilebilmektedir (Tekinalp ve ark., 2013).



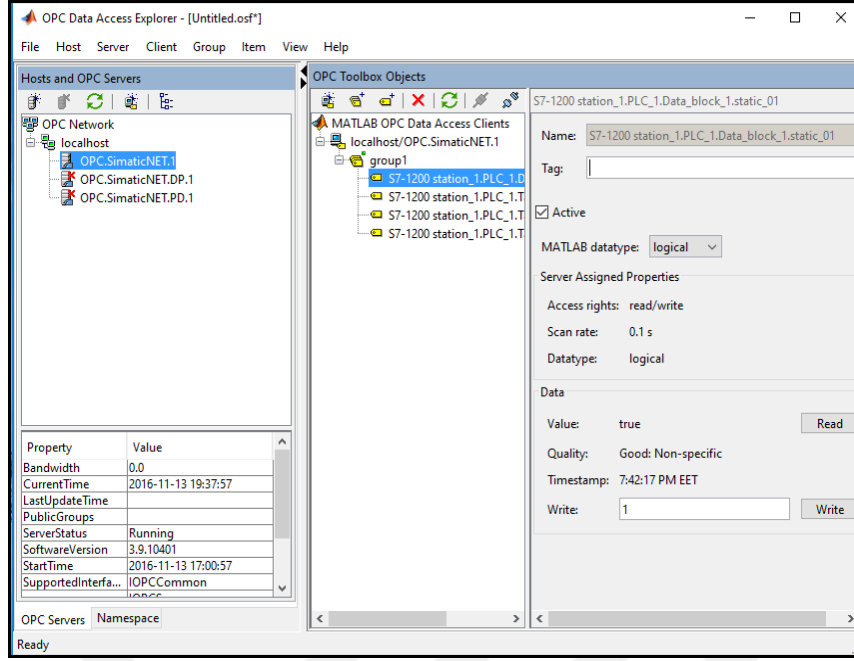
Şekil 3.40. OPC nesnelerinin hiyerarşik yapısı

OPC Toolbox, Matlab ve Simulink datalarına canlı olarak doğrudan erişimi sağlamanın yanında geçmişe ait OPC verilerine de erişim sağlamaktadır. OPC Toolbox aracılığı ile dağınık kontrol sistemlerinden (DCS), SCADA sistemlerinden ve PLC gibi kontrol cihazlarından data okuma ve yazma işlemi yapılabilmektedir. Ayrıca OPC Toolbox OPC Data Access (DA) standardı, OPC Tarihsel Veri Erişim (HDA) standardı ve OPC Birleşik Mimari (UA) standardına uygun canlı sunucular ve veri tarihçiler ile çalışmaya olanak sağlamaktadır (Matlab, 2017b).

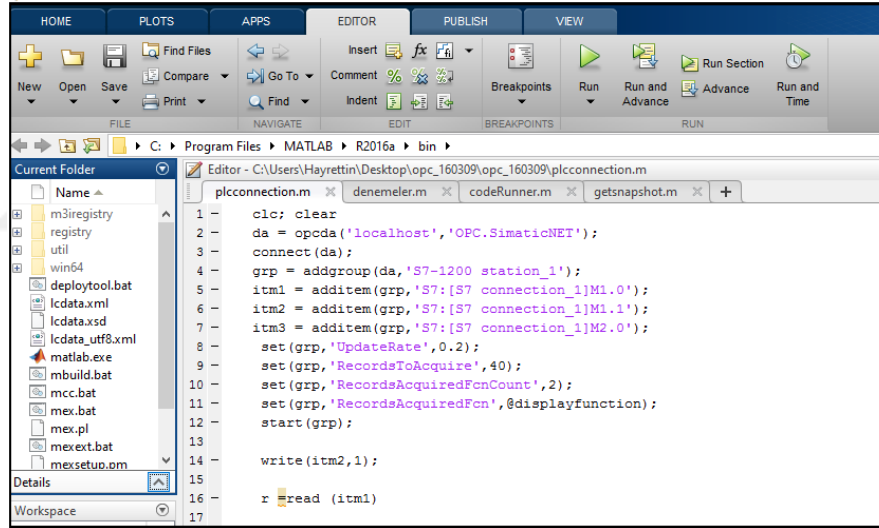
OPC araç kutusu bir OPC Client oluşturarak veri erişimini üç şekilde sağlamaktadır;

1. Matlab komut satırından doğrudan tüm OPC araç kutusu fonksiyonlarını çalıştırarak ya da bu fonksiyonları Matlab uygulamaları içinde kullanarak veri okuma ve yazma.
2. OPC server'e hızlı bir şekilde bağlanmak için bir grafik arayüzü (graphical user interface, GUI) oluşturup OPC Toolbox objelerini yaratarak veri okuma ve yazma.
3. Simulink ortamında bir sistemi simüle ederken Simulink Blockset kitaplığını kullanarak OPC server üzerinde veri okuma ve yazma.

Çalışmada bir görüntü işleme algoritmasının görüntülerden elde edeceği sonuçlara bağlı olarak Matlab-PLC haberleşmesi sağlanacağından Matlab komut satırında OPC araç kutusu fonksiyonları kullanılmıştır. İlk aşamada Matlab OPC Toolbox istemci olarak OPC.Simatic.Net ile bağlantı ayarları gerçekleştirilmiştir. Bu sayede sunucunun isim alanı ve sunucuda depolanan her bir OPC Item hakkında bilgi sahibi olunur (Tekinalp ve ark., 2013). Daha sonra OPC Group nesnesi oluşturularak istenilen OPC Item'ler gruba eklenmiştir. Böylece OPC Toolbox üzerinden tüm istemci, grup ve item nesnelерinin kontrol ve yapılandırılmaları sağlanır ve OPC Item olarak belirlenen PLC hafıza alanlarına, değer okuma ve yazma işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.41'de Matlab OPC Toolbox'ın 'Client' olarak ve OPC Simatic Net'in ise 'Server' olarak belirlenerek oluşturulan online durumdaki bağlantı ayarları görülmektedir. Ayrıca Matlab komut satırında çalıştırılmak üzere oluşturulan örnek m.file dosyası Şekil 3.42'de görülmektedir.



Şekil 3.41. Matlab OPC araç kutusu bağlantı ayarları

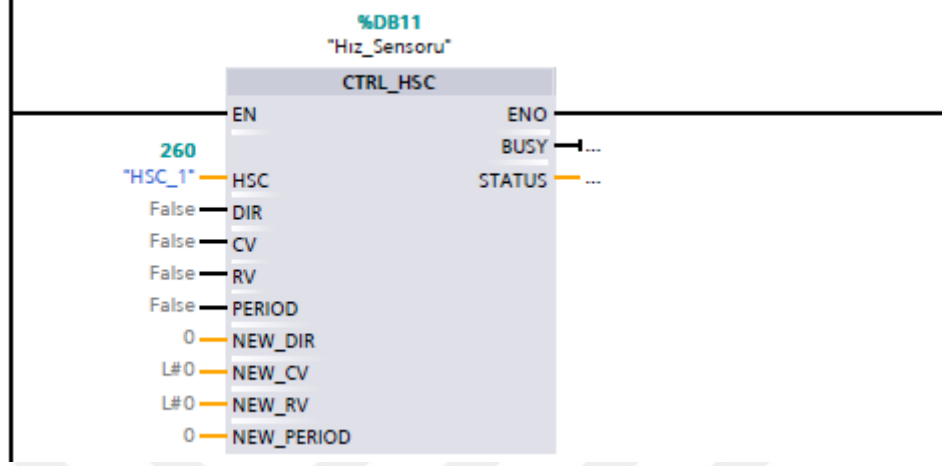


Şekil 3.42. Matlab- PLC gerçek zamanlı haberleşme komutları

### 3.2.7. Traktör hızının okunması

Arazi testlerinden önce düz zemin üzerine farklı aralıklarla yerleştirilen yeşil nesnelerin bulunduğu noktalara farklı traktör ilerleme hızlarında ön testler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak testlerin doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için traktörün 4 ile 8 km/h arasındaki hızları için radar hız sensörünün çıkış değerleri incelenmiştir. Radar hız sensöründen gelen bilgileri okumak için PLC girişlerinden bir tanesi hızlı sayıcı olarak atanmıştır. Çünkü PLC'ler çevrim süresinden daha hızlı gerçekleşen sinyalleri algılamak için özel donanımlara ihtiyaç duymaktadırlar. Çalışmada kullanılan S7-1200 PLC'lerde altı kanal hızlı sayıcı olarak kullanılabilmekte ve bu kanallar

'Tia Portal' programı içerisinde seçilerek 100 kHz'e kadar olan sinyaller okunabilmektedir. Radar hız sensörü PLC I0.0 girişine bağlanarak 'HSC\_1' kanalına aktarılmıştır. Bu kanaldaki veriler doğrudan 'ID1000' hafıza alanına yazılmaktadır. Şekil 3.43'te PLC programı içerisinde kullanılan hızlı sayıcı fonksiyonu görülmektedir.



Şekil 3.43. Hızlı sayıcı fonksiyon

'ID1000' hafıza alanına yazılan veri, bu alandan taşınarak matematiksel komutlar yardımıyla gecikmeyi sağlayan zamanlayıcılarda kullanılmak üzere uygun sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Üç bölüme ayrılan görüntü alanlarında yabancı ot yoğunluğu belirtilen eşik değeri geçtiğinde, OPC sunucu yazılımı üzerinden sırasıyla 1., 2. ve 3. bölüm için PLC'nin 'M1.1', 'M1.3' ve 'M1.5' hafıza alanlarına '1' değeri yazılmaktadır. Bu hafıza bitleri aktif olduğu anda kameranın o anda yakaladığı görüntü çerçevesi ile püskürtme memelerinin arasındaki mesafeye (4.60 m) ve o anki traktör hız bilgisine bağlı olarak bir gecikme süresi hesaplanmaktadır. Bu gecikme süresinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için hız bilgisi olarak kabul edilen sensör çıkış değeri bir 'k' (62.094) sabit sayısına bölünerek gerçek hız değerine dönüştürülmüştür. Bu 'k' sabit sayısının hesaplanması Eşitlik 3.18' de görülmektedir.

$$k = \frac{1 \frac{km}{h} \text{ hızda sensor çıkış frekansı (17,20)}}{1 \frac{km}{h} \text{ hız değerinin } \frac{m}{s} \text{ olarak ifadesi (0,277)}} = 62,094 \quad (3.18)$$

Testler süresince traktör hızı her seferinde 0.5 km/h arttırılarak 4 ile 8 km/h aralığında sensör çıkış frekansı ve kameranın görüntüleme alanı ile püskürtme memeleri arasındaki sabit mesafe değeri (4.60 m) kullanılarak hesaplanan gecikme süreleri Çizelge 3.2'de görülmektedir.



Çizelge 3.2. Traktör hızına bağlı hız sensörü çıkış frekans değerleri ve gecikme süreleri

Traktör hızı (km/h)	Sensör çıkış frekansı (Hz)	Gecikme süresi (ms)
4.0	75	3808
4.5	86	3321
5.0	95	3006
5.5	104	2746
6,0	113	2527
6.5	125	2284
7.0	132	2163
7.5	142	2010
8.0	151	1891

Hesaplanan gecikme sürelerinin traktör hızı arttıkça doğrusal bir şekilde azaldığı görülmektedir. Örneğin traktör düz zemin üzerinde 5 km/h hız ile ilerlerken kamera bir yeşil nesneyi algıladığı anda hız sensörü çıkış frekans değeri (95) PLC hızlı sayıcı birimi tarafından okunmaktadır. Bu değer yine PLC programı içerisinde sabit bir katsayı ile çarpılarak gerçek hız bilgisine, yani 3006 ms değerine, dönüştürülmektedir (Çizelge 3.2). Elde edilen gecikme değeri yeşil nesne algılandığı andan itibaren gecikmeyi başlatan zamanlayıcıların set değeri olarak atanmaktadır.

### 3.2.8. Morfolojik İşlemler

Biyolojinin, canlıların şekil ve yapıları ile ilgilenen dalına morfoloji (biçim bilimi) adı verilmektedir. Matematiksel morfoloji ise temel küme işlemlerine dayanan, imgedeki sınırlar, iskelet gibi yapıların tanımlanması ve çıkartılması, gürültü giderimi, bölütleme gibi uygulamalar için gerekli bir araçtır. İmge işlemede genellikle, morfolojik süzgeçleme, inceltme, budama gibi ön veya son işlem olarak da sıkça kullanılırlar (Gonzalez ve Woods, 2014). Yapısal eleman olarak isimlendirilen yapı, imge üzerinde yapacağımız işleme ve yapmak istediğimiz uygulamaya göre istenilen boyutlarda ve istenilen şekilde hazırlanmış küçük ikilik bir imgedir. Yapısal eleman farklı geometrik şekillerden herhangi biri olabilir. En çok kullanılanları kare, dikdörtgen ve dairedir. Şekil 3.44'te farklı yapısal eleman örnekleri görülmektedir.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(a)

0	1	0
1	1	1
0	1	0

(b)

1
1
1
1

(c)

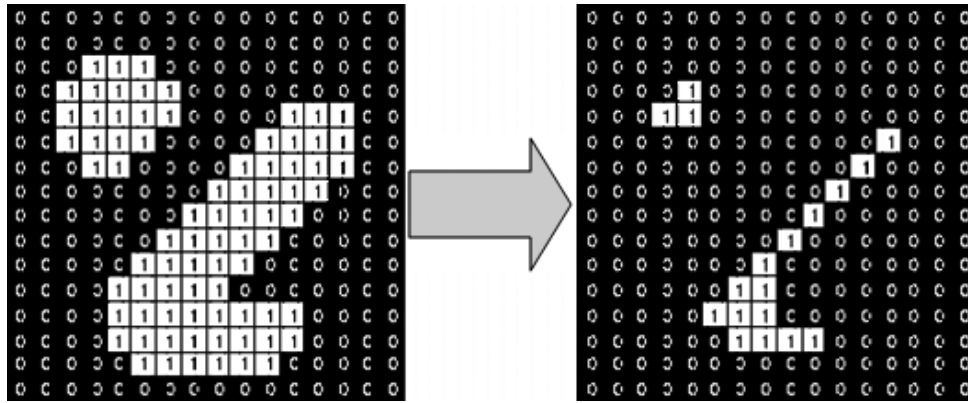
Şekil 3.44. Yapısal elamanlar; kare (a), bir komşulu disk (b), dikey çizgi (c)

Temel olarak morfolojik görüntü işleme konumsal filtrelemeye çok benzemektedir. Çıktı görüntüyü oluşturmak için, yapısal elemanın merkez noktası, girdi görüntünün her bir pikseli üzerinde sıra ile gezdirilir. Yeni pikselin değeri ise kullanılan operatöre bağlıdır. aşınma (erosion) ve genişleme (dilation) olmak üzere iki temel operatör vardır.  $f$  görüntüsünün  $s$  yapısal elemanı ile aşınımı ' $f \ominus s$ ' ile gösterilir.  $s$  yapısal elementinin merkez noktası  $(x, y)$  üzerine yerleştirilirse, yeni pikselin değeri  $g(x, y)$  şu şekilde belirlenir:

Eğer yapısal elemanın değerleri ile görüntü üzerindeki yapısal elemanın oturduğu bölgenin değerleri bire bir örtüşüyorsa, merkez pikselin üzerinde olduğu piksele 1 değeri atanır. Yapısal eleman değerleri, üzerinde bulunduğu görüntü bölgesi değerleri ile tam olarak örtüşmediği zaman ise merkez pikselin değeri '0' olarak atanır. Eşitlik 3.19'da aşındırma işleminin ifadesi görülmektedir.

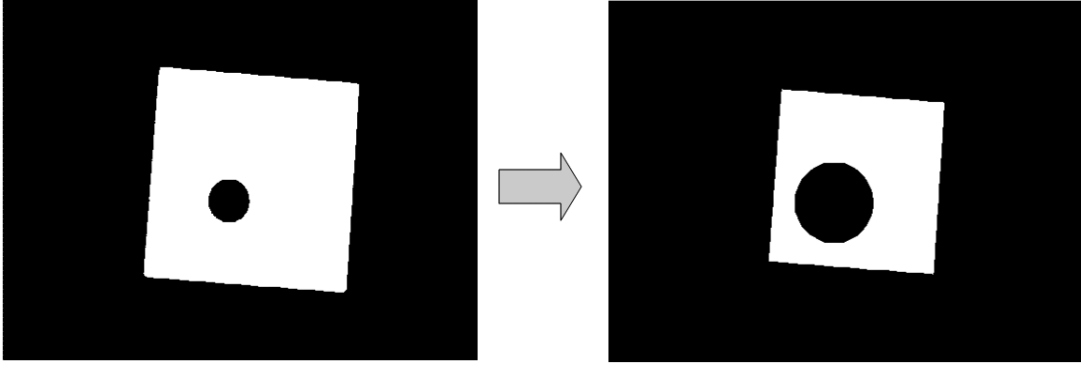
$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } s \text{ yapısal elemanı } f \text{ üzerinde tam olarak örüştüyorsa} \\ 0, & \text{diğer durumlar için} \end{cases} \quad (3.19)$$

Şekil 3.45'te görüntünün 8 komşulu (3x3) bir yapısal eleman ile aşındırılması ve bu işlemlerin sonuçları görülmektedir. Aşındırma işleminden sonra ön plan nesnelerinde küçülme, arka plan alanında ise artış olduğu görülmektedir. Ayrıca bu işlem sonucunda ön plan nesneleri birbirinden ayrılma eylemini göstermektedir.



Şekil 3.45. Aşındırma işlemi

Şekil 3.46'da bir ön plan bölgesi içerisindeki arka plan özellikleri veya deliklerin büyüdüğü ve köşe bölgelerinin daha da keskinleştiği görülmektedir.



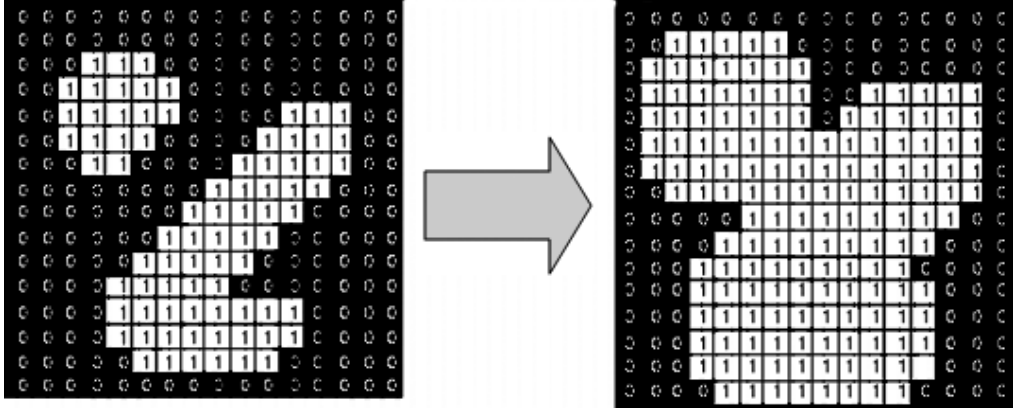
Şekil 3.46. 8 bağlantılı bir yapısal elaman kullanarak aşındırma işlemi sonucunda ön plan nesnelerin küçülmesi ve arka plan bölgelerinin artması

Aşındırma işleminin tersi olarak bir 'f' görüntüsünün 's' yapısal elemanı ile genişletilmesi 'f $\oplus$ s' ile gösterilir. 's' yapısal elementinin merkez noktası (x, y) üzerine yerleştirilirse, yeni pikselin değeri g(x, y) şu şekilde belirlenir:

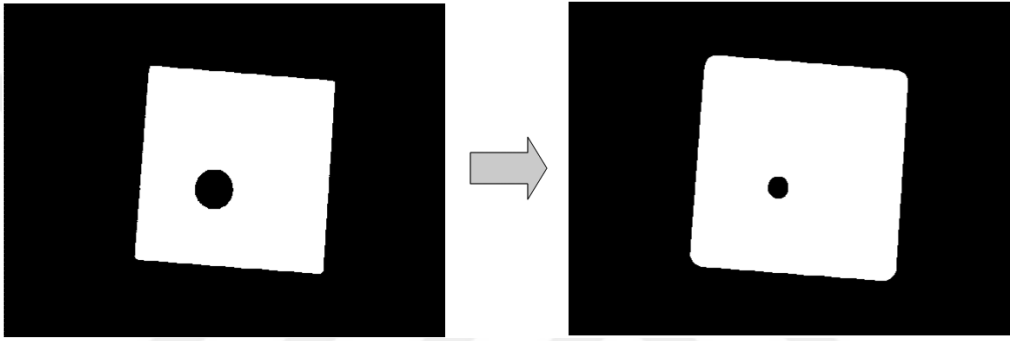
Yapısal eleman görüntü üzerinde gezerken görüntü pikselleri ile herhangi bir benzerlik gösterdiği zaman, yani yapısal elemanın herhangi bir piksel değeri ile görüntü üzerindeki piksel değeri eşit olduğu anda, merkez pikselin üzerinde olduğu noktaya 1 değeri atanır. Eğer hiç benzerlik yoksa merkez piksel '0' (arkaplan)'a dönüşür (Eşitlik 3.20).

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } s \text{ elemanı } f \text{ üzerinde en az bir pikselde örtüşüyor ise} \\ 0, & \text{s ile } f \text{ hiç örtüşmüyor ise} \end{cases} \quad (3.20)$$

Şekil 3.47'de görüntünün yine 8 komşulu yani 3x3'lük bir yapısal eleman ile genişletilmesi görülmektedir. 8-bağlantı durumunda, arka plandaki bir pikselin en az bir ön plana (beyaz) komşusu varsa o pikselde beyaz olur; aksi halde değişmez. Arka plandan ön plana doğru değişen pikseller, giriş görüntüsündeki ön plan bölgelerinin kenarlarında bulunan piksellerdir, bu nedenle ön plan bölgelerinin boyutları büyür ve ön plan özellikleri bağlanmaya veya birleştirme eğilimine girer. Ön planın büyümesine bağlı olarak ön plana çıkan bölgelerdeki arka plan özellikleri veya delikleri küçülür ve keskin köşeler düzleşir (Şekil 3.48).



Şekil 3.47. Genişletme işlemi

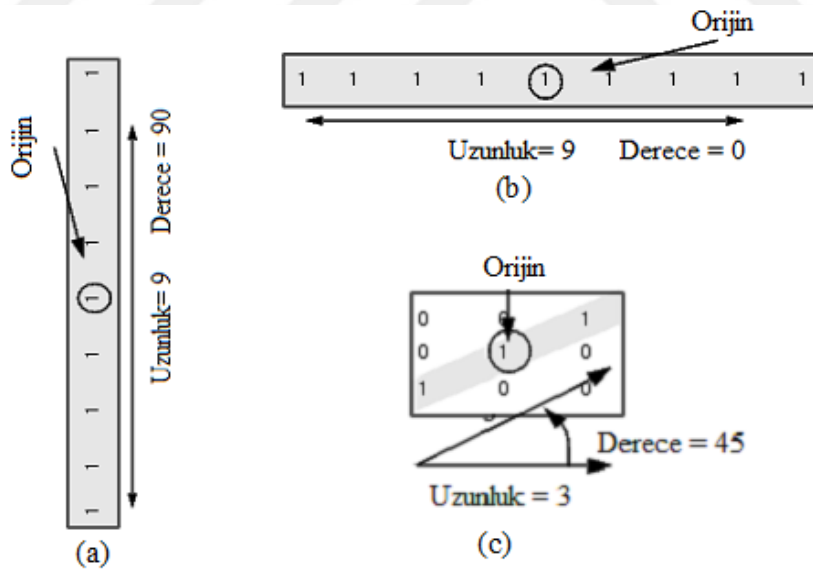


Şekil 3.48. 8 bağlantılı bir yapısal eleman kullanarak genişletme işlemi sonucunda ön plan nesnelerin genişlemesi ve arka plan bölgelerinin azalması

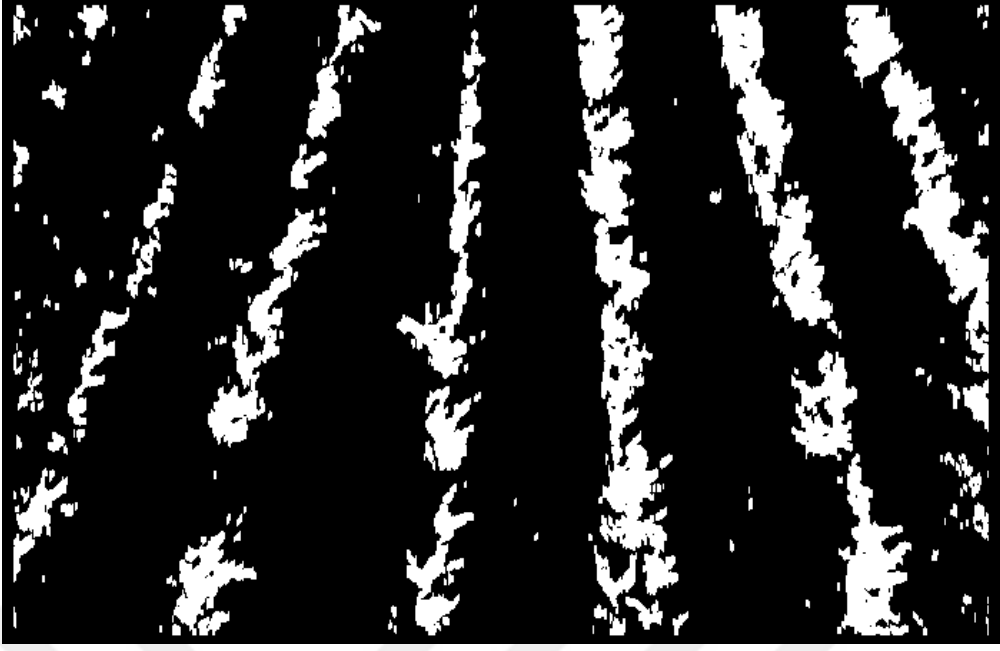
## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Mısır Bitkisi ve Yabancı Otların Sınıflandırılması

Çalışmada araziden elde edilen görüntüler ikili (binary) değere dönüştürüldükten sonra gürültü ve kırık piksel alanlarını görüntüden temizlemek amacıyla 3 pikselden daha küçük alanlar görüntüden çıkarılmıştır. Temizlenen görüntüde yabancı otları temsil eden bazı nesnelerin alanları mısır bitkisine ait nesne alanlarına eşit ya da daha büyük olabilmektedir. Ancak mısır bitkilerine ait nesnelerin dikey yöndeki uzunlukları yabancı otlara göre büyük oranda süreklilik göstermektedir. Temizlenen görüntüde dikey yönde uzanan bitki sıraları arasındaki boşlukları doldurmak için, bir piksel genişlikte ve 9 piksel uzunlukta çizgi (line) şeklinde bir yapısal eleman kullanılmıştır. Bu yapısal elemanların uzunlukları ve açıları belirlenebilmektedir (Şekil 4.1). Mısır bitkilerinin dikey yönde düzenli olarak sıralanmış olmaları nedeniyle, kullanılan yapısal elemanın mısır bitkilerini birbirine birleştirme olasılığı, yabancı otları birleştirme olasılığından daha fazla olacaktır. 9 piksel uzunluğunda  $90^\circ$  açılıya sahip bir yapısal eleman (Şekil 4.1a) kullanılarak genişletme işlemi sonucunda elde edilen görüntü Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.1. Farklı açı ve boyutlardaki yapısal elemanlar;  $90^\circ$  açılı ve 9 piksel uzunluk (vertical) (a),  $0^\circ$  açılı ve 9 piksel uzunluk (horizontal) ve  $45^\circ$  açılı, 3 piksel uzunluk (c)



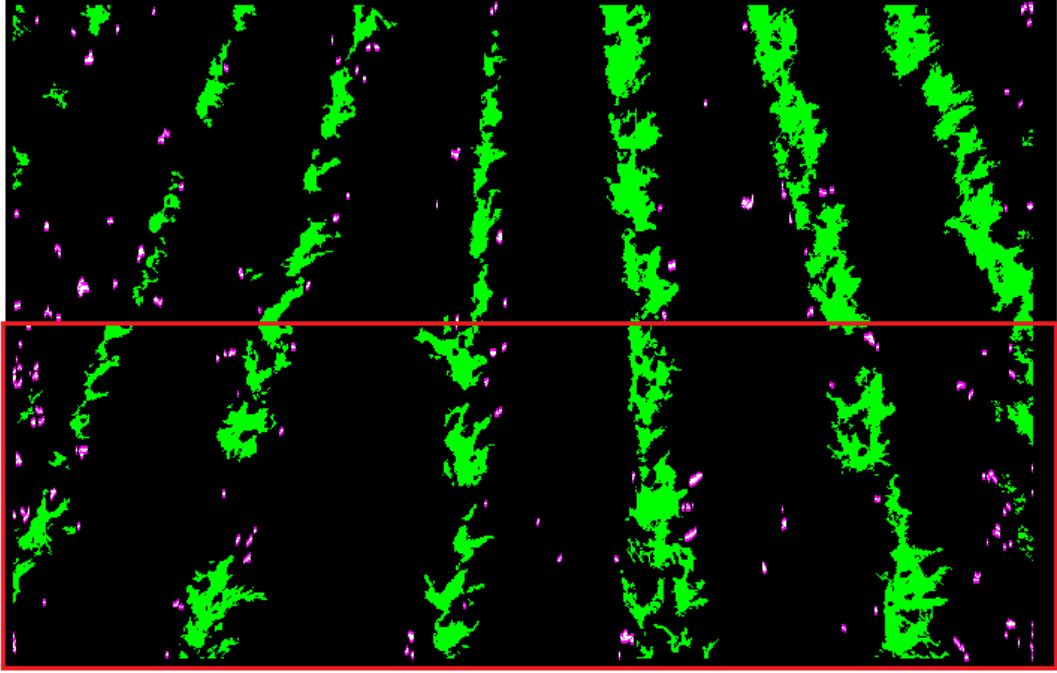
Şekil 4.2. Binary görüntünün 9x1 piksel boyutlarında bir yapısal elaman ile genişletilmesi

Dikey yönde genişletme işleminden sonra sıra arasındaki yabancı otlar tamamen elde edilirken, bitki sıralarına çok yakın olan bazı yabancı otlar bitki olarak değerlendirilmektedir. Genişletme işleminden sonra mısır bitki sıralarını temsil eden nesnelere ile yabancı otları temsil eden nesnelere alanları arasında belirgin bir fark oluşmaktadır. Bu noktada görüntü üzerindeki mısır bitkilerini elimine etmek amacıyla bir eşik değeri belirlenerek sadece yabancı otları temsil eden görüntüler elde edilmiştir. Eşitlik 4.1 kullanılarak görüntüdeki nesnelere alanları belirlenen bir 'T' eşik değeri büyük ise bu nesnelere (mısır bitkileri) görüntüden çıkarılmıştır. Şekil 4.3'te görüntüdeki yabancı otları temsil eden nesnelere elde edilmiş hali görülmektedir. Şekil 4.4'de ise yabancı otları temsil eden piksellerin ilk aşamada temizlenen binary görüntü ile tekrar birleştirilerek yabancı otları temsil eden nesne konumlarının belirginleştirilmesi görülmektedir.

$$Yabancı\ ot = \begin{cases} 1, & Nesne\ alanı < T \\ 0, & Nesne\ alanı \geq T \end{cases} \quad (4.1)$$

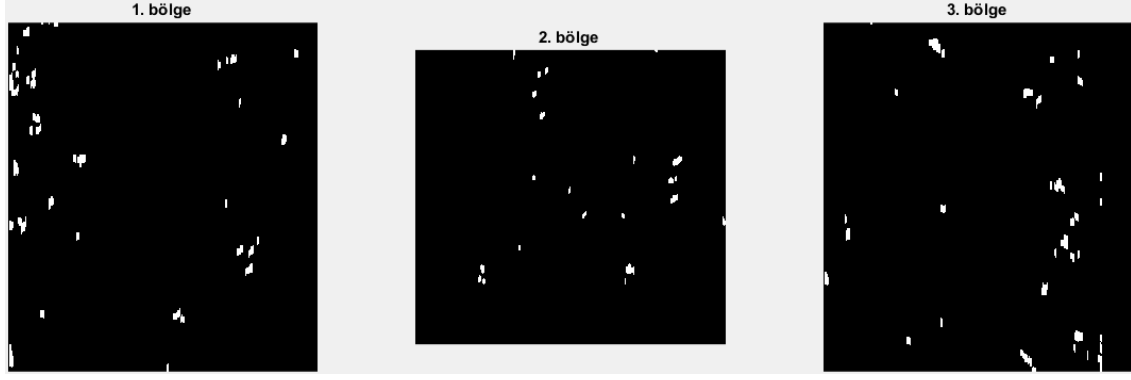


Şekil 4.3. Yabancı otların elde edilmesi



Şekil 4.4. Yabancı otların belirginliğinin artırılması

Yabancı otları içeren görüntünün elde edilmesinden sonra bu görüntü dikey olarak 3 bölüme ayrılmıştır. Arazi testlerinde platform üzerindeki kameradan alınan görüntünün çerçeve genişliği, 4.2 m ve uzunluğu ise 1.5 m olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde bum kanatları sağ, orta ve sol olmak üzere 3 bölüme ayrılarak her bir bölüm birbirinden bağımsız olarak selonoid valfler üzerinden kontrol edilmiştir. Şekil 4.5'te yabancı otları içeren görüntünün kesilerek 3 bölgeye ayrılış hali görülmektedir.



Şekil 4.5. Yabancı otları içeren görüntünün 3 bölgeye ayrılmış hali  
(1. bölge; 1.5 m x 1.2 m, 2. bölge 1.5 m x 1.8 m, 3. bölge 1.5 m x 1.2 m)

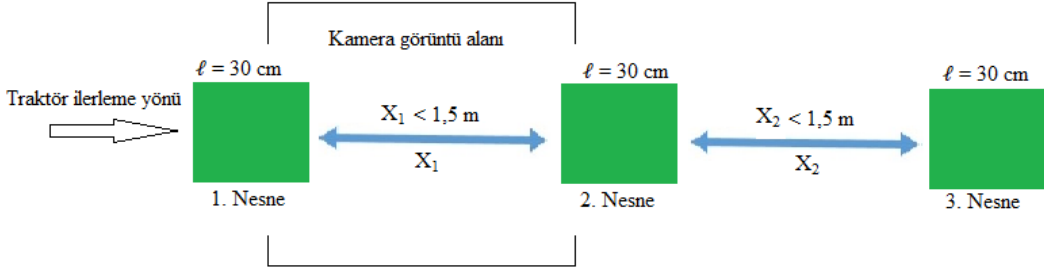
Yabancı otları içeren görüntü 3 bölgeye ayrıldıktan sonra her bir bölge için  $m^2$ 'ye düşen yabancı ot miktarına bağlı olarak püskürtme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yabancı ot yoğunluğu, zarar eşiği bilinen türlerde en az zarar eşiği seviyesinde, zarar eşiği bilinmeyen türlerde ise tür ayırımı yapılmaksızın  $m^2$ 'de ortalama en az 10 adet veya kaplama alanı %10 olmalıdır (TAGEM, 2017). Üstüner ve Güncan (2002) yaptıkları çalışmada, oluşturdukları yabancı ot yoğunluk skalası; A) Çok yoğun ( $m^2$  de ortalama adet  $>10$ ), B) Yoğun ( $m^2$  de ortalama adet 1-10arası), C) Orta yoğun ( $m^2$  de ortalama adet 0.1-1arası) olarak belirlenmiştir.

Bu araştırmada her bir görüntü bölgesinde  $m^2$ 'deki yabancı ot miktarının 'çok yoğun skala' değerine eşit veya bu değerden büyük olması durumunda ilgili bölgeye uygulama gerçekleştirilmiştir.

#### 4.2. PLC Programının Geliştirilmesi

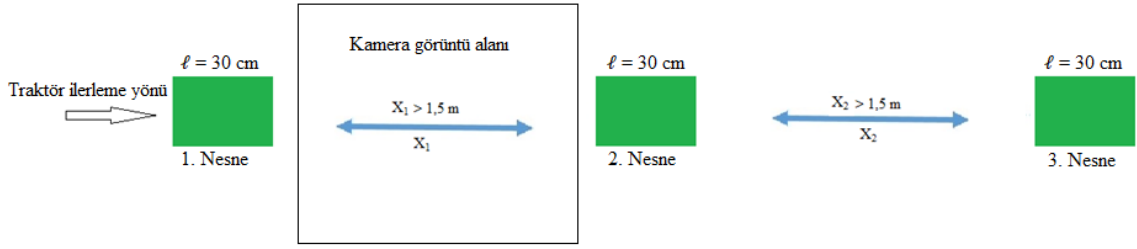
Nesneler arası mesafe 4 m'den başlamak üzere 1 m'ye kadar azaltılarak testler gerçekleştirilmiştir. Testler boyunca 3 bölgeye ayrılan her bir görüntü çerçevesinin ilerleme yönündeki genişliği 1.5 metre olarak belirlenmiştir. Bu durumda nesneler arası mesafe 1.5 m'den daha küçük olduğu zaman, arka arkaya bulunan iki nesne aynı anda çerçeve içerisinde kaldığı için püskürtme işlemi iki nesne boyunca hiç kesilmeden devam etmektedir. Arazi şartlarında yabancı otların bazı durumlarda belirli aralıklarla bazı durumlarda ise birkaç metre boyunca süreklilik gösterebileceği göz önüne alınarak, yeşil nesneler arası mesafeler değiştirilerek testler gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8'de bu durumlar açıklanmaktadır. Testlerde çok sayıda yeşil nesne kullanılmasına rağmen programın çalışma prensibinin açıklanabilmesi açısından yeterli olması nedeniyle, Şekil 4.6 ve 4.7 için 3 nesne dizilimi gösterilmiştir.





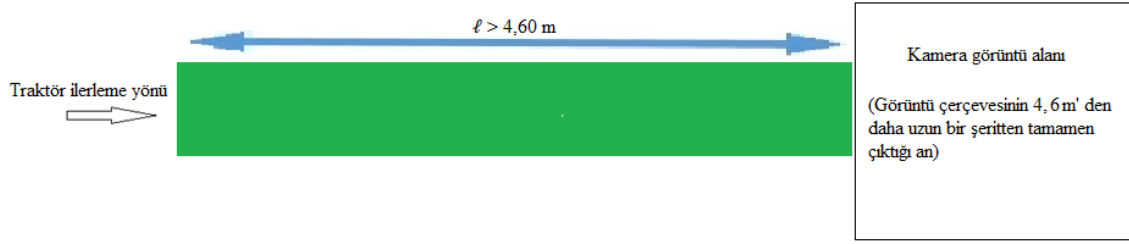
Şekil 4.6. Ön testlerde kullanılan nesnelere arasındaki mesafenin 1.5 m'den daha az olduğu durum

Şekil 4.6'daki dizilimde 1. nesne ve 2. nesne arasındaki mesafe görüntü çerçevesinin ilerleme yönündeki genişliğinden daha küçük olduğu için 1. nesne çerçeveden çıkmadan 2. nesne çerçeve içerisine girmektedir. Aynı durum 2. ve 3. nesne arasında da benzer şekilde gerçekleşecektir. Böylece ilerleme boyunca görüntü çerçevesi içerisinde kesintisiz olarak nesne algılanacağı için püskürtme memeleri sürekli olarak aktif durumda kalacaktır.



Şekil 4.7. Ön testlerde kullanılan nesnelere arasındaki mesafenin 1.5 m'den daha fazla olduğu durum

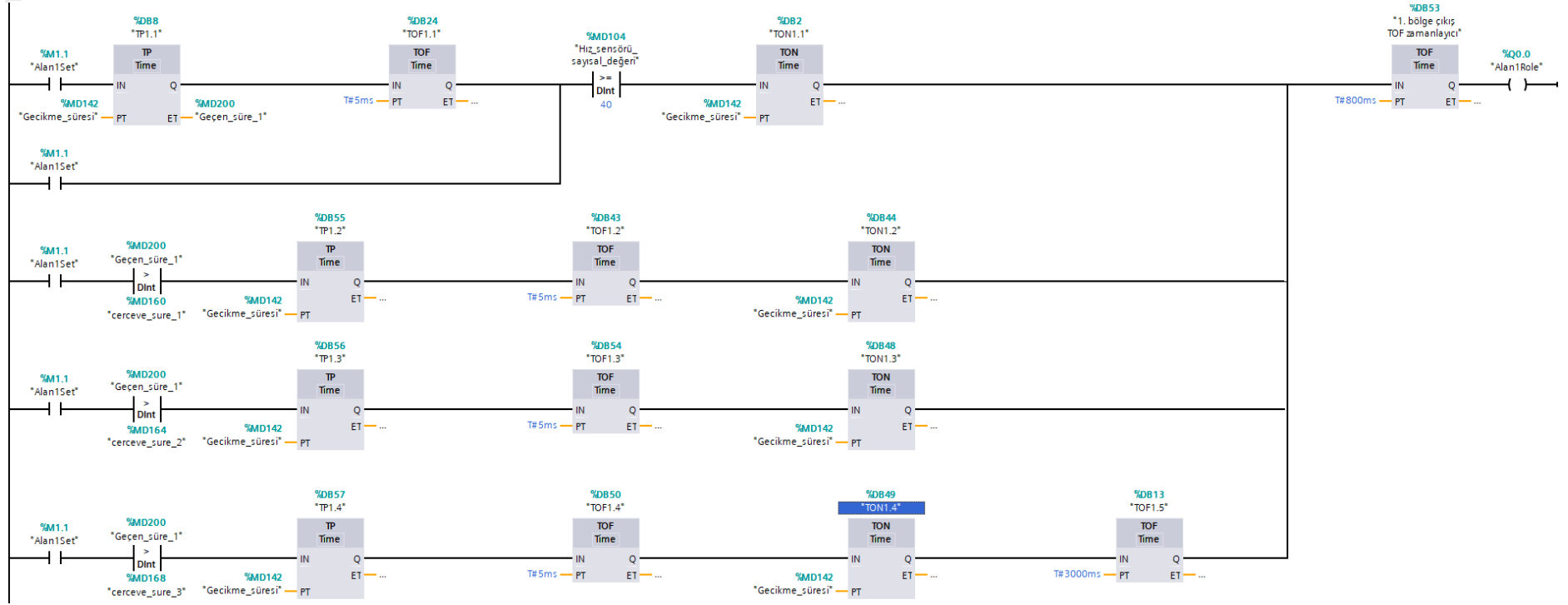
Şekil 4.7'deki dizilimde 1. nesne çerçeve içerisine girdiğinde püskürtme memeleri bir süre sonra nesnenin bulunduğu çerçeve alanına uygulama gerçekleştirecektir. Çerçeve, 1. ve 2. nesne arasına geldiğinde bu süre zarfında PLC hafıza alanına '0' verisi gönderileceği için memeler nesnelere arasına geldiğinde püskürtme işlemi kesilecektir. Bu durum 2. nesne ve sonrasında aynı şekilde gerçekleşecektir. Başka bir deyişle nesnelere bulunduğu bölgelere uygulama gerçekleştirilecek, ara bölgelere gelindiğinde uygulama sonlandırılacaktır.



Şekil 4.8. Ön testlerde kullanılan nesne uzunluğunun 4.60 m' den daha fazla olduğu durum

Şekil 4.8'deki durumda ise görüntü çerçevesi nesneyi algılamaya başladığı andan itibaren belirli bir gecikme süresinden sonra uygulama başlayacaktır. Nesne görüntü çerçevesinden çıktığı anda püskürtme memelerinin bulunduğu noktadan şerit sonuna kadar olan bölüme de uygulamanın gerçekleştirilebilmesi için belirli bir süre daha gecikme sağlanmaktadır.

Yukarıda ifade edilen her bir durumun gerçekleştirilmesi için Şekil 4.9'da görülen PLC programı oluşturulmuştur. Şekilde görülen program 3 bölgeye ayrılan görüntüleme alanının 1. bölgesine yapılacak uygulama için oluşturulan kısımdır. Diğer görüntüleme bölümleri için de program aynı mantıkla farklı zamanlayıcı ve çıkış birimleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.9. Görüntü alanının 1. bölgesine ait PLC programı

Şekil 4.9'da 'M1.1' biti aktif olduğu anda 'TP1.1' adındaki TP (PulsTimer) zamanlayıcı aktif olmaktadır. Bu zamanlayıcının girişine pals uygulandığı andan itibaren, yani kameranın ilgili bölgesinde uygulama için gerekli koşul oluştuğu andan itibaren, bu zamanlayıcının çıkışı ayarlanan süre boyunca (PT, Preset Time) aktif olmaktadır. 'TP1.1' zamanlayıcının 'PT' süresi bitmeden yeni pals'ler gelse dahi bu durum zamanlayıcının çıkışını etkilememektedir. Bu zamanlayıcının kullanılma nedeni gecikme süresi boyunca sürekli gelen palsleri engelleyerek sistemin daha kararlı çalışmasını sağlamaktır. 'TP1.1' zamanlayıcıdan sonra girişindeki sinyal kesildiği andan itibaren çıkışının ayarlanan süre boyunca aktif olarak kalmasını sağlayan 'TOF1.1' (Off Delay Timer) zamanlayıcısı kullanılmıştır. Bu zamanlayıcı bir önceki 'TP1.1' zamanlayıcısı ile bir sonraki TON1.1 (ON Delay Timer) zamanlayıcısı arasında köprü görevi görmektedir. 'TON1.1' zamanlayıcısı girişindeki sinyali ayarlanan süre kadar geciktirip çıkışa iletmektedir. 'TON1' zamanlayıcısının gecikme süresi ile, 'TP1.1' zamanlayıcısının gecikme süre aynı olduğu için 'TON1.1' zamanlayıcısı 'TP1.1' zamanlayıcısı ile eş zamanlı olarak sıfırlanmakta ve 'TON1.1' zamanlayıcısı çıkışı aktif olmamaktadır. Bu nedenle 'TP1.1' zamanlayıcısının çıkışındaki sinyali 'TOF1.1' zamanlayıcısı ile 5 ms gibi kısa bir süre geciktirerek 'TON1.1' zamanlayıcısının çıkışının aktif edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca 'TON1.1' zamanlayıcısından önce bir karşılaştırma kontağı kullanılmıştır. Bu karşılaştırma kontağının 1. koşul değerine hız sensörünün anlık değeri atanarak traktör hızının yaklaşık 2 km/h hızına ulaşmadan sistem çıkışının aktifleşmesi engellenmiştir. Traktör hareket halindeyken kameranın görüntü çerçevesi 1.5 m ilerleme kaydettiğinde yeni görüntü alanı içerisinde tekrar yabancı ot yoğunluğunun eşik değeri geçmesi durumunda, programın ilk satırı gecikme süresi boyunca meşgul olduğu için programın ikinci satırı işletilmektedir. 'TP1.1' aktifken bu zamanlayıcının aktif olduğu andan itibaren geçen süre (Elapsed Time) okunarak bu değer traktörün 1.5 m, 3 m ve 4.5 m'lik mesafeyi alma süresiyle sürekli olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmada 'TP1.1' ilk aktif olma zamanından itibaren geçen süre traktörün 1.5 m'lik mesafeyi alma süresini aştığı anda programın 2. satırı aktif olmaktadır. Aynı şekilde traktör 3 m'lik mesafeyi aldığı anda 3. satır ve 4.5 m'lik mesafeyi aldığı anda 4. satır aktif olmakta ve döngü bu şekilde devam edip ilk satıra geri dönmektedir (Şekil 4.9).

### 4.3. Ön Testler

Beton zemin üzerinde yürütülen ön test çalışmaları sırasında nesnelere arası mesafe ve traktörün ilerleme hızı değiştirilerek OPC item değerleri 0.2 s aralıklarla okunmuştur. Örneğin çalışma sırasında görüntü alanındaki 2. bölgede yeşil nesnenin algılanması durumunda PLC'nin 'M1.3' hafıza alanına OPC server üzerinden '1' değeri yazılmış ve bu değer OPC server ile tekrar okunarak 'valve2' değişkenine atanmıştır. Gerçek zamanlı olarak okunan 'valve2' değişkenine ait bilgiler aşağıda görülmektedir.

valve2 =

ItemID: 'S7:[S7\_connection\_1]M1.3'

Value: 1

Quality: 'Good: Non-specific'

TimeStamp: [2017 7 7 19 27 54.6280]

Error: '

İlk olarak nesnelere düz bir sıra ile yerleştirilerek nesnelere bulunduğu bölgelere uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu dizilimde bu kanatlarının sadece orta (2. bölüm) bölümünden püskürtme işlemi gerçekleştirilmektedir (Şekil 4.10). Bu dizilimde nesne aralıklarının 1.5 m'den daha fazla olduğu durumlarda uygulama işlemi her bir nesneden yaklaşık olarak 30-40 cm önce başlayıp yine 30-40 cm sonra sonlandırılabilmiştir.



Şekil 4.10. Testlerde kullanılan nesnelere düz sıra şeklinde yerleşimi

Çizelge 4.2’de traktörün 4 ve 5 km/h hızlarında nesnelere arası mesafe değiştirilerek uygulamanın başladığı zamanlar ve uygulamalar arasındaki zaman farkları görülmektedir. Örneğin traktör hızı 4 km/h ve nesnelere arası mesafe 4 m iken birinci nesneye uygulama yapıldıktan yaklaşık 3.56 saniye sonra ikinci nesneye uygulama gerçekleştirilmiştir. Çizelgede ifade edilen ‘her bir nesne için uygulama başlama zamanları’ nesnenin algılandığı anda ilgili değişkene ait ilk değerdir. Bu değerler 0.2 s aralıklarla okunduğu için her nesnenin görüntü çerçevesi içerisinde kaldığı süre boyunca, o nesneye ait bir kaç değer okunabilmektedir.

Çizelge 4.1. Traktör çalışma hızı ve düz sıra halinde yerleştirilmiş nesnelere arası mesafelere bağlı olarak püskürtme başlangıç zamanları arasındaki farklar

Traktör hızı ve nesnelere arası mesafe	Nesne no	Item ID	Her bir nesne için uygulama başlama zamanları	Zaman farkı (ms)
4 km/h, 4 m	1	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 27 54.6280]	
	2	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 27 58.1900]	3562
	3	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 28 1.7200]	3530
	4	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 28 4.9470]	3227
	5	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 28 8.5200]	3573
	6	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 28 12.0450]	3525
4 km/h, 2 m	1	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 12 12.2310]	
	2	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 12 14.0010]	1770
	3	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 12 15.7850]	1784
	4	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 12 17.4550]	1670
	5	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 12 19.2270]	1772
	6	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 12 21.0230]	1796
5 km/h, 4 m	1	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 11 15 44 30.1030]	
	2	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 11 15 44 33.3480]	3245
	3	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 11 15 44 36.4680]	3120
	4	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 11 15 44 39.3330]	2865
5 km/h, 2 m	1	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 20 14.7040]	
	2	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 20 17.3040]	2600
	3	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 20 19.5440]	2240
	4	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 20 21.7680]	2224
	5	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 20 24.3340]	2566
	6	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 7 19 20 26.9030]	2569

İkinci aşamada kamera görüntü alanının bölgelerine farklı kombinasyonlarda nesnelere yerleştirilerek denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu durumda iş genişliği boyunca kamera hangi bölgede nesne algıladıysa o bölgeye uygulama gerçekleştirilmiştir. İlk olarak görüntüleme alanının 1. ve 3. bölgesine, daha sonra ise sadece 2. bölgeye yapılan uygulama anı görülmektedir. Burada uygulama işlemi önceki denemelerde olduğu gibi her bir nesneden yaklaşık olarak 30-40 cm önce başlayıp 30-40 cm sonra bitirilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Testlerde kullanılan nesnelerin farklı kombinasyonlardaki yerleşimi

Çizelge 4.1’de 4 ve 6 km/h hızlarda her bir nesnenin bulunduğu bölgeye uygulamanın başladığı zamanlar ve sırasıyla uygulama başlama zamanları arasındaki farklar görülmektedir. Kamera farklı bölgelerde bulunan her bir nesneyi aynı anda algılasa dahi Matlab programı içerisinde OPC item’lerin (valve1, valve2, valve3) değerleri 0.2 saniye süre aralıklarla okunduğu için okuma zamanı çözünürlüğünden dolayı küçüğe olsa zaman farklılıkları oluşmaktadır. Hızın 4 km/h ve nesnelere arası mesafenin 4 m belirlendiği uygulamada, ‘zaman farkı’ bölümü incelendiğinde nesne yerleşim kombinasyonunun 1-3-2 olduğu anlaşılmaktadır. Buradaki 1-3-2 ifadesi; ilerleme boyunca ilk olarak görüntü çerçevesinin sadece bir bölgesinde nesne olduğunu (M1.3; çerçevenin 2. bölgesi), 4 metre ilerde çerçevenin her üç bölgesinde de nesnelere bulunduğunu (M1.1, M1.3, M1.5; çerçevenin tüm bölgeleri) ve tekrar 4 m ileride çerçevenin iki bölgesinde (M1.1 ve M1.5; 1. ve 3. bölge) nesnelere bulunduğunu belirtmektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Traktör çalışma hızı ve farklı kombinasyonlarda yerleştirilen nesnelere arası mesafelere bağlı olarak püskürtme başlangıç zamanları arasındaki farklar

Traktör hızı ve nesnelere arası mesafe	Nesne no	Item ID	Her bir nesne için uygulama başlama zamanları	Zaman farkı (ms)
4 km/h, 2 m	1	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 12 20 5 40.3350]	
	2	'S7:[S7_connection_1]M1.1'	[2017 7 12 20 5 41.9130]	1578
	3	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 12 20 5 41.9240]	11
	4	'S7:[S7_connection_1]M1.5'	[2017 7 12 20 5 41.9410]	17
	5	'S7:[S7_connection_1]M1.1'	[2017 7 12 20 5 43.5530]	1612
	6	'S7:[S7_connection_1]M1.5'	[2017 7 12 20 5 43.5770]	24
6 km/h, 2 m	1	'S7:[S7_connection_1]M1.1'	[2017 7 12 20 5 55.6670]	
	2	'S7:[S7_connection_1]M1.5'	[2017 7 12 20 5 55.7130]	46
	3	'S7:[S7_connection_1]M1.1'	[2017 7 12 20 5 56.9230]	1210
	4	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 12 20 5 56.9430]	20
	5	'S7:[S7_connection_1]M1.5'	[2017 7 12 20 5 56.9590]	16
	6	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 12 20 5 58.2470]	1288

Üçüncü aşamada, nesnelere birbirine 1 m'den daha kısa aralıklarla yerleştirilerek, tüm nesnelere boyunca püskürtme uygulamasının kesilme olmaksızın devam edip etmediği incelenmiştir. Şekil 4.12'de yakın aralıklarla yerleştirilen nesnelere sürekli olarak gerçekleştirilen uygulama görülmektedir. Şekil 4.13'te ise önce ilk nesneye ardından 4 metre ileride birbirine yaklaşık 50 cm aralıklarla yerleştirilen nesnelere yapılmış olan uygulama görülmektedir. Burada nesnelere tekli ya da birbirine yakın uzun bir şerit halinde olması durumunda, uygulamanın doğru bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.12. Ara mesafeleri 1 m'den daha kısa olarak yerleştirilen nesnelere uygulamanın gerçekleştirilmesi



Şekil 4.13. Tekli ve birbirine yakın uzun bir şerit halinde yerleştirilen nesnelere uygulamanın gerçekleştirilmesi



Çizelge 4.3'te uygulama esnasında 'valve2' değişkenine atanarak okunan OPC item (M1.3) değerleri görülmektedir. Burada birinci nesne algılandıktan 4 m sonra birbirine yakın olan nesnelere tek bir nesne gibi algılandığı için bu nesnelere görüntü çerçevesi içerisinde kaldığı sürece OPC item değeri 0.4 saniye aralıklarla okunarak uygulamanın gerçekleştirildiği '1' ve gerçekleştirilmediği '0' zaman dilimleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Nesnelere önce 4 m sonra 0.5 m aralıklarla yerleşimindeki uygulamaya ait zamanlar ve item değerleri

Traktör hızı ve nesnelere arası mesafe	Item ID	Uygulamaya ait zaman dilimleri	Item değeri
4 km/h, 4 m + 0.5 m...	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 14.3180]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 14.7140]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 15.1140]	0
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 15.5340]	0
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 15.9140]	0
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 16.3170]	0
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 17.1260]	0
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 17.5090]	0
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 17.9190]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 18.3090]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 19.1130]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 19.5090]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 19.9280]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 20.3090]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 20.7130]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 21.1080]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 21.5090]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 21.9080]	1
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 22.3110]	0
	'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 22.7090]	0
'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 23.1080]	0	
'S7:[S7_connection_1]M1.3'	[2017 7 14 19 59 23.5030]	0	

#### 4.4. Arazi Testleri

Arazi testleri, 1. ürün mısır tarımı yapılan arazide gerçekleştirilmiştir. Testler, yabancı otlar için kritik periyot olan çıkıştan itibaren 20. gün ile 55. günler (Tursun ve ark, 2015) arasında gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesi, çalışmada kullanılan aynı tip (DG110015, 100 mesh) 7 adet yelpaze huzmeli memelerin debi değerleri ölçülmüştür. Debi kontrol sisteme ait manometre basıncı 0.5 bar aralıklarla artırılarak 1.5 ile 5 bar aralığındaki memelere ait debi değerleri Çizelge 4.4'de görülmektedir.

Çizelge 4.4. Püskürtme memelerinin farklı basınçlardaki debi değerleri

Basınç (bar)	Debi (L/min)							
	1.meme	2.meme	3.meme	4.meme	5.meme	6.meme	7.meme	Ortalama
1.5	0.46	0.50	0.54	0.50	0.50	0.46	0.48	0.49
2.0	0.54	0.57	0.60	0.56	0.55	0.51	0.56	0.55
2.5	0.58	0.62	0.66	0.60	0.60	0.55	0.59	0.60
3.0	0.60	0.64	0.68	0.64	0.62	0.66	0.61	0.64
3.5	0.63	0.67	0.71	0.66	0.64	0.67	0.65	0.66
4.0	0.65	0.72	0.74	0.68	0.67	0.68	0.68	0.69
4.5	0.69	0.74	0.76	0.69	0.69	0.70	0.71	0.71
5.0	0.72	0.77	0.79	0.69	0.71	0.71	0.73	0.73

Testler, arazi içerisinde 250 m uzunluk ve 20 m genişliğe sahip bir parsel içerisinde farklı ilerleme hızlarında (4, 6 ve 8 km/h) sadece su kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 250 m uzunluğundaki pist boyunca gidiş ve dönüş olmak üzere 500 m boyunca uygulama gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.14). Uygulamaya başlamadan önce pülverizatör deposu su ile belirlenen bir noktaya kadar doldurularak, her uygulama işlemi sonunda tüketilen su miktarları, hassas bir ölçü kabı ile eklenerek belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Arazi testleri

Ayrıca uygulamanın doğruluğu hakkında bilgi edinmek amacıyla test alanı içerisinde her deneme turunda 20 adet olmak üzere 5x6 cm<sup>2</sup> boyutlarında beyaz renkli kağıtlar yerleştirilmiştir. Kağıtların üzerine püskürtülen damlacıkları belirginleştirmek amacıyla pülverizatör deposuna bir miktar kırmızı renkte gıda boyası eklenmiştir. Bu kağıtlar yabancı otların yoğun olduğu bölgelere ve çok az yoğun olduğu bölgelere yerleştirilerek test sonrası üzerine püskürtülen damlacıklar incelenmiştir (Şekil 4.15).



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.15. Uygulama doğruluk testi (Yabancı ot yoğunluğunun eşik değerden fazla olduğu bölgeye yerleştirilen test kağıdı (a), yabancı ot yoğunluğunun eşik değerden az olduğu bölgeye yerleştirilen test kağıdı (b), yerleştirildiği bölgede yabancı ot yoğunluğu eşik değerden az olduğu halde üzerine uygulama gerçekleştirilen test kağıdı (c))

Doğruluk oranının saptanması amacıyla, 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilen testlere ait uygulama sonuçları Çizelge 4.5'te görülmektedir. 8 km/h hız ile gerçekleştirilen testlerin doğruluk oranında azalma olduğu görülmektedir. Ayrıca 8 km/h hızda gerçekleştirilen testlerde oluşan hataların çoğunluğu yabancı ot yoğunluğu bulunan bölgelere uygulamanın gerçekleştirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Hatanın bu yönde eğilim göstermesi, hıza bağlı olarak titreşimin artmasıyla birlikte kamera tarafından yakalanan görüntülerdeki niteliğin azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Çizelge 4.5. Test kağıtları ile yapılan uygulamaların doğruluk oranları

Hız (km/h)	Tekrar sayısı	Doğru uygulama sayısı	Yanlış uygulama sayısı	Ortalama doğruluk oranı (%)
4	1.	16	4	80
	2.	15	5	
	3.	17	3	
6	1.	17	3	81.66
	2.	16	4	
	3.	16	4	
8	1.	14	6	75
	2.	15	5	
	3.	16	4	

Arazi testleri 3 farklı durumu incelemek üzere gerçekleştirilmiştir. Bunlar sırasıyla;

**1. Klasik uygulama:** Debi kontrol sistemi manuel moda ve oransal valf %100 açık konuma getirilerek uygulama gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde yaygın kullanılan pülverizatörlerde olduğu gibi püskürtme memeleri uygulama boyunca sürekli aktiftir. Bu nedenle söz konusu uygulama yöntemi boyunca kamera ve traktör hız verileri dikkate alınmamıştır.

**2. Kamera verilerine bağlı değişken düzeyli uygulama:** Kamera verilerine bağlı olarak 3 bölgeye ayrılan kamera görüntü alanının hangi bölgesinde yabancı ot yoğunluğu eşik değeri geçerse o bölgeye uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama yönteminde debi kontrol sistemine ait oransal valf %100 açık konumdadır. Klasik yöntemden farklı olarak kamera verilerine bağlı olarak PLC çıkış birimi üzerinden bum kanatları üzerinde meme guruplarını kontrol eden 3 yollu selenoid valfler kontrol edilmiştir.

**3. Hız değişkenine bağlı uygulama:** Bu uygulama yönteminde debi kontrol sistemi otomatik modda çalıştırılarak sistemin performansı incelenmiştir. Kamera kullanılmadan gerçekleştirilen uygulama yönteminde debi kontrol sistemine ait traktör tekerleğinden alınan hız bilgisi ve akış metre verilerine bağlı olarak traktör hızı değişse dahi ilaç normu sistem tarafından otomatik olarak sabit tutulmaktadır.

Arazi testlerinde ilk olarak klasik uygulama yöntemi gerçekleştirilmiştir. 250 m uzunluğundaki deneme alanı boyunca 4, 6 ve 8 km/h hızlarda gidiş ve dönüş olmak üzere toplam 0.25 ha'lık alanda harcanan su miktarı ölçülmüştür. Tüm testler için debi kontrol sistemine ait manometre 5 bar olarak ayarlanmıştır. Çizelge 4.5'deki 5 bar basınç değerinde ölçülen püskürtme memesinin ortalama debi değeri (0.73 L/min) kullanılarak,

her hız değeri için hedeflenen norm (birim alana uygulanan sıvı miktarı) değerleri Eşitlik 4.2 ile (Çilingir ve Dursun, 2010) hesaplanmıştır.

$$N = \frac{600 * Q}{V * B} \quad (4.2)$$

Burada;

N : İlaçlama normu (L/ha)

Q : Toplam debi (L/min)

V : Traktör hızı (km/h)

B : Pülverizatör iş genişliği (m)

Çalışmada kullanılan pülverizatörün iş genişliği (B = Toplam meme sayısı \* Memeler arası mesafe) 5 m olarak belirlenmiştir. Her bir hız değeri için hesaplanan hedeflenen ilaçlama normu değerleri ile arazi uygulamalarında aynı hızlardaki ve 0.25 hektar'lık alanda tüketilen sıvı miktarına bağlı olarak elde edilen norm değerleri karşılaştırılarak, uygulamanın etkinliği incelenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Klasik uygulama yönteminde uygulanan hacimler ve norm değerleri

Hız (km/h)	Tekrar sayısı	Uygulanan hacimler (L)	Ortalama (L)	Gerçek uygulama normu (L/ha)	Hedeflenen norm (L/ha)	Fark (%)
4	1.	37.34	37.41	148.32	153.30	-3.25
	2.	37.50				
	3.	36.40				
6	1.	25.20	25.33	97.33	102.20	-4.77
	2.	26.00				
	3.	24.80				
8	1.	19.20	18.46	73.84	76.65	-3.66
	2.	18.50				
	3.	17.70				

İlaçlama uygulamalarında gerçek norm ile teorik norm arasındaki farkın %5'ten daha küçük olması istenen durumdur (TAGEM, 2017). Testlerde ele alınan tüm traktör çalışma hızlarında gerçek norm ile hedeflenen norm arasındaki farkın %5'den daha az olduğu görülmektedir. Normlar arasındaki maksimum fark 6 km/h çalışma hızında %4.77 azalma yönünde gerçekleşmiştir. Bu farklar traktör ilerleme hızındaki değişimlerden ve sistem basınç değişimlerinden kaynaklanmaktadır.

İkinci aşamada kamera kullanılarak 3 farklı hızda 3 tekrarlı olmak üzere 0.25 ha'lık alanda kamera verilerine bağlı değişken düzeyli uygulama gerçekleştirilmiştir. 4, 6 ve 8 km/h traktör çalışma hızlarında uygulanan hacimler sırasıyla yaklaşık olarak 26, 18 ve 13 L olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.7).

Tablo 4.7. Kamera verilerine bağlı değişken düzeyli uygulama yöntemi hacimleri

Hız (km/h)	Tekrar sayısı	Uygulanan hacimler (L)	Ortalama (L)
4	1.	24.84	26.11
	2.	26.20	
	3.	27.30	
6	1.	17.00	18.03
	2.	18.70	
	3.	18.40	
8	1.	12.70	12.50
	2.	11.60	
	3.	13.20	

Çizelge 4.8'de klasik uygulama yöntemi ile kamera verilerine bağlı değişken düzeyli uygulama yöntemi hacimlerinin karşılaştırılması görülmektedir. İki yöntem arasındaki uygulama hacimleri arasındaki farkların; 4, 6 ve 8 km/h çalışma hızlarında sırasıyla, % 30.21, % 28.82 ve % 32.28 azalma yönünde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.8). Çizelge 4.5'deki aynı hızlardaki doğruluk oranlarının sırasıyla % 80, %81.66 ve % 75 olduğu göz önüne alındığında, bu çalışmanın yöntemi kullanılarak 4 km/h ile 6 km/h çalışma hızları arasında gerçekleştirilecek uygulamanın etkinliğinin daha fazla olacağı anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.8. Klasik uygulama yöntemi ile kamera verilerine bağlı değişken düzeyli uygulama yöntemi hacimlerinin karşılaştırılması

Hız (km/h)	Klasik yöntem (L)	Kamera ile değişken düzeyli uygulama yöntemi (L)	Fark (%)
4	37.41	26.11	30.21
6	25.33	18.03	28.82
8	18.46	12.50	32.28

Üçüncü olarak debi kontrol sistemi otomatik modda çalıştırılarak debi kontrol sisteminin performansı incelenmiştir. Testlere başlamadan önce sistemin kontrol bilgisayarına pülverizatöre ait bilgilerin tanımlanması gerekmektedir. Bu bilgiler; hedeflenen ilaç normu, toplam meme sayısı ve memeler arası mesafe ve sistemde kullanılan sensör tipidir. Yapılacak testler için hedeflenen norm değeri 100 L/ha olarak seçilmiştir. Bu testlerde çalışma alanı boyunca yaklaşık her 50 m'lik mesafe gidildikten sonra hız belirli sınırlar içerisinde artırılıp azaltılmıştır. 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilen testler sabit hızlar yerine bu kez 3 farklı hız aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu hız aralıkları sırasıyla; 4 - 6 km/h , 6 – 8 km/h ve 8 – 10 km/h'dir. Hız değişkenine bağlı uygulama yöntemine ait hacimler ve norm değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Hız değişkenine bağlı uygulama yöntemine ait hacimler ve norm değerleri

Hız aralıkları (km/h)	Tekrar sayısı	Uygulanan hacimler (L)	Ortalama (L)	Uygulama normları (L/ha)	Hedeflenen normlar (L/ha)	Fark (%)
4 - 6	1.	24.00	24.03	96.12	100.00	-3.88
	2.	23.50				
	3.	24.60				
6 - 8	1.	23.80	23.30	93.20	100.00	-6.80
	2.	22.70				
	3.	23.40				
8 - 10	1.	22.00	22.76	91.06	100.00	-8.94
	2.	22.60				
	3.	23.70				

Debi kontrol sistemine ait oransal valf tam kapalı durumdan %100 açık konuma gelme durumu 7 saniye sürmektedir. Bu noktada uygulama esnasındaki ani değişimler hedeflenen normdan sapmalara neden olmaktadır. Ayrıca oransal valf traktör hızlandıkça hedeflenen normu yakalamak için %100 açık konuma geldiğinde traktör hala hızlanmaya devam ediyorsa kontrol bilgisayarı ekranında 'yavaş' ifadesi oluşmakta ve uyarı sinyali verilmektedir. Aynı şekilde traktörün hedeflenen normu karşılamayacak düzeyde yavaşlaması durumunda, kontrol bilgisayarı ekranında 'hızlı' yazısıyla birlikte uyarı sinyali vermektedir. Debi kontrol sistemine ait bilgisayarın uyarıları dikkate alınarak gerçekleştirilen uygulamalarda sistem hedeflenen norma yaklaşmaktadır (Çizelge 4.9).

Son yıllarda görüntü işleme teknikleri kullanılarak yabancı otların denetlenmesine yönelik araştırmalarda dikkat çeken bir artış görülmektedir. Ancak gerçekleştirilen

araştırmaların büyük çoğunluğu arazi üzerinden elde edilen resimlerin ya da videoların bilgisayar üzerinde görüntü işleme programları (Matlab, Open CV, vb.) ile analizini içermektedir. Görüntüler zerindeki bitki sıralarını belirlemek üzere kullanılan yöntemlerden bir tanesi de Hough doğru dönüşümü yöntemidir. Bazı araştırmacılar (Jones ve ark., 2009. Romeo ve ark., 2013.), bitki sıralarını belirlemek üzere Hough dönüşümünü kullanmışlardır. Hough dönüşümü, bir görüntüdeki şekilleri saptamada kullanılan bir yaklaşım yöntemi olup, düz doğru, çember ve elips gibi matematiksel olarak ifade edilebilen düzgün geometrik şekiller saptanmasıdır (Aydoğan, 2008). Bu dönüşüm yöntemi araziden elde edilen görüntüler üzerinde denendiğinde en önemli dezavantajlarından bir tanesinin CPU zamanı (1.88 s) olduğu görülmüştür. Tang ve ark. (2013), buğday arazisinden elde ettikleri görüntüler üzerinde yaptığı araştırmada piksel histogram değerlerini kullanarak bitki sıralarının işlem süresi açısından 0.031 s’de belirlenebildiğini buna karşın Hough Dönüşüm yönteminde ise bu srenin 1.92 s olduğunu belirlemişlerdir. Mısır tarlasında ise sıra üzerinde bazı mısır tohumları imlenmeyip boşluklar oluşturduğu için sıra çizgisinin sürekliliğini bozabilmektedir. Bunun sonucunda ilgili bitki sırası Hough izgi dönüşümü tarafından doğrusal olarak kabul edilmemektedir. Bu çalışmada kamera görüntüleme alanının traktörün ilerleme yönündeki uzunluğu 1.5 m’dir. Traktörün 4, 6 ve 8 km/h çalışma hızlarında 1.5 m’lik mesafeyi alma süresi sırasıyla 1.35, 0.90 ve 0.68 s’dir. Geliştirilen algoritma süreçlerinin (görüntü dönüşümleri, morfolojik işlemler ve OPC veri yazma) toplam CPU süresi ortalama 0.035 s’dir. Bu süre algoritma dönüşümlerinden herhangi biri bilgisayar ekranında görüntülenmek istendiğinde 0.040 s’ye kadar çıkabilmektedir.

Arazi çalışmalarında eğik açıyla gelen güneş işınlarının elde edilen görüntülerin niteliğini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Mısır bitkilerinin yaprak yüzeylerinin üst bölgelerine gelen güneş işınları bu bölgelerde yansımalar (parlamalar) oluşurmaktadır. Bu yansıma bölgeleri gri seviye görüntüde daha düşük yeğinlik değerini aldığı için ikili görüntüde arka plan pikseline dönüşmektedir. Bu durum binary görüntüde yaprak yüzeyinin bir kaç bölgeye ayrılmasına neden olmaktadır. Bu bölgeler genişletme işlemi ile tekrar birleştirilse de bazı durumlarda bu küçük bölgeler yabancı ot olarak değerlendirilebilmektedir. Gün içerisinde çalışmaların sabah saatlerinde yapılması ek kamera donanımı olarak infrared işık kesici filtrelerin (IR-cut filter) kullanılması bu sorunu azaltabilir.

Hız değerine bağlı debi kontrollü pülverizatör kullanılarak gerçekleştirilen testlerde hedeflenen normdan sapmalar traktör hızına paralel olarak değermiştir.



Hedeflenen norma (100 L/ha) en yakın değer (96.12 L/ha) düşük traktör hızlarında (4-6 km/h) en uzak değer (91.06 L/ha) ise yüksek traktör hızlarında (8-10 km/h) elde edilmiştir (Çizelge 4.9). Atçioğlu (2006), benzer bir sistemin performansını incelemek üzere gerçekleştirdiği çalışmada 100 L/ha hedeflenen norm için gerçek uygulama hacmini 107.22 L/ha olarak saptamıştır. Hedeflenen normdan en fazla sapma (%7.22) Atçioğlu (2006) çalışmasında artış yönünde, bu çalışmada ise (%8.94) azalma yönünde gerçekleşmiştir. Her iki çalışmadaki sapma değerleri birbirine yakın olup artış ve azalış yönünde farklılık göstermektedir. Hız kontrol sisteminin tepki süresi düşük hızlarda (4-6 km/h aralığında), yüksek hızlara göre (8-10 km/h aralığında) daha uzundur. Bu nedenle yüksek hızlarda değişken ilerleme hızı ile yapılan denemelerde hız kompanzasyonu için daha uzun süre gerekli olduğundan hedeflenen ilaç normundan daha fazla sapma olması açıklanabilir bir durumdur. Ayrıca çalışmada kullanılan püskürtme memelerinin debi değerlerinin küçük olması, tüm testlerde gerçek uygulama normunun hedeflenen norm değerlerinden daha küçük çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Bu tür hız ve akış bilgisine bağlı olarak geliştirilecek pülverizatör sistemleri sayesinde tüm araziye istenen normda uygulama gerçekleştirilebilmektedir. Böylece araziye uygulanan kimyasal miktarı kontrol altına alınarak, gereğinden fazla kullanılan bu kimyasalların çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar azalacaktır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde yaygın tarımı yapılan mısır bitkisinde yabancı otların görüntü işleme teknikleri ile gerçek zamanlı olarak belirlenmesi, kültür bitkisi/yabancı ot ayrımının yapılması ve yabancı ot yoğunluğuna bağlı olarak bir kontrol sistemi aracılığı ile ilgili alana püskürtme uygulamasının gerçekleştirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Çalışmada gerçek zamanlı olarak kamera ile elde edilen RGB formatında 752x480 çözünürlük değerine sahip arazi görüntüleri Matlab ortamına aktarılmıştır.
- Elde edilen her bir görüntü Matlab görüntü işleme fonksiyonları kullanılarak, görüntü üzerindeki yabancı otlar belirlenmeye çalışılmıştır.
- Yabancı otların belirlenmesine yönelik görüntü üzerinde gerçekleştirilen işlemler sırasıyla; 1) RGB formatındaki görüntünün gri seviye dönüşümünün gerçekleştirilmesi, 2) Otsu otomatik eşikleme yöntemi kullanılarak gri seviye görüntünün binary görüntüye dönüştürülmesi, 3) Binary görüntü üzerinde bazı morfolojik görüntü işleme yöntemleri kullanılarak görüntüdeki mısır bitkisine ait nesnelere çıkarılarak, sadece yabancı otları temsil eden nesnelere elde edilmesi'dir.
- Sadece yabancı otları içeren görüntü elde edildikten sonra bu görüntü 3 bölgeye ayrılarak her bir bölgedeki yabancı ot yoğunluğu hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda her bir bölgedeki yabancı ot yoğunluğu belirlenen eşik değerden fazla ise o bölgeye bir süre sonra (bum kanatları ilgili bölgenin üzerine gelme süresi) püskürtme uygulaması gerçekleştirilmiştir.
- Matlab programında geliştirilen algoritma sonuçlarının PLC hafıza alanlarına gönderilebilmesi için Matlab ile PLC arasında OPC bağlantısı gerçekleştirilmiştir.
- OPC bağlantısı ile gerçek zamanlı olarak elde edilen görüntülere ait algoritma çıktıları, yine gerçek zamanlı olarak PLC hafıza alanlarına yazdırılmıştır. Böylece PLC çıkış birimi üzerinden püskürtme meme gruplarını kontrol eden valfler denetlenmiştir.
- Yabancı otların kamera tarafından algılanması ve püskürtme uygulamasına karar verildiği anda, bum kanatlarının o bölgeye ulaşmasına kadar geçen gecikme süresinin doğru bir şekilde ayarlanıp, tüm yabancı ot bölgesine uygulama gerçekleştirebilmek amacıyla bir PLC programı oluşturulmuştur.

- Kamera görüntü çerçevesi ile bum kanatları arasındaki mesafe ve PLC hızlı sayıcı birimi tarafından okunan radar hız sensörü çıkış frekansı kullanılarak hesaplanan gecikme süresi, PLC programı içerisinde gecikmeyi sağlayan zamanlayıcıların set değeri olarak atanmıştır.
- Oluşturulan sistemin çalışma aksaklıklarını görebilmek amacıyla arazi testleri öncesi laboratuvar ortamında ön testler gerçekleştirilmiştir.
- Ön testlerde düz beton zemin üzerine farklı aralıklarla yerleştirilen yeşil nesnelerin üzerine püskürtme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Püskürtme işlemi yeşil nesnenin bulunduğu noktadan yaklaşık olarak 30-40 cm önce başlatılıp yine 30-40 cm sonra sonlandırılmıştır.
- Ön testler boyunca OPC sunucu üzerinden PLC çıkış birimini aktif eden her bir hafıza alanının değeri okunarak püskürtme işleminin başlama zamanları incelenmiştir.
- Arazi testleri, mısır arazisinde yabancı otlarla mücadelede kritik dönem içerisinde, 0.25 ha'lık bir alanda, 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.
- Arazi testlerinde, ilk olarak ülkemizde yaygın olarak kullanılan tarla pülverizatörleri model alınarak klasik uygulama yöntemine ait testler, ikinci olarak kamera verileri kullanılarak değişken düzeyli uygulama, üçüncü olarak ise hız değişkenine bağlı uygulama yöntemi gerçekleştirilmiştir.
- Arazi testleri sonucunda, kamera kullanılarak gerçekleştirilen değişken düzeyli uygulama yönteminde, klasik uygulama yöntemine göre uygulama hacimlerinde azalmalar oluşmuştur. Bu azalma oranları; 4, 6 ve 8 km/h traktör ilerleme hızlarında sırasıyla %30.21, %28.82 ve %32.28 olarak bulunmuştur.
- Basınç kontrollü pülverizatör otomatik modda iken uygulama boyunca traktör çalışma hızı belirli sınırlar içerisinde değiştirilerek hedeflenen normdan sapmalar incelenmiştir. Buna göre uygulama boyunca traktör hızı değişse dahi sistemin uygulama normunu otomatik olarak maksimum %8.94 sapma ile kontrol altında tuttuğu görülmüştür.

Çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda düşünülen öneriler aşağıda sunulmuştur.

- ✓ Çalışmadaki görüntüler, traktörün ön bölgesine, yer düzleminden yüksekliği 4 m olan platform üzerine yerleştirilen kameradan elde edilmiştir. Engebeli arazi koşullarında meydana gelen titreşimler görüntü kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir ve bu durum doğal olarak sınıflandırma başarısını da etkilemektedir. Bu nedenle bu kanatlarının iş genişliği boyunca 2 ya da daha fazla kameralar ile daha küçük alanlar görüntülenerek sınıflandırma başarısı artırılabilir.
- ✓ Arazi koşullarında eğik açıyla gelen güneş ışınlarının olumsuz etkilerinden kaçınmak için çalışmalar sabah saatlerinde gerçekleştirilebilir. Ayrıca ek kamera donanımı olarak infrared ışık kesici filtrelerin (IR-cut filter) kullanılması da bu sorunu azaltmaya yardımcı olabilecektir.
- ✓ Kamera kullanılarak geliştirilen değişken düzeyli uygulama sistemi meyve bahçelerinde sıra arası yabancı ot ilaçlama uygulamalarında da kullanılabilir. Meyve bahçelerinde herhangi bir sınıflandırma işlemi yapılmaksızın sıra boyunca sadece yabancı otların bulunduğu bölgelere uygulama gerçekleştirilebilir.
- ✓ Ülkemizde kullanılan tarla pülverizatörlerinin büyük çoğunluğunda basınç kontrollü pülverizatör bulunmamaktadır. Yakın gelecekte traktör hız bilgisine ve basınç hattındaki sıvının akış hızına bağlı olarak geliştirilecek bir kontrol sistemi, ülkemizde üretilen tarla pülverizatörlerine adapte edilebilir.
- ✓ Görüntü işleme temeline dayanan bu sistem, yabancı otların bulunduğu noktaların ve yoğunluğunun doğru bir şekilde belirlenmesi sonucunda kimyasal mücadele yöntemlerinin yanında, hassas tarım uygulamalarında kullanılan diğer yabancı ot mücadele yöntemleri için de uygulanabileceği düşünülmektedir.
- ✓ Geliştirilen bu sistemin ülkemizde kullanılan pülverizatörlere uygulanması durumunda; ilaç tasarrufu, yabancı ot mücadelesinde iş gücü maliyetlerinin azaltılması, gereğinden fazla uygulanan kimyasalın çevreye verdiği zararların azaltılması gibi yararlar sağlanabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Ahmad, I., Siddiqi, M. H., Fatima, I., Lee, S., Lee, Y-K., 2011. Weed Classification Based on Haar Wavelet Transform via k-Nearest Neighbor (k-NN) for Real-Time Automatic Sprayer Control System. ICUIMC '11, February 21–23, Seoul, Korea.
- Arag Bravo., 2007. Arag Bravo 180S. URL (erişim tarihi: 12.12.2016) <http://www.aragnet.com/VediMacro/EN/246/products/?PRD=108662>
- Atçioğlu, T., 2006. Yerli Yapım Bir Tarla Pülverizatörüne Elektronik Kontrol Sisteminin Uygulanması ve Etkinliğinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 49s.
- Aydemir, S., Karaoğlu, S., 2008. Ziraî Mücadele Teknik Talimatları Cilt VI. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı.
- Aydoğan, D., 2008. Hough Dönüşüm Yöntemi İle Gravite Anomali Haritalarından Çizgiselliklerin Saptanması: Orta Anadolu Uygulaması. e-Journal of New World Sciences Academy. (3) : 4
- Başkurt, P., 2017. Elektromanyetik Kuruma Göre Işığın Yapısı. URL (erişim tarihi: 26.05.2017) [http://dersimfizik.blogspot.com.tr/2014/03/elektromanyetik-kuruma-gore-isgn-yapisi\\_19.html](http://dersimfizik.blogspot.com.tr/2014/03/elektromanyetik-kuruma-gore-isgn-yapisi_19.html)
- Bellanger, M., 2000, Digital processing of signal: Theory and Practice, John Wiley and Sons, ISBN: 978-0-471-97673-8 USA, 456p.
- Beşyaprak, Y., 2016. Matlab OPC Araçları Kullanarak Servo Motorun Pozisyon Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 124s.
- Bilgikumbarası, 2017. Renk Sistemleri Ve Renk Uzayları. URL (erişim tarihi: 22.06.2017) <http://www.bilgikumbarasi.com/2016/12/renklerin-gucu-ve-kullanm-bolum-2-renk.html>
- Bossu, J., Gée' Ch., Jones, G., Truchetet, F., 2009. Wavelet transform to discriminate between crop and weed in perspective agronomic images. Computers and Electronics in Agriculture. 65 (1) : 133–143.

- Burgos-Artizzu, X. P., Ribeiro, A., Guijarro, M., Pajares, G., 2011. Real-time image processing for crop/weed discrimination in maize fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75 (2): 337–346
- Bükün, B., 2011. Enerji Bitkilerinde Yabancı Ot Sorunları ve Neden Oldukları Kayıplar. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal Of Agricultural Machinery Science)*, 8 (3) : 279-285.
- Büyük, S., Gök, S., 2012. Proses Otomasyonunda OPC Teknolojisi. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 53 (1) : 13- 15.
- Çetin, R., 2004. S7-200'PLC'lerle Otomasyon. Ankara. Doğuşum Matbaacılık ve Tic. Ltd. Şti,11-19.
- Cho, S.I., Lee, D.S., Jeong, J.Y., 2002. Weed-plant discrimination by machine vision and artificial neural network. *Biosyst. Eng.* 83, 275-280.
- Çilingir, İ., Dursun, E., 2010. Bitki Koruma Makinaları. AÜZF Yayın No: 250
- Demir, Ö., 2006. Matlab Gereçleri İle Görüntü İşleme Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 122s
- Dilbilir, Y., 2017. Görüntü İşlemede Kullanılan İstatistik Yöntemler ve Bir Uygulama. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Van. 65s.
- Doğan M.N., Unay A., Boz O., Albay, F., 2004. Determination of optimum weed control timing in maize (*Zea mays L.*). *Turk J Agric.*, 28 (2004) 349-354
- IDS, 2017., USB 2 uEye ML Endüstriyel Kamera. URL (erişim tarihi: 26.01.2017) <https://en.ids-imaging.com/store/products/cameras/usb-2-0-cameras/ueye-ml.html>
- FAO, 2017., Mısır Bitkisi Ekim Alanı - Verim İlişkisi. URL (erişim tarihi: 27.01.2017) <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- Fowler B., El Gamal, A., Yang, D., and Tian, H., 1999. A method for estimating quantum efficiency for CMOS image sensors, *Proceedings of SPIE, San Jose, CA, Jan., SPIE (3301) : 178-185.*
- Gee C. H., Bossu J., Jones G., Truchetet, F., 2008. Crop/weed discrimination in perspective agronomic images. *Computers and Electronics in Agriculture*. 60 (1) : 49-59.

- Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 2014. Sayısal Görüntü İşleme, 3. Baskıdan Çeviri, Palme Yayıncılık, ISBN: 978-605-355-212-3.
- Hlaing, S.H., Khaing, A.S., 2014. Weed and Crop Segmentation and Classification Using Area Thresholding. IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, 3(3):375-380.
- Hong, Y. J., Lei, F. T., Heping, Z., 2011. Robust Crop and Weed Segmentation under Uncontrolled Outdoor Illumination, Sensors. 11(6) : 6270-83.
- Humburg, D., 1993. Variable Rate Equipment-Technology for Weed Control. Foundation for Agronomic Reserch .
- Ishak, W., Rahman, K.A., 2010. Software development for real-time weed colour analysis. Pertanika Journal of Science & Technology 18(2): 243-253
- Jeon, H.Y., Tian, L.F., Zhu, H., 2011. Robust Crop and Weed Segmentation under Uncontrolled Outdoor Illumination. Sensors, 11 : 6270-6283.
- Jones, G., C. Gee, F, Truchetet., 2009. Assessment of an inter-row weed infestation rate on simulated agronomic images. Computers and Electronics in Agriculture, 1 (67) : 43–50.
- Kamal, N.A., Karan, S., Ganesh, C.B., Dongqing, L., 2012. Weed Recognition Using Image-Processing Technique Based on Leaf Parameters Journal of Agricultural Science and Technology, ISSN 1939-1250.
- Karayel, M., 2013. Mikrotip Hidroelektrik Santraller İçin PLC Tabanlı SCADA Sistem Otomasyonu Ve Rtu/PLC İle Frekans Ve Gerilim Regülasyonunun Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara. 92s.
- Kaymak, M. K., Şahin, A.,D., 2008. İstanbul'da Konutlar için Rüzgar-Güneş Hibrit Sistemlerinden Elektrik Üretimi. İTÜ Uçak-Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Yeni Enerji Dergisi, Sayı 7, Kasım-Aralık, İstanbul.
- Kızılkaya, A., 2017. Görüntü Bölütleme. URL (erişimtarihi:27.8.2017)  
[http://akizilkaya.pamukkale.edu.tr/B%C3%B6l%C3%BCm4\\_goruntu\\_isleme.pdf](http://akizilkaya.pamukkale.edu.tr/B%C3%B6l%C3%BCm4_goruntu_isleme.pdf)

- Kul, N., 2009. 1500 Kva Gücünde 6.3 Kv. Çıkış Gerilimli Generatör Grubu Ve Yüksek Gerilim Kesicilerinin PLC-SCADA İle Uzaktan İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 98s.
- Lieping, Z., Aiqun, Z., Yunsheng, Z., 2007. On Remote Real- Time Communication Between Matlab and PLC Based on OPC Technology. Proceedings of the 26th Chinese Control Conference, July 26-31, Zhangjiajie, Hunan, China.
- Liu, H., Saunders, C., Lee, S., 2013. Development of a proximal machine vision system for off-season weed mapping in broadacre no-tillage fallows. J. Comput. Sci. 9 (1) : 1803-1821.
- Liu, H., Lee, S.H., Saunders, C., 2014. Development of A Machine Vision System For Weed Detection During Both of Off-Season and In-Season In Broadacre No-Tillage Cropping Lands, American Journal of Agricultural and Biological Sciences 9(2) : 174-193
- Matlab, 2017a. Image Acquisition Toolbox, The Mathworks Inc. URL (erişim tarihi: 11.03.2017) <https://www.mathworks.com/products/imaq.html>
- Matlab, 2017b. OPC Toolbox User's Guide. URL (erişim tarihi: 17.03.2017) <https://www.mathworks.com/products/opc.html>
- Nejati, H., Azimifar, Z., Zamani, M., 2008. Using Fast Fourier Transform for weed detection in corn fields. IEEE International Conference on Systems. 1215-1219
- Onx., 2016. OPC server. URL (erişim tarihi: 12.10.2016) <http://www.onxcontrol.com/>
- Orhan, E., 2011. Görüntü İşleme Teknikleri kullanarak Elma Tasnifleme, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta. 128s.
- Otsu, N., 1979. A Threshold selection method from graylevel histograms. IEEE Trans. Syst. Man Cybern., 9: 62-66. DOI: 10.1109/TSMC.1979.4310076
- Örge, G., 2012. Farklı Kültür Bitkileri ve Yabancı Otların Renk Özelliklerinin Görüntü İşleme Tekniği İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ. 75s.
- Örnek, M., N., 2014. Havuç Sınıflandırmada Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme Makinası Tasarımı ve Bazı Mekanik Sınıflandırma Makinaları İle Boylama Etkinliklerinin



- Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya. 104s.
- Öziç, M.Ü., 2013. MR Görüntülerinde Alzheimer Hastalığının Özneliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 107s.
- Paap, A. J., 2014. Development of an optical sensor for real-time weed detection using laser based spectroscopy. URL (erişim tarihi 10.09.2017) <http://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2284&context=theses>
- Pikolab, 2017. Elektromanyetik debimetreler. URL (erişimtarihi:27.02.2017) <http://www.pikolab.com/elektromanyetik,%20debimetre,%20manyetik,%20flowmeter,%20magnetic,%20electromagnetic>
- Romeo, j., Guerrero, J. M., Montalvo, M., Emmi, L., Guijarro M., Santos, P.G., Pajares, G., 2013. Camera Sensor Arrangement for Crop/Weed Detection Accuracy in Agronomic Images. Sensors, 13(4): 4348-4366
- Sabancı, K., 2013. Şeker pancarı tarımında yabancı ot mücadelesi için değişken düzeyli herbisit uygulama parametrelerinin yapay sinir ağlarıyla belirlenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Scholz, C., Kohlbrecher, M., Ruckelshausen, A., 2014. Camera-based selective weed control application modüle (Precision Spraying App) for the autonomous field robot platform BoniRob. International Conference of Agricultural Engineering, Zurich.
- Siddiqu, M.H., Lee, S., ve Lee, Y.K., 2011. Efficient Algorithm for Real-Time Specific Weed Leaf Classification System. Journal of Communication and Computer, 8: 819-830
- Simens, 2017. S7 1200 PLC özellikleri. URL (erişimtarihi:27.02.2017) [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att\\_106119/v1/s71200\\_system\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_system_manual_en-US_en-US.pdf)
- Siyah, B., 2015. Sayısal Görüntü İşleme :// <http://yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> URL:(Erişim tarihi:08.01.2017).
- TAGEM, 2017. Mısır Tarımı. URL (erişimtarihi:27.02.2017) <http://arastirma.tarim.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=89>

- Tang, J., Geng, N., Zhang, Z., Zhu, Z., 2013. A Vision-Based Method of Wheat Row Detection for Agricultural Robot. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*. 7 (5): 129-137
- Tangwongkit, R., Salokhe, M V., Jayasuriya, H.P.V., 2006. Development of a Real-time, Variable Rate Herbicide Applicator Using Machine Vision for Between-row Weeding of Sugarcane Fields. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript PM 06 009. Vol. VIII.
- Tekinalp, Z., Öztürk, S., Kuncan, M., 2013. OPC Kullanılarak Gerçek Zamanlı Haberleşen Matlab ve PLC Kontrollü Sistem. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2013*, 26-28 Eylül, Malatya
- Thonke, K.E., 1991. Political and Practical Approach in Scandinavia Towards Reducing Herbicide Inputs, *Brighton Crop Protection Conference*, Brighton, 1183–1190
- Tian L., Reid JF., Hummel JW. 2000. Development of a precision sprayer for sitespecific weed management. *Transaction of the ASAE*, 42(4), 893-900.
- Tursun, N., Sakınmaz, M.S., Kantarcı, Z., 2016. Mısır Varyetelerinde Yabancı Ot Kontrolü için Kritik Periyotların Belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (Özel sayı-1) : 58-63
- Türktemel, İ., 2014. Yabancı Ot Araştırmaları Çalışma Grubu. *Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Dairesi Başkanlığı*, Ankara.
- Ünlü, Y., 2007. Süreç Kontrolünde Nesnelerin Bağlaşması Ve İlişkilendirilmesi (OPC) Standardı ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Üstüner, T., Güncan, A., 2002. Niğde ve Yöresi Patates Tarlalarında Sorun Olan Yabancı Otların Yoğunluğu ve Önemi ile Topluluk Oluşturmaları Üzerine Araştırmalar. *Türkiye Herboloji Dergisi*. 5 (2) : 30-42
- Vatandaş, M., Güner, M., Türker, U., 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. *Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*. Ankara. 347-365.
- Wikipedia, 2016. Gözün yapısı. URL (erişim tarihi:26.01.2017) <https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6z>

- Woebbecke, D.M., Meyer, G.E., Von Bargen, Mortensen, D.A., 1995. Shape features for identifying young weeds using image analysis. Transactions of the ASAE 38 (1) : 271-281.
- Yang, C. C., Prasher, S. O., Landry, J. A., 2002. Weed recognition in corn fields using back-propagation neural network models. Canadian Society for Bioengineering, 44 (1) : 15-22
- Yeltekin, A. T., 2016. Stere Calculation Of Trees Laden Vehicles By image Processing Methods. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana
- Yılmaz, M., 2016. Görüntü İşleme Teknikleri İle Zirai Tuzaklardaki Böcek Adedi Tespiti. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- ZMO, 2017. Mısır Raporu. URL (erişim tarihi: 26.01.2017)  
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

## EKLER

### Ek-1 Matlab kodları

```
clc
clear
da = opcda('localhost','OPC.SimaticNET');
connect(da);
grp = addgroup(da,'S7-1200 station_1');
itm0 = additem(grp,'S7:[S7_connection_1]M1.0');
itm1 = additem(grp,'S7:[S7_connection_1]M1.1');
itm2 = additem(grp,'S7:[S7_connection_1]M1.2');
itm3 = additem(grp,'S7:[S7_connection_1]M1.3');
itm4 = additem(grp,'S7:[S7_connection_1]M1.4');
itm5 = additem(grp,'S7:[S7_connection_1]M1.5');
% itm10 = additem(grp,'S7:[S7 connection_1]MDWORD104');
% itm11 = additem(grp,'S7:[S7 connection_1]MDWORD142');
set(grp,'UpdateRate',0.2);
set(grp,'RecordsToAcquire',200);
set(grp,'RecordsAcquiredFcnCount',20);
set(grp,'RecordsAcquiredFcn',@displayfunction);
% all_items=read (grp)
start(grp);
while(1)
%   grp.RecordsAcquiredFcn = @display_opcdata;
%   all_items=read (grp)
%   imshow(all_items);
%   sensor=read (itm10)
%   time_delay=read (itm11)
%
%   valve1=read(itm1)
%   valve2=read(itm3)
%   valve3=read(itm5)
% %
```

```

vid=videoinput('winvideo',2);
set(vid,'returnedcolorspace','rgb');
misir=getsnapshot(vid);
% figure(1), imshow (misir)
    r = misir (:, :, 1);
    g = misir (:, :, 2);
    b = misir (:, :, 3);
    justGreen = 2*g - r - b;
    level=graythresh(justGreen)
    bw=imbinarize(justGreen, level);
    bw0=bwareaopen(bw,3);
    bw1=bwareaopen(bw0,300);
%     bw1 = imfill(bw,'holes');
se = strel('line',33,90)
bw2= imdilate (bw1,se)
bw3= bw0|bw2
%     figure (1)
%     imshow( bw5)
    LB = 4;
    UB =70;
    bw6 = xor(bwareaopen(bw3,LB), bwareaopen(bw3,UB));
%     alan1=imcrop(bw6,[85 260 775 250]);
%     imshow( alan1)
    alan1=imcrop(bw6,[85 260 222 250]);
    alan2=imcrop(bw6,[307 260 333 550]);
    alan3=imcrop(bw6,[637 260 222 250]);
%     figure (1)
%     subplot(1,3,3); imshow( alan1);
%     subplot(1,3,2); imshow( alan2);
%     subplot(1,3,1); imshow(alan3);
    [L1,num1]= bwlabel(alan1);
    [L2,num2]= bwlabel(alan2);
    [L3,num3]= bwlabel(alan3);

```

```

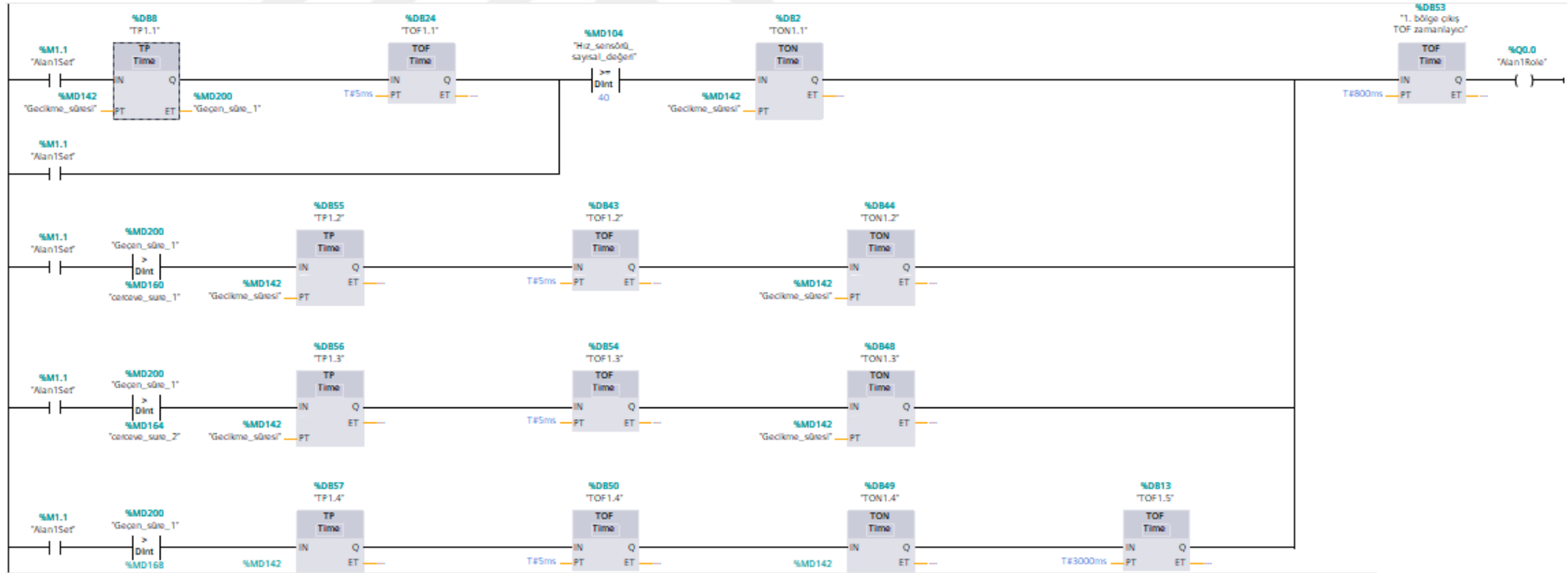
% measurements1 = regionprops(L1, 'Area');
% measurements2 = regionprops(L2, 'Area');
% measurements3 = regionprops(L3, 'Area');
%
% allAreas1 = [measurements1.Area];
% allAreas2 = [measurements2.Area];
% allAreas3 = [measurements3.Area];
% totalAreaOfAllBlobs1 = sum(allAreas1);
% totalAreaOfAllBlobs2 = sum(allAreas2);
% totalAreaOfAllBlobs3 = sum(allAreas3);
t1= 18;
t2= 27;

if ((num1>=t1)&&(num2>=t2)&&(num3>=t1))
    write(itm1,1)
    write(itm3,1)
    write(itm5,1)
elseif ((num1>=t1)&&(num2>=t2)&&(num3<=t1))
    write(itm1,1)
    write(itm3,1)
    write(itm5,0)
elseif ((num1>=t1)&&(num2<=t2)&&(num3>=t1))
    write(itm1,1)
    write(itm3,0)
    write(itm5,1)
elseif ((num1<=t1)&&(num2>=t2)&&(num3>=t1))
    write(itm1,0)
    write(itm3,1)
    write(itm5,1)
elseif ((num1>=t1)&&(num2<=t2)&&(num3<=t1))
    write(itm1,1)
    write(itm3,0)
    write(itm5,0)

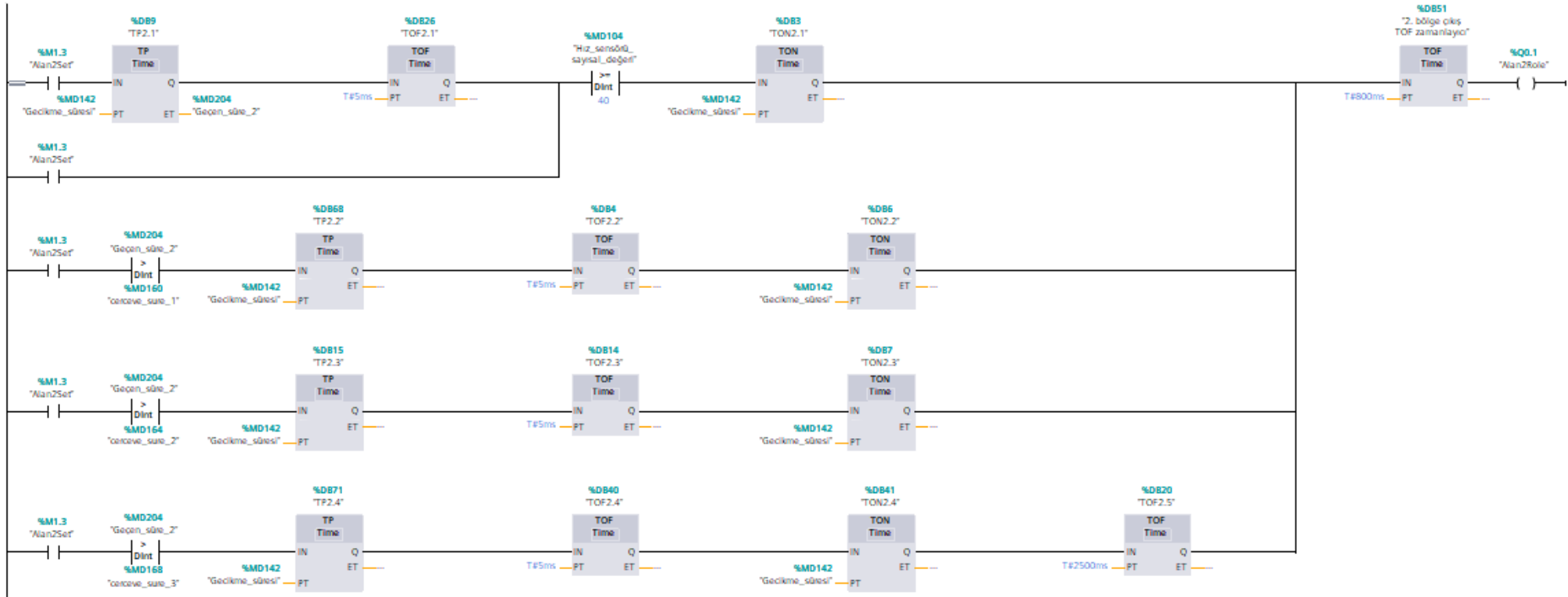
```

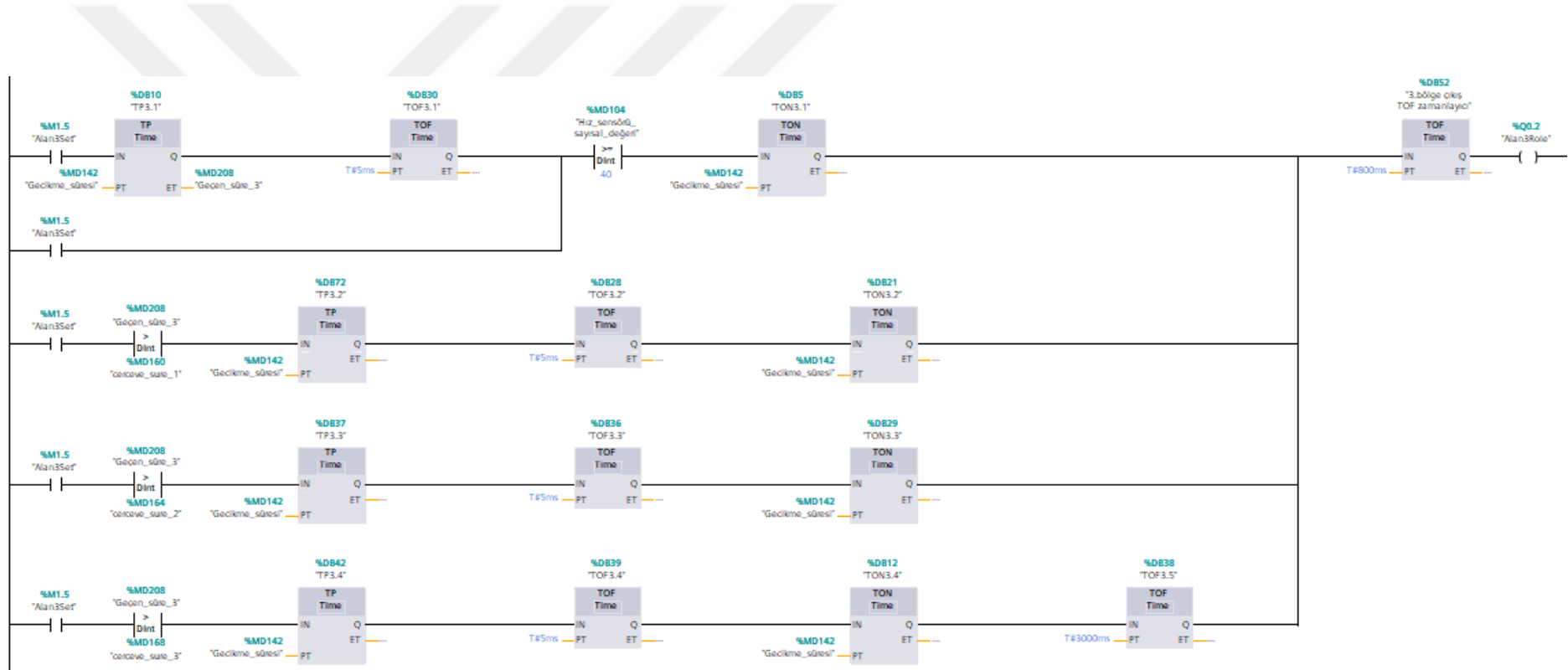
```
elseif ((num1<=t1)&&(num2>=t2)&&(num3<=t1))
    write(itm1,0)
    write(itm3,1)
    write(itm5,0)
elseif((num1<=t1)&&(num2<=t2)&&(num3>=t1))
    write(itm1,0)
    write(itm3,0)
    write(itm5,1)
else
    write(itm1,0)
    write(itm3,0)
    write(itm5,0)
end
end
```

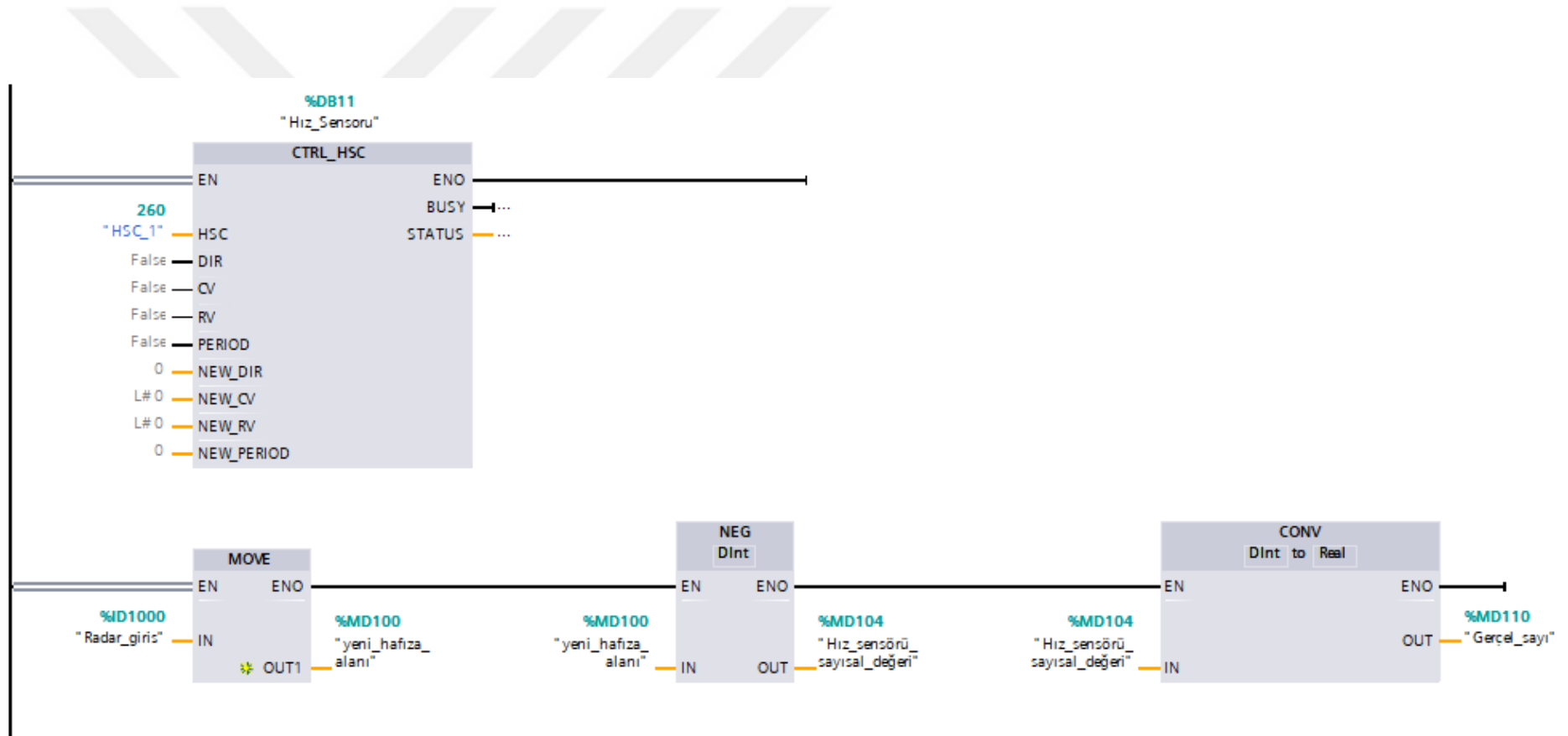
## Ek-2 PLC programı

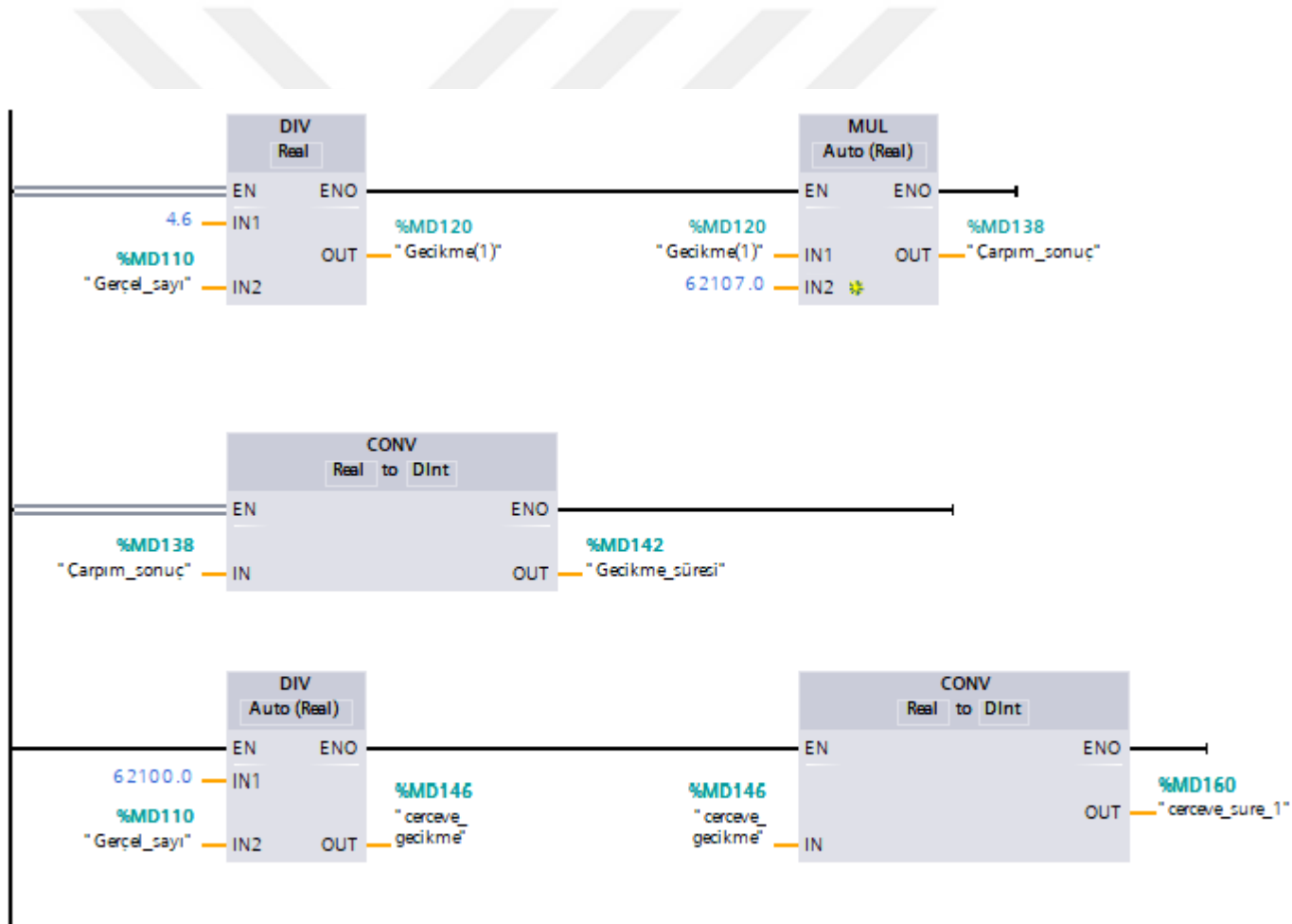


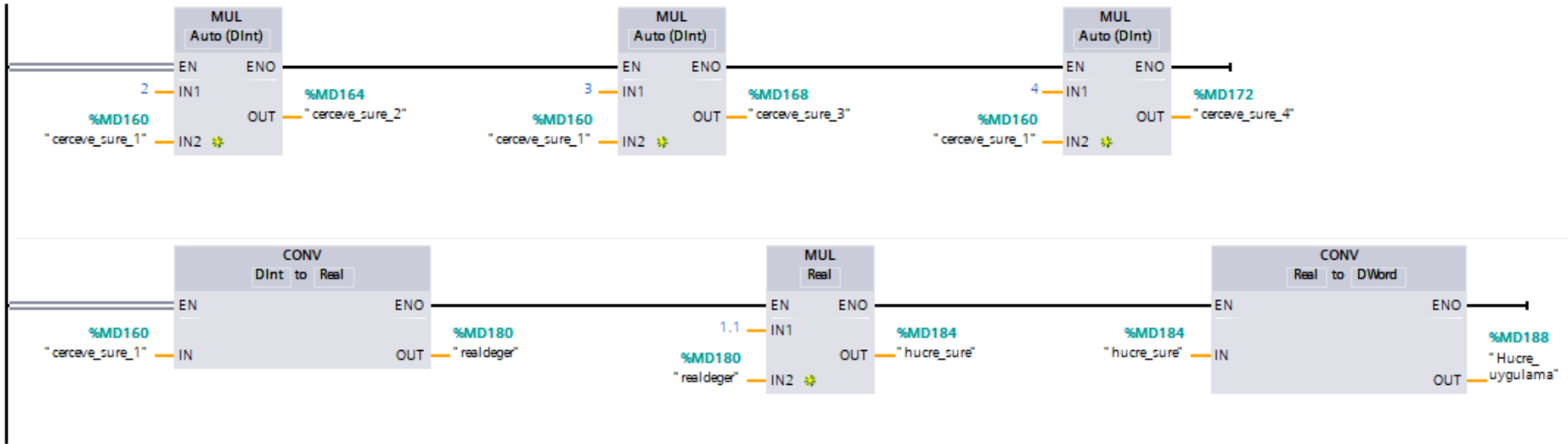












## **ÖZGEÇMİŞ**

### **Kişisel Bilgiler**

Adı, soyadı : Hayrettin KARADÖL  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 20.03.1984 Kahramanmaraş  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0 (344) 234 44 01  
Faks : 0 (344) 234 44 09  
e-posta : [hayrettinkaradol@gmail.com](mailto:hayrettinkaradol@gmail.com).

### **Eğitim**

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet tarihi</b>
Yüksek lisans	KSÜ /Biyosistem Mühendisliği.	2014
Lisans	KSÜ /Elektrik Elektronik Müh.	2015
Lisans	Kocaeli Üni./ Elektrik Öğretmenliği Böl.	2010
Lise	K.Maraş Teknik Lisesi, Elektrik Bölümü	2000

### **İş Denevimi**

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
2009-	Orman Genel Müdürlüğü/K.Maraş	Mühendis
2007-2009	TCDD 1. Bölge Müdürlüğü/Derince	Sürveyan

### **Yabancı Dil**

İngilizce

### **Yayınlar**

1. Karadöl, H., Arslan, S., 2014. Development of an active boom controller for field sprayers. Agronomy Research, Vol. 12 No. 1 pp. 101-114
2. Karadöl, H., Aybek, A., Arslan, S., Üçgül, M., 2016. A Identification of Weeds in A Corn Field By Using Image Processing Techniques. International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16), March 19-20, 2016, Kilis, Bildiri tam metin kitabı, pp. 3124-3132
3. Karadöl, H., Aybek, A., 2017. Yabancı Otların Değişken Düzeyli İlaçlanmasına Yönelik Matlab ve PLC Arası OPC Haberleşme Kullanılarak Geliştirilen Bir Kontrol Sistemi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(2), 129-137

4. Karadöl, H., Arslan, S., Aybek, A., 2017. PID control for sprayer sections under laboratory conditions. Agronomy Research, Vol. 15 No. 1 pp. 187-195
5. Karadöl, H., Arslan, S., Aybek, A., Gizlenci, İ., 2017. Developing a Spot Spraying System for a Field Sprayer Using Machine Vision, 13th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & International Workshop on Precision Agriculture, OP-66

### **Hobiler**

Müzik, Gökbilim, Futbol

