



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**NOHUT ANTRAKNOZU (*ASCOCHYTA RABIEI* (PASS) LABR.)
HASTALIĞININ YAPRAK VE KAPSÜLDE OLUŞTURDUĞU HASARIN
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANILARAK TESPİT
EDİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Arif ÇAM

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN

II. Danışman: Prof. Dr. Yusuf YANAR

TOKAT-2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Nohut Antraknozu (*Ascochyta Rabiei* (Pass) Labr.) Hastalığının Yaprak ve Kapsülde Oluşturduğu Hasarın Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Tespit Edilmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

26/06/2024

Arif ÇAM

JÜRİ KABUL VE ONAY



ÖNSÖZ

Lisans eğitimimden itibaren beni yönlendiren, bu tez konusunda iş birliği imkânı sağlayan, birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım, insani ve ahlaki değerleriyle örnek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN'e, Fitopatoloji ve bitki koruma konusunda ve yüksek lisans çalışmamda rehberlik eden ikinci danışmanım Sayın Prof. Dr. Yusuf YANAR hocama,

Tez Değerlendirme Jüri üyeleri olarak katkı sağlayan Prof. Dr. Engin ÖZGÖZ ve Prof. Dr. Ahmet ÇOLAK hocalarıma,

Yüksek lisans sürecinde güler yüzleri ve yardımlarıyla destek olan meslektaşlarım Dr. Ziya ALTAŞ, Dr. Tahsin Uygun ve Biyosistem Müh. Derya GÜVEN'e,

Her zaman yanımda olan, hayatıma neşe katan, maddi ve manevi her konuda destekleyen, beni değerli hissettiren canım aileme en içten sevgi, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca karşılaştığım zorluklar karşısında bir ilke haline getirdiğim ve tez çalışmamda da sıkıntıya düştüğümde içimde her daim bir direnç oluşturan “Yüksek Türk Şiar'ına” sonsuz müteşekkirim.

Arif ÇAM

26 Haziran 2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NOHUT ANTRAKNOZU (*ASCOCHYTA RABIEI* (PASS) LABR.) HASTALIĞININ YAPRAK VE KAPSÜLDE OLUŞTURDUĞU HASARIN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANILARAK TESPİT EDİLMESİ

Arif ÇAM

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN

İkinci Danışman: Prof. Dr. Yusuf YANAR

26 Haziran 2024, xi + 38 sayfa

Ülkemiz, dünya nohut üretiminde önemli bir yere sahip olmasına rağmen, nohutta ortaya çıkan ve önlem alınmadığı takdirde neredeyse bütün ürünün yok olmasına yol açan antraknoz hastalığı ile her zaman karşı karşıyadır. Bu çalışmada, nohut antraknoz hastalığının yaprak ve kapsülde oluşturduğu hasarın görüntü işleme yöntemleri kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, iki farklı araziden hastalığın farklı gelişim düzeylerinde görüntüler alınmıştır. Hastalığın farklı gelişim düzeylerinden oluşan 50 kapsül ve 50 yaprak görüntüsü MATLAB programında yer alan Image Processing Toolbox modülü kullanılarak görüntü işleme tekniğiyle işlenmiştir. Çalışmada k-means kümeleme algoritması ve Otsu's eşikleme yöntemi kullanılmıştır. Görüntü işleme yöntemi hastalık seviyelerini 3.18 RMSE ve Theil UII'si 0.0596 ile tahmin etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre geliştirilen görüntü işleme yöntemi ile nohut antraknoz hastalığının kapsül ve yapraktaki hasar şiddeti başarıyla tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Matlab, Nohut, Antraknoz Hastalığı

ABSTRACT

MASTER DEGREE THESIS

DETECTION OF DAMAGE CAUSED BY CHICKPEA ANTHRACNOSE (*ASCOCHYTA RABIEI* (PASS) LABR.) DISEASE ON LEAVES AND CAPSULE USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES

Arif ÇAM

Department of Biosystems Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Metin ÖZGÜVEN

Second Advisor: Prof. Dr. Yusuf YANAR

26 June 2024, xi + 38 pages

Although our country has an important place in the world chickpea production, it is always faced with anthracnose disease, which occurs in chickpea and leads to the destruction of almost the entire crop if no measures are taken. In this study, it was aimed to determine the damage caused by chickpea anthracnose disease on leaves and capsules by using image processing methods. In the study, images were taken from two different fields at different development levels of the disease. Fifty capsule and 50 leaf images at different developmental levels of the disease were processed by image processing technique using the Image Processing Toolbox module in MATLAB program. In the study, k-means clustering algorithm and Otsu's thresholding method were used. The image processing method predicted the disease levels with an RMSE of 3.18 and Theil UII of 0.0596. According to the results obtained, the damage severity of chickpea anthracnose disease in the capsule and leaf was successfully determined with the developed image processing method.

Keywords: Image Processing, MATLAB, Chickpea, Anthracnose Disease

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK SÖZLEŞME.....	i
JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	8
3. MATERYAL ve YÖNTEM	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Araştırma alanları.....	15
3.1.2. Çalışmada kullanılan cihazlar	15
3.1.3. Çalışmada kullanılan paket programlar	16
3.1.4. Nohut antraknozu [<i>Ascochyta Rabiei</i> (Pass.) Labr.] hastalığı	17
3.2. Yöntem.....	18
3.2.1. Hastalığın tespit edilmesi	18
3.2.2. Görüntü alma.....	19
3.2.3. Nohut antraknozu hastalık şiddetinin tespit edilmesi.....	20
3.2.4. Ön işleme	21
3.2.5. Görüntü okuma ve dönüştürme.....	22
3.2.6. K-means algoritması ile renk tabanlı kümeleme ve segmentasyon	23
3.2.7. Otsu's eşikleme yöntemi	24
3.2.8. Yaprak ve kapsül üzerindeki hastalık şiddeti hesabı.....	25
4. BULGULAR.....	27
4.1. Nohut Kapsül Görüntü İşleme Sonuçları	27
4.2. Nohut Yaprığı Görüntü İşleme Sonuçları.....	29
4.3. Geliştirilen Görüntü İşleme Algoritması ile Uzman Değerlendirmesinin Karşılaştırılması	31
5. SONUÇ	33

6. KAYNAKLAR	34
7. ÖZGEÇMİŞ	38



ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. Türkiye 2014-2023 nohut üretimi ve ekim alanı	2
Çizelge 2. Çalışmada kullanılan dijital fotoğraf makinesinin teknik özellikleri	16
Çizelge 3. Çalışmada kullanılan dizüstü bilgisayarın teknik özellikleri.....	16
Çizelge 4. Nohut antraknoz hastalığı 0-4 değerlendirme skalası.....	18



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 2018-2022 yılları arasında dünya nohut üretimi ortalaması	2
Şekil 2. Türkiye’de nohut üretimi yapılan önemli iller.....	3
Şekil 3. Nohut antraknoz hastalığının a) yaprakta, b) gövdede c) tohumda ve d) kapsülde oluşturduğu hasar.....	4
Şekil 4. Görüntü işlemede temel adımlar.....	6
Şekil 5. Çalışma alanlarına (a. Sağlıca Köyü b. Uğrak Köyü) ait görüntüler.....	15
Şekil 6. Antraknoz hastalığının a) kapsülde, b) yaprakta meydana getirdiği hasar	18
Şekil 7. Nohut antraknozunun yaprak görsel skalası	19
Şekil 8. Nohut antraknozunun kapsül görsel skalası	19
Şekil 9. Araziden görüntü alma	20
Şekil 10. Görüntü işleme diyagramı	21
Şekil 11. Ön işleme örneği, a) orijinal yaprak görüntüsü, b) arka plan kaldırılmış yaprak görüntüsü, c) orijinal kapsül görüntüsü ve d) arka plan kaldırılmış kapsül görüntüsü	22
Şekil 12. a) orijinal görüntü ve b) segment edilmiş görüntü.....	23
Şekil 13. Kümeleme sonucu oluşan görüntü.....	24
Şekil 14. Kümelerin kombinasyonu sonucu oluşan a) hastalıklı ve b) sağlıklı kümeler	24
Şekil 15. İkili (Binary) görüntü a) sağlıklı alan ve b) hastalıklı alan.....	25
Şekil 16. Çalışmanın genel akış şeması	26
Şekil 17. a) Kapsül 1’e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge	27
Şekil 18. a) Kapsül 2’ye ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge	27
Şekil 19. a) Kapsül 3’e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge	28
Şekil 20. a) Kapsül 4’e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge	28
Şekil 21. a) Kapsül 5’e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge	29
Şekil 22. a) Yaprak 1’ e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge.....	29
Şekil 23. a) Yaprak 2’ ye ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge.....	29
Şekil 24. a) Yaprak 3’ e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge.....	30
Şekil 25. a) Yaprak 4’ e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge.....	30
Şekil 26. a) Yaprak 5’ e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge.....	31

Şekil 27. Edinilen görüntülerdeki nohut antraknoz hastalık şiddetinin gözlem ve görüntü işleme arasındaki ilişki	31
--	----



KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

FAO: Gıda ve Tarım Örgütü

MATLAB: MATrix LABoratory

RGB: Kırmızı-Yeşil-Mavi

RMSE: Kök Ortalama Kare Hatası

ROI: İlgi Bölgesi

SVM: Destek Vektör Makineleri

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

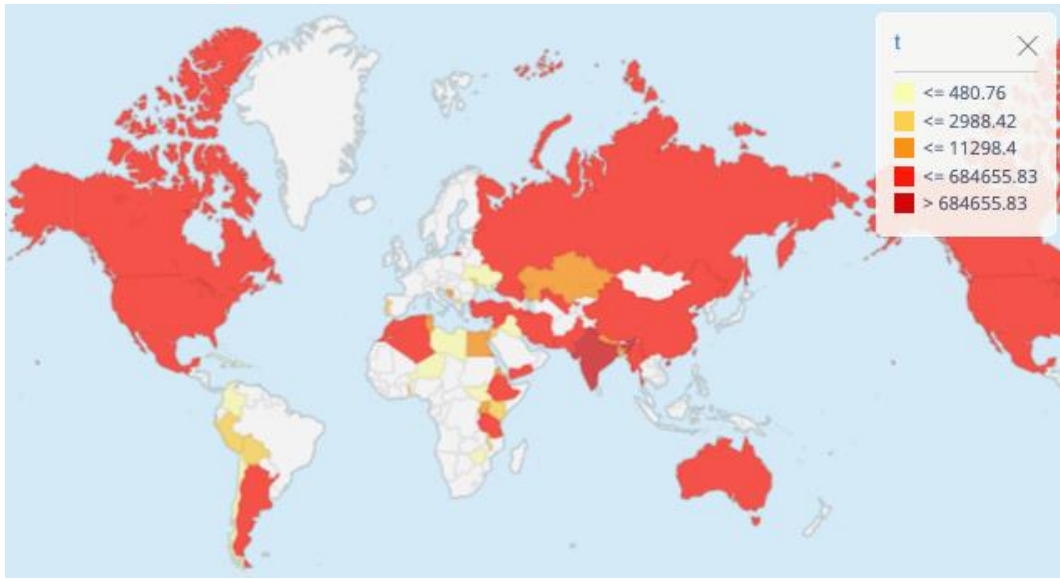
1. GİRİŞ

Tarımsal üretimin gelişme dönemi boyunca mekanizasyon, otomasyon, kontrol ve bilişimden sonra bilgi teknolojilerinde görülen hızlı gelişim sonucu günümüzde akıllı makineler ve makineleri kontrol eden üretim sistemleri geleneksel üretim yöntemlerinin yerini almaya başlamıştır (Ozguven, 2018). Elde edilen tarımsal bilgilerin işlenerek kullanılabilir yararlı bilgiye çevrilebilmesi için ise görüntü, ses ve video işleme algoritmaları, yapay sinir ağları, makine öğrenmesi, istatistiksel veri analizi gibi uygulamalardan yararlanılan gelişmiş karar mekanizmaları kullanılmaktadır (Özgüven, 2018). Tarımsal üretim sırasında kontrol altına alınamayan hava durumu, iklim, toprak özellikleri, hastalık ve zararlılar, çevre kirliliği gibi birçok faktörden olumsuz etkilenebilmektedir. Bu nedenle verimli bir tarımsal üretim için sadece uzmanlık yetmemekte, yetiştirme şartlarının da isteğe uygun olması gerekmektedir. Bu nedenle başarılı bir tarımsal işletmecilik için her bir bileşendeki değişimler doğru ve zamanında belirlenmeli ve olabilecek etkileşimlerde göz önüne alınarak yapılacak uygulamalara karar verilmelidir (Ozguven, 2023).

Tarım, dünyanın hemen hemen her yerinde uzun süredir devam eden bir faaliyettir. Yemelik baklagiller, bitkisel kaynaklı protein ihtiyacını karşılamada önemli bir role sahiptir. Özellikle nohut gibi eski zamanlardan beri tarımı yapılan baklagiller, nadir ve değerli bitkiler arasında yer almaktadır. Nohut, tek yıllık bir bitki olup çalimsı bir görünüme sahiptir. Yaprakları 5-15 mm boyutlarındadır ve tomurcukları 30 mm'ye kadar uzayabilirken gövdesi 50-60 cm uzunluğundadır. Nohut bitkisi, toprak verimliliğini artırma özelliğine sahip olup, kendinden sonra ekilen bitkiye allelopatik etkisiyle verimini artırmaktadır. Ayrıca, nohut bitkisinin kökleri hasattan sonra toprakta kalarak toprağı azot bakımından zenginleştirmekte ve sonraki ekimler için uygun bir ortam sağlamaktadır (Arslan ve ark., 2015; Gautam ve ark., 2014; Genç, 2017; Singh ve Singh, 2015).

Bereketli Hilal olarak bilinen coğrafik bölgede, yaklaşık 10.000 yıl önce Fırat ve Dicle nehirlerinin üst kesimlerinden Negev ve Sina çöllerine kadar olan alanda tarım faaliyetleri başlamıştır. Bu dönemde kültür nohutu (*Cicer arietinum*), Anadolu'daki kıraç alanlarda hızla yetiştirilebilen bir bakliyat türü haline gelmiştir. Nohut batıya doğru Akdeniz havzasına ve doğuya doğru Hindistan'a kadar yayılmıştır. Günümüzde birçok ülkede yetiştirilen nohut, dünyada en fazla ekim alanına sahip ülkeler arasında Hindistan, Avustralya, Pakistan ve Türkiye'yi içermektedir (Lev-Yadun ve ark., 2000).

Hindistan 2022 yılında 13 543 630 ton ile dünya nohut üretiminde birinci sırada yer alırken, 1 062 250 ton nohut üretimi ile Avustralya takip etmekte ve 580 000 ton nohut üretimi ile Türkiye üçüncü sırada yer almaktadır. 2018-2022 yılları arasında ülkeler bazında dünya nohut üretiminin ortalaması alındığında ise Hindistan toplam 11 570 098 ton üretim ile birinci sırada, Avustralya 684 655.83 ton üretim ile ikinci sırada ve Türkiye 589 000 ton üretim ile üçüncü sırada yer almaktadır. Ayrıca dünyada, 2022 yılında toplam nohut ekilen alan 14 810 916 ha, toplam nohut üretimi 18 095 248.28 tondur (FAOSTAT, 2024). Şekil 1’de ülkeler bazında 2018-2022 yılları arasında dünya nohut üretimi ortalaması haritası gösterilmektedir.



Şekil 1. 2018-2022 yılları arasında dünya nohut üretimi ortalaması (FAOSTAT, 2024)

Ülkemizde en fazla ekim alanına ve üretime sahip yemeklik baklagil cinsi nohuttur. Ülkemizde 2023 yılında nohut ekilen alan 458 771.8 ha ve üretim 580 000 tondur (TÜİK, 2024). Çizelge 1’de ülkemize ait 2014-2023 yılları arasında nohut ekilen alan ve üretim miktarı verilmektedir.

Çizelge 1. Türkiye 2014-2023 nohut üretimi ve ekim alanı (TÜİK, 2024)

Yıllar	Alan (Dekar)	Toplam Üretim (Ton)
2014	388 517.5	450 000
2015	359 304.2	460 000
2016	359 528.9	455 000
2017	395 309.9	470 000
2018	514 415.9	630 000
2019	520 595.1	630 000
2020	511 560.7	630 000
2021	487 885.7	475 000
2022	456 833.9	580 000
2023	458 771.8	580 000

Türkiye'de nohut ekim alanları coğrafi bölgelere göre incelendiğinde, 2021 yılında yaklaşık 4.9 milyon dekar ekim alanının %68.2'sini İç Anadolu (3.3 milyon dekar), %9.5'ini Güneydoğu Anadolu (464 bin dekar), %7.8'ini Akdeniz (381 bin dekar), %6'sını Karadeniz (295 bin dekar), %5.1'ini Ege (250 bin dekar), %2.2'sini Doğu Anadolu (105 bin dekar) ve %1.1'ini Marmara Bölgesi (56 bin dekar) oluşturmaktadır. Ankara, 2021 yılında Türkiye nohut ekim alanlarında %15.7'lik payla 767 bin dönümle birinci sırada yer alırken, %13.5'lik payla Yozgat 657 bin dekarla ikinci ve %8.5'lik payla Kırşehir ise 414 bin dekarla üçüncü sırada yer almaktadır. Şekil 2'de Türkiye'de nohut ekimi yapan önemli illere ait harita verilmektedir (TEPGE, 2023).



Şekil 2. Türkiye'de nohut üretimi yapılan önemli iller (TEPGE, 2023)

Nohut, yüksek verim potansiyeline sahip olmasına rağmen, dünya genelinde abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin etkisiyle bu potansiyeli tam olarak gösterememektedir. Bu stres faktörleri arasında, hastalıklar (%45), kuraklık (%30), yüksek sıcaklık (%6.25), don zararı (%6.25), böcek zararları (%6.25) ve diğer stres faktörleri (%6.25) önem sırasına göre yer almaktadır (Arıcı ve Seven, 2018; Singh, 1987; Singh ve ark., 1994;). Nohutta verim düşüklüğüne yol açan 50'den fazla patojen olduğu bilinmektedir. Ürün kayıplarına neden olan başlıca hastalıklar; kök çürüklüğü (*Fusarium solani*), solgunluk (*Fusarium oxysporum*) ve Antraknoz hastalığı (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.)'dır. Özellikle ekonomik açıdan büyük sorun oluşturan Antraknoz hastalığı, nohut üretimini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu hastalık, nohut bitkisinin her aşamasında (çimlenme, çiçeklenme öncesi, çiçeklenme ve bakla oluşumu) toprak üstü kısımlarını etkilemektedir. Dokulardaki nekrotik lezyonlar hızla yayılmakta ve ciddi hasarlara, hatta bitki ölümlerine neden olmaktadır (Maden, 1987; Nene ve ark., 1989; Turan, 2016).

Ascochyta rabiei'nin sebep olduğu Antraknoz hastalığı, dünya genelinde nohut verimini en fazla etkileyen biyotik stres faktörüdür (Baite ve ark., 2020; Keçeli, 2023). Yapraklar, yaprak

sapları, genç dallar ve kapsüller dahil olmak üzere tüm toprak üstü bitki organlarını enfekte eden *Ascochyta rabiei*'nin patotipleri yüksek bir patojenik varyasyon göstermektedir (Kabakçı ve Özer, 2021; Keçeli, 2023; Salotti ve Rossi, 2021;). Bununla birlikte, hastalık uygun çevresel koşullar altında çok erken bir bitki büyüme aşamasında da ortaya çıkabilmektedir. İlk belirtiler üst yapraklarda su ile nemlenmiş lezyonlar olarak ortaya çıkmaktadır. Daha sonra bu lezyonlar koyu kahverengi lekelerle dönüşmekte ve bitkinin toprak üstü kısımlarına (yapraklar, yaprak sapları, çiçekler, baklalar, dallar ve gövde) hızla yayılmaktadır. Yapraklar ve baklalar üzerindeki lekeler dairesel, gövde ve dallar üzerindeki lekeler ise uzundur. Apikal dallar, dallar ve gövde genellikle çevrelenme göstermekte ve çevrelenen kısmın üzerindeki bitki kısımları kurumadan önce ölmekte veya kopmaktadır. Tohum kabuğunda oluşan lezyonlar genellikle tohum kabuğu ve enfekte kotiledonlar yoluyla tohum enfeksiyonuna yol açmaktadır. Enfekte tohumun rengi değişebilmekte ve bazen çıplak gözle görülebilen konidiler taşıyan derin, yuvarlak veya düzensiz çürüklere sahip olabilmektedir. Bakla oluşumu aşamasındaki enfeksiyon, buruşmuş ve enfekte olmuş tohumla sonuçlanmaktadır (Keçeli, 2023; Pande ve ark., 2010). Şekil 3'de antraknoz hastalığının nohut bitkisinin belirli bölgelerinde meydana getirdiği hasar görselleri verilmektedir.



Şekil 3. Nohut antraknoz hastalığının a) yaprakta, b) gövdede c) tohumda ve d) kapsülde oluşturduğu hasar (Turan, 2016)

Antraknoz hastalığının gelişmesi, yayılması ve şiddetinin artması için en uygun koşullar genellikle serin ve nemli havalardır. Özellikle bu koşulların uzun süre devam etmesi, hastalık etmeni için elverişli bir ortam sağlamaktadır. Antraknoz hastalığı genellikle tarlada düşük sıcaklık ve yüksek nemli koşullar altında görülmektedir (Gowen, 1986; Kaiser, 1981; Nene, 1982; Turan, 2016). Nohut bitkisinin yaprak ve kapsülünün yanı sıra gövdesinde Antraknoz hastalığına ait belirtiler görülmesi, hastalığın ileri seviyede olduğunun göstergesidir. Gövdede belirtinin görüldüğü bölgenin üst kısmı enfekte olmamış olsa bile kırılarak ölü duruma geçmek üzeredir. Bu yüzden gövdede bulunan belirtiler, hastalığın ilerleme durumunu anlamada en belirgin göstergesi durumundadır. Antraknoz hastalığının erken fark edilmesi ve hemen önlem

alınması gerekmektedir. Bu şekilde %100'e varan kayıpların önüne geçilebilmekte ve ekonomik kayıpların önlenmesi ve hastalığın yayılımı engellenebilmektedir.

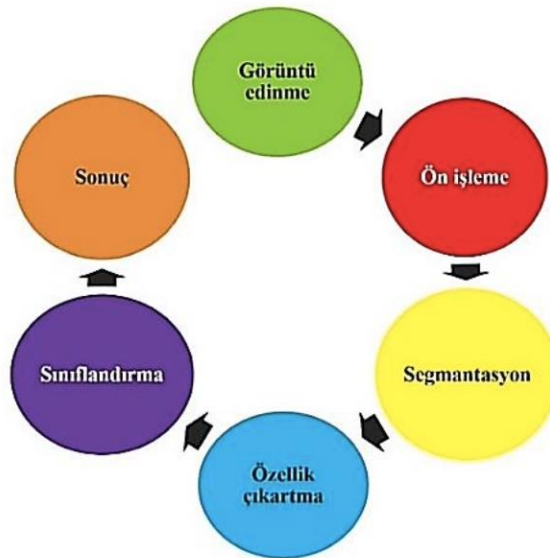
Tarım faaliyetlerinde bulunan çiftçilerin çoğu, ürün kayıplarının başlıca nedenlerinden biri olan bitki hastalıkları konusunda genellikle yetersiz bilgiye sahiptir. Bitki hastalıkları çiftçiler tarafından çok geç bir aşamada fark edilmektedir. Bu nedenle, bitki hastalıkları hakkında sınırlı bilgiye sahip çiftçiler genellikle toprağın minerallerini etkileyen ve kirliliğe neden olan kimyasal pestisitleri ve gübreleri tercih etmektedir. Bu yüzden bitkilerdeki hastalıkların tanımlanması tarım alanında önemli bir rol oynamaktadır. Bitki hastalıklarını tespit etmek için uzmanlardan yardım alınması oldukça yaygın bir yöntemdir. Ancak bu yöntem maliyetlidir. Dahası, birçok ülkede uzman ekipler bulunmamakta ya da teknik bilgisi yetersiz olan çiftçilerin uzmanlardan gelen önerileri kabul etmesi bazen zor olabilmektedir. Çiftçiler uzman tavsiyesi alsalar bile, maliyet ve zaman konusunda endişe duymakta ve hepsinden önemlisi, bitkileri izlemek uzun zaman gerektirmektedir (Venu Madhavan ve ark., 2021).

Bitki hastalıklarını ve zararlı hasarını doğru ve objektif bir şekilde tespit etmek ve etkilenen alanları belirlemek hala zorlu süreç olmaktadır. Hastalıkların teşhisinde, hastalığın şiddetinin ve gelişiminin hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlayan teknolojik yöntemlerin kullanılması birçok avantaj sunmaktadır. Bitki hastalıklarını ve zararlı hasarını etkili ve doğru bir şekilde tespit etmek için geliştirilen görüntü analiz araçları, uzmanlar tarafından çıplak gözle yapılan değerlendirmeler sırasında oluşabilecek iş gücü ve zaman kaybının önlenmesine de yardımcı olabilmektedir. Bu nedenle, bitki hastalık ve zararlılarını insanlardan bağımsız olarak teşhis eden teknolojik yaklaşımlar, görüntü işleme ve derin öğrenme gibi tekniklerle yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Bitkilerdeki hastalıkların teşhisi, bitkinin gövdesinde, yapraklarında veya farklı organlarında görülen farklı renkteki lekeler, çizgiler veya noktalar gibi görsel semptomlara dayalı olarak yapılabilmektedir. Bu belirtiler görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilebilmekte ve bitki hastalıklarının türlerine göre ayırt edilebilmektedir (Ozguven ve Altas, 2022; Ozguven ve Yanar, 2022; Uygun ve ark., 2020; Uygun ve Ozguven, 2024; Wu ve ark., 2022).

Bitki hastalık ve zararlıları, bitkinin özellikle genç sürgünlerinde faaliyet göstermektedir. Bitkiler hastalandığında, her hastalık için değişen şekil ve irilikte renkli lekeler veya bitkinin yaprakları, sapları ve gövdelerinde oluşabilecek çizgiler olarak bir dizi belirti göstermektedir. Bu görsel belirtiler hastalık ilerledikçe rengini, şeklini ve boyutunu sürekli değiştirmektedir. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak renkli nesnelerin ayrıştırılması işlemi bitki hastalık ve

zararlı düzeylerinin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Görüntü işleme tekniklerinin kullanılmasıyla, araştırmacıların nesneleri renklerine göre algılama ve tanıma sistemlerinin doğruluğunu büyük ölçüde iyileştirmesine olanak sağlamaktadır (Altaş ve ark., 2019). Bitkilerde ve yapraklarda hastalık tespiti için görüntü işleme ve makine öğrenmesinin kullanımı son yıllarda yoğun olarak araştırılan bir alan olmuştur. Bu konuda birçok teknik ve algoritma geliştirilmiş olmasına rağmen, daha fazla iyileştirme için hala yer bulunmaktadır (Ozguven ve Adem, 2019).

Görüntü işleme, temel olarak alınan görüntünün analog formdan sayısal forma dönüştürülmesini ve ardından bu görüntü üzerinde işleme teknikleri uygulanarak yeni bir görüntü elde edilmesini içermektedir. Görüntünün doğru bir şekilde işlenebilmesi için alınan görüntüdeki ışık yoğunluklarının doğru bir şekilde ayarlanması ve fotoğrafların kusurlarının giderilmesi önemlidir (Dipova, 2018; Önal, 2019). Farklı alanlarda kullanılan görüntü işleme tekniklerine rağmen, birçok uygulamada ortak olan temel adımlar bulunmaktadır. İlk olarak, Şekil 4’de görüldüğü gibi görüntü edinme adımıyla veriler programa aktarılmaktadır. Ardından, ön işleme adımıyla görüntü, daha kolay ve hızlı bir şekilde işlenebilmesi için hazırlanmaktadır. Segmentasyon adımıyla nesneler ve arka plan birbirinden ayrılmaktadır. Özellik çıkartma adımıyla nesne özelliklerine göre temsil edilmekte ve bu sayede temsilin karmaşıklığı azaltılmaktadır. Bağlı bileşenleri bulma ve özellikleri ayıklama adımıyla analiz hesaplamaları daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Son olarak, sınıflandırma adımıyla nesnenin türü belirlenmekte veya nesnenin kalitesi hakkında bir karar verilmektedir (Altaş ve ark., 2019; MathWorks, 2008).



Şekil 4. Görüntü işlemede temel adımlar (Altaş ve ark., 2019)

Dünya nohut üretiminde önemli bir yere sahip olan ülkemizde, nohutta ortaya çıkan ve önlem alınmadığı takdirde neredeyse bütün ürünün yok olmasına yol açan antraknoz hastalığının neden olduğu hasarın tespit edilebilmesi amacıyla yapılan bu tez çalışmasında, gerçek arazi koşullarından elde edilen kapsül ve yaprak görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada, hastalık hasarlarının daha hızlı, hassas ve etkili tespit edilmesi için gelişmiş bir görüntü işleme algoritması geliştirilmiştir. Algoritma, gerçek arazi koşullarından elde edilen 100 görüntü üzerinde uygulanmış ve uzman değerlendirmeleri ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda, geliştirilen görüntü işleme algoritmasının yüksek doğruluk oranıyla çalıştığı ve uygulanabilir olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın, antraknoz hastalığının tespiti ve yönetimi konusunda literatüre önemli bir katkı sağlayacağı ve gelecekte yapılacak araştırmalara rehberlik edeceği düşünülmektedir. Ayrıca, pratik uygulamalarda çiftçilere ve tarım uzmanlarına hastalık yönetimi konusunda değerli bilgiler sunarak tarımsal verimliliğin artırılmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Tonguç (2007), görüntü işleme tekniklerini kullanarak meyvelerin boyut ve renk sınıflandırması üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, sabit bir platformda ön çalışmalar yapılmış ve bu veriler kullanılarak sistemi hareketli bir platforma taşınmıştır. Donanım ve yazılımın birlikte çalıştığı sistemde, öncelikle boyut analizi yapılmış ve ardından bu verilerle renk analizine geçilmiştir. Araştırmacı, elde edilen analiz sonuçlarına göre görüntü işleme teknikleri kullanılarak elma ve diğer bazı meyve ve sebze türlerinde hasar ve leke analizinin yapılabileceği rapor etmiştir.

Sabancı (2013), yaptığı çalışmada yabancı otlarla mücadelede en yaygın yöntem olan kimyasal mücadelenin insan sağlığı, çevre ve doğal denge üzerinde olumsuz etkileri olduğunu ve artan üretim maliyetleri nedeniyle tarımsal ilaçların hassas, dikkatli ve minimum kayıpla uygulanması gerektiğini vurgulamıştır. Araştırmacı çalışmada, şeker pancarı tarlasında bulunan yabancı otları görüntü işleme ve yapay sinir ağları kullanarak tespit etmeyi ve değişken seviyelerde pestisit uygulanmasının bir modelini geliştirmeyi hedeflemiştir. Araştırmacı, geliştirilen yöntemle, yabancı otların tespit edilip tarlanın tamamı yerine sadece yabancı otların üzerine pestisit uygulanmasıyla insan, hayvan ve çevre sağlığının korunmasına katkı sağlanabileceğini belirtmiştir.

He ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, makine görme teknikleri ve görüntü işleme yöntemlerini kullanarak pamuk yaprağındaki hastalık veya zararlılardan kaynaklanan hasar oranının belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmanın MATLAB R2011a yazılımı üzerinde yapıldığı ve RGB, HSI ve YCbCr renk modelleri ile hasarlı alanların tespitinin sağlandığı bildirilmiştir. Araştırmacılar çalışma sonucunda, üç renk modelinin de pamuk yapraklarındaki hasarlı alanları başarılı bir şekilde belirlediğini bildirmekle beraber, en iyi sonuçların YCbCr renk modelinde alındığını vurgulamışlardır.

Atalay (2014), çalışmada domates fidelerinde zararlıların tespitinde görüntü işleme yöntemlerini kullanarak, domates üzerindeki renk değişimlerini algılayıp bu alanların hesaplandığını ve bu sayede bakteriyel hastalık etmenlerinin zamana bağlı değişimlerinin izlenebildiği rapor edilmiştir. Araştırmacı, görüntü işleme tekniklerinin bitki takibi, hastalık gelişim takibi, ürün kalitesinin değerlendirilmesi ve bitki alanının belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini ifade etmiştir. Ayrıca, görüntü işleme yöntemlerinin tarımsal üretimde verimliliği artırma ve hastalık yönetimini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu da raporlamıştır.

Pujari ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada görüntü işleme teknikleri kullanarak farklı bitkileri etkileyen mantar hastalığı belirtilerini tanımlamayı ve sınıflandırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada mantar hastalığından etkilenen meyve bitkileri, sebze bitkileri, tahıl bitkileri ve ticari ürünler olmak üzere dört farklı ürün sınıfı kullanılmış ve görüntü işleme tekniklerine dayalı özellik çıkarma ve sınıflandırma algoritmaları geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemin; sebze ürünleri, meyve ürünleri, tahıl ürünleri ve işlenmiş ticari ürünlerin mantar hastalığı semptomlarını takip etmeye yardımcı olduğu raporlanmıştır. Araştırmacılar çalışma sonucunda geliştirilen yöntem ile görüntü işleme teknikleri kullanılarak mantar hastalığı belirtilerinin tanımlanması ve sınıflandırılmasının başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğini bildirmişlerdir.

Kaur ve ark. (2016) çalışmalarında, görüntü işleme tekniklerini kullanarak bitki yaprak hastalıklarını (bakteriyel yanıklık, *Alternaria alternata*, mantar yaprak lekesi ve antraknoz mantarı) tespit edip sınıflandırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada, yaprak hastalıklarının belirlenmesi ve optimizasyonu için temel görüntü işleme adımları uygulanmıştır. RGB tabanlı görüntüler histogram eşitleme yöntemiyle iyileştirilmiş, segmentasyon için K-means kümeleme yöntemi kullanılmış ve gri tonlama matrisleriyle hastalık belirtileri çıkarılmıştır. Ayrıca hastalıkların tespiti ve sınıflandırılması için Destek Vektör Makineleri (SVM) kullanılmış ve karınca kolonisi optimizasyonu ile süreç iyileştirilmiştir. Araştırmacılar, kullanılan yöntemin doğruluğunun %96.77 ile %98.42 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Geliştirilen görüntü işleme tekniğinin bitki hastalıklarının tespitinde etkili bir yöntem olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Singh ve Chetia (2017), çalışmalarında görüntü işleme teknikleri kullanılarak *Phaseolus vulgaris* (fasulye) ve *Camellia assamica* (çay) bitki yaprak hastalıklarının tespit edilmesini amaçlamışlardır. Geliştirdikleri görüntü işleme yöntemi; görüntü elde etme, görüntü ön işleme, görüntü bölütleme, özellik çıkarma ve sınıflandırma aşamalarından oluşmaktadır. Araştırmacılar geliştirilen yöntem ile *Phaseolus vulgaris* ve *Camellia assamica* bitkilerinde yaprak hastalıklarının tespit edilebildiğini, böylece hastalıkların erken veya başlangıç aşamasında tanımlanmasına yardımcı olabileceğini ve hastalık kontrolü için faydalı bilgiler sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Islam ve ark. (2018), çalışmalarında çeltik tarımında görüntü işleme tekniğini kullanarak hastalıkları tespit etmek ve sınıflandırmak için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Kullanılan yöntemde, etkilenen bölgedeki RGB değerlerinin yüzdesi üzerinden hastalıkları belirleme amacıyla bir teknik oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, RGB yüzdesi hesaplanması ve farklı

kategorilere ayrılmasından sonra, hastalıkları sınıflandırmak için Naive Bayes adı verilen basit bir sınıflandırıcı yöntemi kullanmışlardır. Kullanılan teknik ile çeltik kahverengi lekesi, çeltik bakteri yanması ve çeltik patlaması gibi üç farklı hastalığı başarıyla tespit edilip sınıflandırılmıştır. Kullanılan yöntemle, minimum hesaplama süresi gerektiren etkilenen bölgenin sadece bir özelliği olan RGB değerlerini kullanarak hastalıkları tanımlamada ve sınıflandırmada etkili ve hızlı bir yaklaşım sunduğunu bildirilmiştir. Bu nedenle, tüm yaprağın işlenmesi yerine, sadece küçük bir örneği içeren etkilenen bölgenin kullanılmasının hastalıkları başarıyla belirlemede daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Fernandez ve ark. (2018), hassas tarım uygulamalarında robotik hasat otomasyonu üzerine yaptıkları çalışmada, tarlada yetişen salatalıkların tespit edilmesi amacıyla bir algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritmanın, salatalıkları yapraklar, gövdeler, zemin, taşlar ve sulama boruları gibi farklı çevresel unsurlardan ayırabilen bir sınıflandırma sistemi oluşturmak için çeşitli görüntü işleme ve veri madenciliği tekniklerinin bir kombinasyonundan oluştuğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, algoritmanın tespit performansını değerlendirmek için, geliştirilen algoritmanın sağladığı sonuçları etiketlenmiş görüntülerden elde edilen temel doğruluk verileriyle hem piksel hem de salatalık seviyelerinde karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, piksel seviyesinde yüksek doğruluk oranı ve düşük yanlış pozitif oranı ile salatalık seviyesinde yüksek hatırlama ve hassasiyet elde edildiği raporlanmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanarak, geliştirilen algoritmanın tatmin edici bir performansa sahip olduğu ve otomatik salatalık hasat uygulamaları için potansiyel faydalar sağlayacağı bildirilmiştir.

Abed ve Esmacel (2018), bakteriyel kahverengi leke ve külleme dahil olmak üzere iki tür fasulye yaprağı hastalığını tespit etmek için yaptıkları çalışmada, görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Geliştirdikleri yöntem; görüntü edinme, ön işleme, segmentasyon, özellik çıkarma ve sınıflandırmadan oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan eğitim ve test görüntülerinin genel bir veri tabanından alındığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, geliştirdikleri yöntem ile iki tür bitki yaprağı hastalığının %100 doğrulukla başarılı bir şekilde tespit edildiğini bildirmiştir.

Abdulhamid ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada soya fasulyesi yapraklarını sağlıklı, hastalıklı, hasata hazır değil ve hasata hazır gibi çeşitli kategorilerde sınıflandırarak erken uyarı sistemi geliştirilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada ön işleme aşamasında görüntü işleme teknikleri ile yaprakların renk ve doku özelliklerinin kullanımı ve MATLAB yardımıyla sınıflandırma için yapay sinir ağı kullanılmıştır. Araştırmacılar, çalışma sonucunda ön işlemeli görüntü işleme

teknikleri kullanarak soya fasulyesi yapraklarının çeşitli kategorilerinin sınıflandırılmasında %95.7 doğruluk elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Altas ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, şeker pancarı tarlasında yaprak lekesi hastalığının (*Cercospora beticola* Sacc) belirlenmesi ve hastalığın şiddetinin tespiti amacıyla görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Bu doğrultuda, hastalığı tanımlayan ve şiddetini belirleyen bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmada, araziden farklı zamanlarda ve değişen doğal ışık koşullarında drone ile 30-60 cm mesafeden çekilmiş 12 görüntü kullanılmıştır. Ayrıca, MATLAB paket programında yer alan Image Processing Toolbox modülünün, hastalığın farklı gelişim düzeylerini gösteren görüntüler üzerinde uygulandığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen sonuçların uzman değerlendirmeleriyle karşılaştırıldığında, hastalıklı alanın kesin değerini belirlemede oldukça hassas olduğunu raporlamışlardır.

Meyyappan ve Chandramouleeswaran (2018) çalışmalarında, görüntü işleme teknikleri kullanarak antraknoz, cercospora yaprak lekesi ve bakteriyel yanıklık olmak üzere üç bitki hastalığını doğru ve etkili bir şekilde tespit edip sınıflandırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada, çeşitli bitkilerin enfekte olmuş yapraklarının görüntüleri, cep telefonları veya dijital kameralar aracılığıyla elde edilmiştir. Kullanılan görüntü işleme algoritmaları, yaprak bölgesinin renk özelliklerini analiz ederek bitki enfeksiyonunu veya hastalığını tanımlamak üzere tasarlanmıştır. Renk segmentasyonu için K-means algoritması ve hastalıkların sınıflandırılması için Gri Seviye Birlikte Oluşum Matrisi (GLCM) kullanılmıştır. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre, geliştirilen algoritmanın hastalıkları tespit etme ve sınıflandırmada %98.27'lik bir doğruluk oranına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, geliştirilen yöntemin çiftçilere zaman ve iş gücü tasarrufu sağlayabileceğini ve hastalıkların erken evrede tespit edilmesine yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir.

Poornima ve ark. (2019) çalışmalarında, görüntü işleme ve makine öğrenimi tekniklerini kullanarak bakteri, mantar ve virüs gibi farklı patojenlerin neden olduğu bitki hastalıklarının erken ve periyodik tespitini amaçlamıştır. Çalışmada, görüntü işleme tekniklerinden K-means kümeleme ve eşikleme uygulayarak renk ve kenar tabanlı segmentasyon kullanarak yaprak görüntüsünün hastalıklı kısımları etkili bir şekilde segmentlere ayrılması için kullanılmıştır. Aynı zamanda mevcut hastalıklı noktaların Hough dönüşümü kullanılarak doğru bir şekilde tespit edildiği bildirilmiştir. Çalışmada hastalıklı kısımdan çıkarılan özellikler; cercospora yaprak lekesi, alternaria alternata, antraknoz, bakteriyel yanıklık, yaprak kıvrılma virüsü, mozaik virüsü ve beyaz sinek hasarı gibi bilinen hastalıklar için hastalığı daha erken bir aşamada

tanımlamak için sınıflandırılmıştır. Araştırmacılar bitki yapraklarında hastalıklı bölge tanımlanmasında, domates ve biber bitkisinde %90'ın üzerinde doğruluk elde ettiklerini ve genel sınıflandırma doğruluğun %65 olarak bulunduğunu bildirmişlerdir.

Khojastehnazhand ve ark. (2019), çalışmalarında kayısıların görsel görünümüne göre sınıflandırılmasını görüntü işleme tekniği kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Kayısıları üç olgunluk safhasına (henüz olgunlaşmamış, olgunlaşmış ve aşırı olgun) ayırmış ve hacimlerini hesaplamışlardır. Araştırmacılar, meyvelerin yakalanan görüntülerini daha önce geliştirdikleri otomatik bir algoritma kullanarak işlemişlerdir. Geliştirilen algoritmada görüntüler kırılmış, filtrelenmiş ve üzerine nispi R, G, B kanalları, gri skala, L^* , a^* ve b^* gibi kayısı görüntüleme özelliklerinin çıkarıldığı bölümlere ayrılmıştır. Çalışmada kayısıların hacimleri, sıyırma yöntemi kullanılarak ve değerin yuvarlaklık faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Araştırmacılar istatistiksel analiz sonucunda, olgunluk aşamaları arasında G, gri skala, L^* ve b^* özelliklerine göre anlamlı farklar olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kayısıları renk özelliklerine göre sırasıyla 0.904 ve 0.923 hassasiyetinde sınıflandırmayı başarmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre algoritmanın kayısıların görüntü özelliklerini kullanarak meyveleri uygun şekilde sınıflandırıldığı bildirilmiştir.

Uygun ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, görüntü işleme tekniğini kullanarak iki noktalı kırmızı örümcek akarının (*Tetranychus urticae* Koch) hıyar bitkisine verdiği zararın düzeyini ve seradaki akar sayısındaki değişimleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, kamera stabilitesini sağlamak için METAZI adlı yeni bir tarım platformu tasarlanmış ve imal edilmiştir. Geliştirilen platform ile 5 hafta boyunca, haftalık olarak *T. urticae* ile bulaşık 50 yaprağın görüntüsü alınmış ve toplamda 250 görüntü elde edilmiştir. Bu görüntülerden 50'si rastgele seçilerek MATLAB'ın görüntü işleme araç kutusu kullanılarak işlenmiştir. *T. urticae*'nin neden olduğu hasarın belirlenmesinde K-means kümeleme algoritması kullanılmıştır. Görüntü işleme sonuçları uzman gözlemleriyle karşılaştırılmış ve hasarın 3.91 kök ortalama kare hatası (RMSE) ile tahmin edildiği tespit edilmiştir. Görüntü işleme ile uzman gözlemleri arasında anlamlı pozitif bir ilişki bulunmuştur. Araştırmacılar, bu yöntemin seralarda *T. urticae* hasarını belirlemek için uzman gözlemi yerine başarıyla kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Soni ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada; salatalık, guava, balkabağı, yerfıstığı ve börülcede yaprak hastalıklarının görüntü işleme teknikleri kullanılarak tespit edilmesini amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem; ön işleme, eşikleme, Sobel filtresi, morfolojik genişletme ve ROI çıkarımı adımlarından oluşmaktadır.

Çalışmada görüntü işleme için MATLAB paket programı kullanılmıştır. MATLAB ile 406 adet sağlıklı/hastalıklı bitki yaprağı görüntüsü test edilerek tüm aşamalardan geçirilmiştir. Araştırmacılar, çalışma sonucunda %98.27 doğruluk elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Altaş ve ark. (2021) çalışmalarında, görüntü işleme tekniklerini kullanarak bağ yaprak uyuzu hasarını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada rastgele seçilmiş 50 görüntü MATLAB çalışma ortamına aktarılmıştır. Görüntüler, $L^*a^*b^*$ renk uzayına dönüştürülmüş ve nesneler ile arka plan renk tabanlı segmentasyon yöntemiyle ayrılmıştır. Çalışmada, " a^* b^* " alanında sınıflandırılan renklere sahip görüntülerde Öklid mesafesi kullanılarak lekeli piksellerin (" a^* " ve " b^* " değerleri ile taşınan renkler) kümelenmesi amacıyla K-means kümeleme yöntemi uygulandığı belirtilmiştir. Geliştirilen yöntemle lekeli piksellerin etkin bir şekilde tespit edilip sınıflandırıldığı raporlanmıştır. Araştırmacılar, çalışmanın sonucunda, bağ yaprak uyuzu lekelerinin başarılı bir şekilde tespit edilip hasar seviyelerinin belirlenebildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca görüntü işleme yönteminin düşük maliyetli, hızlı ve başarılı sonuçlar verdiğini de raporlamışlardır.

Ozguven ve Altas (2022) çalışmalarında, hıyar bitkilerinde küf hastalığının oluşturduğu zarar seviyesini belirlemek için görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmada, enfekte olan 50 bitki görüntüsü rastgele seçilmiş ve MATLAB'ın görüntü işleme araç kutusu modülü kullanılarak geliştirilen bir algoritma ile analiz edilmiştir. Ardından, algoritmanın ürettiği sonuçlar uzmanların değerlendirmeleriyle karşılaştırılmıştır. Görüntü işleme tekniğinin, hastalık seviyelerini 1.90 RMSE ve Theil UII'si 0.0312 ile tahmin ettiği bildirilmiştir. Çalışmada, verilerin normalliğini test etmek için Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış ve test sonuçlarına göre verilerin normal dağılım gösterdiği bildirilmiştir ($p > 0.05$). Belirleme katsayısı ($R^2 = 0.995$, $p < 0.01$) ve Pearson korelasyon katsayısı ($r = 0.997$, $p < 0.01$), görüntü işleme sonuçları ile uzman değerlendirmeleri arasında anlamlı pozitif bir ilişki olduğunu raporlanmıştır. Araştırmacılar, kullanılan görüntü işleme algoritmasının hıyar bitkisinde küf hastalığını teşhis etmede uzman değerlendirmesinin yerine etkili bir şekilde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Badiger ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, yaprak hastalıklarının erken, doğru tespit ve teşhisi için matematiksel denklemler ve matematiksel dönüşümler içeren görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmada elde edilen görüntüler, bir sayı dizisi veya matris olarak değerlendirildikten sonra üzerlerinde çeşitli dönüşümler gerçekleştirilmiş ve bu dönüşümler ile görüntüden belirli ayrıntılar çıkarılmıştır. Araştırmacılar görüntüleri dönüştürmeden önce,

matematiksel olarak da gerçekleştirilen özellik ayarlama gibi çeşitli işlemlerden geçirmişlerdir. MATLAB'da K-Means Kümeleme ve Destek Vektör Makinesi Algoritması yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda görüntü işleme teknikleri kullanılarak farklı yaprakları tespit edip ayırt etmenin mümkün olduğu bildirilmiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanları

Çalışma Tokat Artova ilçesinde bulunan Sağlıca Köyü'nde ve Tokat-Artova karayolu üzerinde bulunan Uğrak Köyü'nde nohut yetiştirilen yerel çiftçilerin tarlasında gerçekleştirilmiştir. Görüntüler, hastalığın erken ve ileri aşamalarında 06.07.2022 ve 24.07.2022 tarihleri olmak üzere iki farklı tarih ve iki farklı lokasyondan elde edilmiştir. Çalışmada, 75 kapsül görüntüsü ve 75 yaprak görüntüsü elde edilmiştir. Şekil 5'de çalışmanın yapıldığı arazilere ait görüntüler verilmiştir.



Şekil 5. Çalışma alanlarına (a. Sağlıca Köyü b. Uğrak Köyü) ait görüntüler

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Dijital Fotoğraf Makinesi

Nohut antraknozunun enfekte olduğu kapsül ve yaprak görüntülerini elde etmek için makro çekim özelliğine sahip Samsung WB200F marka model dijital fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Fotoğraf makinesinin makro çekim özelliğine sahip olması, boyut açısından oldukça küçük olan yaprakların daha net görüntülenmesini sağlamıştır. Çizelge 2'de kullanılan dijital fotoğraf makinesinin özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan dijital fotoğraf makinesinin teknik özellikleri

Donanım	Teknik Özellik
Sensör Tipi	CCD
Etkin Piksel	14.2 MP
Azami Çözünürlük	4 320x3 240
Görüntü Oranı	4:3
Sensör Formatı	1/2.3 inç
Sensör Boyutu (Genişlik)	3.2 mm
Sensör Boyutu (Uzunluk)	5.8 mm
En Düşük ISO	3 200
En Yüksek ISO	80
Makro Çekim	Var

Dizüstü Bilgisayar

Çalışma boyunca verilerin depolanması, düzenlenmesi, işlenmesi, görüntü işleme algoritmalarının geliştirilmesi ve istatistiksel analizler için Çizelge 3’de teknik özellikleri verilen Dell Vostro 3578 i5-8250U marka model bilgisayar kullanılmıştır. Kullanılan dizüstü bilgisayarın GPU’ya sahip olması görüntü işleme süresinin kısılmasını sağlamıştır.

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan dizüstü bilgisayarın teknik özellikleri

Donanım	Teknik Özellik
Sistem Üreticisi	Dell
Model	Vostro 3578 15.6 inç
İşletim Sistemi	Windows 10 Pro
İşlemci (CPU)	Intel Core i5-8250U
Ekran Kartı (GPU)	AMD Radeon 520
Çekirdek Sayısı	8 CPU
İşlemci Hızı	1.6 GHz
Bellek (RAM)	8 GB
HDD Kapasitesi	1 TB
SSD Kapasitesi	128 GB

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Paket Programlar

MATLAB

MATLAB®, yüksek performanslı bir yazılım olup, temel olarak sayısal hesaplama, grafiksel veri gösterimi ve programlamayı içeren teknik ve bilimsel hesaplamalar için tasarlanmıştır. MATLAB programının yaygın kullanım alanları arasında matematik ve hesaplama işlemleri, algoritma geliştirme, modelleme, simülasyon (benzetim) ve prototipleme, veri analizi ve görselleştirme, bilimsel ve mühendislik grafikleri ile uygulama geliştirme yer almaktadır (Yılmaz, 2011).

Çalışmada görüntü işleme yazılımı olarak MATLAB programının R2022b versiyonu kullanılmıştır. Görüntü işleme işlemleri, MATLAB yazılımının Image Processing Toolbox modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Image Processing Toolbox, görüntü işlemeyle ilgili tüm fonksiyon ve komutları içeren bir MATLAB araç kutusudur.

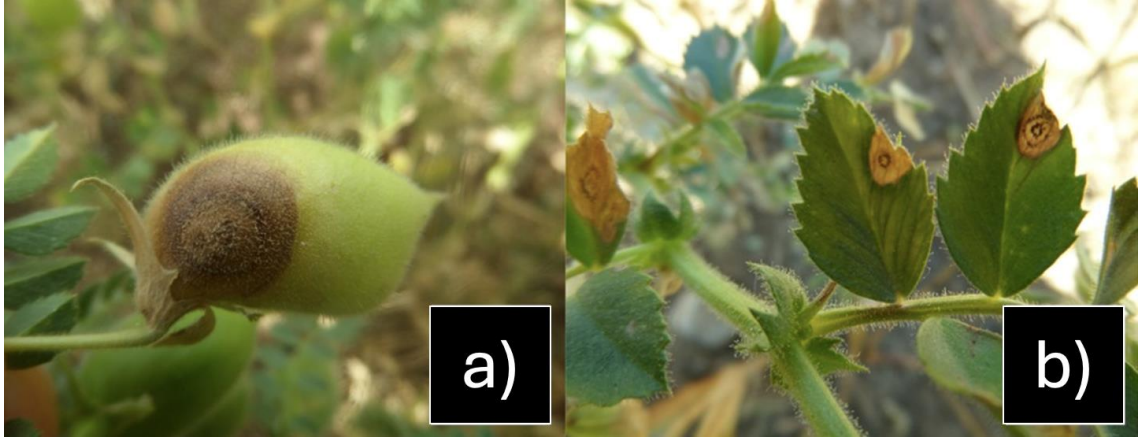
SPSS

SPSS, hem akademik hem de iş çevrelerindeki popülerliği nedeniyle tercih edilmektedir. Bu da onu türünün en yaygın kullanılan paketi haline getirmektedir. SPSS birçok farklı analiz türüne, veri dönüşümüne ve çıktı biçimine izin veren çok yönlü bir pakettir. Bu yönüyle, amaca uygun bir biçimde hizmet etmektedir. SPSS yazılım paketi sürekli olarak güncellenmekte ve geliştirilmektedir. Bu nedenle her büyük revizyonla birlikte bu paketin yeni bir sürümü gelmektedir (Arkkelin, 2014).

Çalışmada, istatistiksel analiz yazılımı olarak SPSS programının SPSS 21 versiyonu kullanılmıştır. Görüntü işleme sonucunda elde edilen değerler ile bitki koruma uzmanının gözlem değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, verilerin dağılımını değerlendirmek ve görüntü işleme sonucu ile uzman gözlem değerleri arasında anlamlı ilişkinin olup olmadığının değerlendirilmesi için SPSS programında Kolmogrov-Smirnov testi ve Regresyon analizi yapılmıştır. Geliştirilen görüntü işleme algoritmasının performansı ise RMSE ve Theil UII istatistikleri ile değerlendirilmiştir.

3.1.4. Nohut antraknozu [*Ascochyta Rabiei* (Pass.) Labr.] hastalığı

Nohut antraknozu [*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr.], konukçu bitkinin gövde, dal ve tohum kapsüllerinde eşeysiz üreme yoluyla piknit ve pikniospor oluşturmaktadır. Hastalık, vejetasyon süresince bu pikniosporlar aracılığıyla çevreye yayılmakta ve sekonder enfeksiyona neden olmaktadır. Fungusun tarla şartlarındaki kışlama organları peritesler olarak bilinmektedir. Hastalıklı bitki artıklarında eşeyli üreme sonucu perites içerisinde askus ve askosporlar oluşturmaktadır. Bu fungus, nohut bitkisine özelleştiği için peritesler sadece bu bitki üzerinde yaşamını sürdürebilmektedir. İlkbahar ve yaz başlarında sık ve bol yağış alan bölgelerde, sulama yapılan yerlerde ve orantılı nemi yüksek olan kapalı vadilerde epidemi yapabilmektedir. Fungusun yıldan yıla geçişi ve üretim alanlarına yayılması daha çok enfekte olmuş nohut tohumları ile gerçekleşmektedir (Anonim, 2024). Şekil 6'da antraknoz hastalığının a) kapsülde, b) yaprakta meydana getirdiği hasar görselleri verilmiştir.



Şekil 6. Antraknoz hastalığının a) kapsülde, b) yaprakta meydana getirdiği hasar

3.2. Yöntem

Çalışmada hastalık hasarlarının etkin, hassas ve hızlı bir şekilde belirlenmesi hedeflenmektedir. Belirlenen hedefe ulaşmak amacıyla çalışmada gerçekleştirilen yöntem ve uygulamalar aşağıda sıralanmıştır.

3.2.1. Hastalığın tespit edilmesi

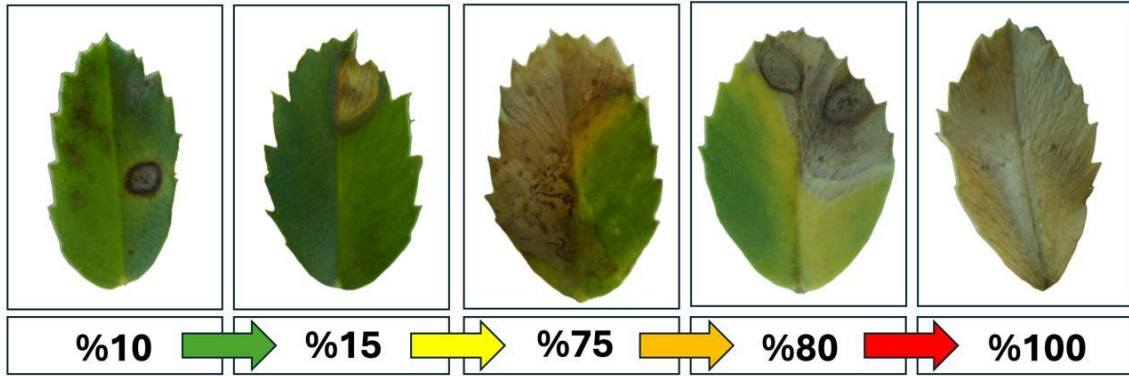
Nohutta antraknoz hastalığı, bitki koruma uzmanları tarafından yapılan yerinde gözlemlerle tespit edilmektedir. Uzmanlar, gözlem sırasında nohut antraknoz hastalığını Çizelge 4'deki değerlendirme skalasına göre değerlendirerek nohut kapsülü, gövdesi ve yapraklarındaki hastalık belirtilerini incelemekte ve hastalığın mevcut olması durumunda skalada belirtilen evrelerden hangisinde olduğunu belirlemeye çalışmaktadır.

Çizelge 4. Nohut antraknoz hastalığı 0-4 değerlendirme skalası (Trapero-Casas ve Jimenez-Diaz, 1985)

Skala Değeri	Hastalık Şiddeti	Açıklama
0	%0	Tüm bitki sağlıklı
1	%1-33	Yapraklarda, kapsüllerde ve gövdede ilk lezyonların görülmesi
2	%34-66	Yapraklarda, kapsüllerde ve gövdede lezyonların artması ve gövdede lezyon görülen yerlerden ilk kırılmalar
3	%67-100	Tüm bitkinin yarısından fazlasında lezyonların görülmesi ve kurumanın başlaması
4	Ölü Bitki	Tüm bitkide kuruma

Ayrıca, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilen nohut antraknozunun yaprak ve kapsül görsel skalası ile hastalığın şiddetine bağlı olarak görülen ölü alanlar tespit edilmeye çalışılmaktadır. Uzmanlar, yaprak üzerindeki hasarlı alanı yaprak alanına oranlayarak hastalığın yayılımını belirlemeye

çalışmaktadır. Aynı şekilde, kapsül üzerindeki ölü alanı kapsül alanına oranlayarak hastalığın yayılımını belirlemeye çalışmaktadırlar. Yapılan gözlemler, uzmandan uzmana farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışmada, dijital fotoğraf makinesi ile alınan görüntüler, geliştirilen görüntü işleme algoritmaları ile işlenerek hastalıklı alanlar tespit edilmiştir.



Şekil 7. Nohut antraknozunun yaprak görsel skalası



Şekil 8. Nohut antraknozunun kapsül görsel skalası

3.2.2. Görüntü alma

Nohut, tek yıllık bir kışlık ve yazlık kültür bitkisidir. Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde nohut yetiştirilmektedir. Antraknoz hastalığından korunmak amacıyla genellikle yazlık ekimler tercih edilmektedir. Nohutlar, Mayıs ayı başında ekilip Ağustos ayı ortasında hasat edilmektedir. Tokat iklim koşullarında, Haziran-Temmuz aylarında hastalığın ilk enfeksiyonları görülmeye başlamakta ve bu hastalık tüm üretim sezonu boyunca bitkilere zarar vermeye devam etmektedir. Hastalığın en yoğun görüldüğü ay Temmuz ayıdır. Bu nedenle, görüntüler hastalığın en şiddetli olduğu 2022 yılı Temmuz ayında çekilmiştir. Görüntüler, doğal aydınlatma koşullarında dijital fotoğraf makinesi kullanılarak elde edilmiştir. Görüntüler, hastalığın ilk aşamasında ve ilerleyen aşamalarında olmak üzere 6 Temmuz 2022 ve 24 Temmuz 2022 tarihlerinde Tokat-Artova Sağlık Köyü ile Tokat Uğrak Köyü lokasyonlarından alınmıştır.

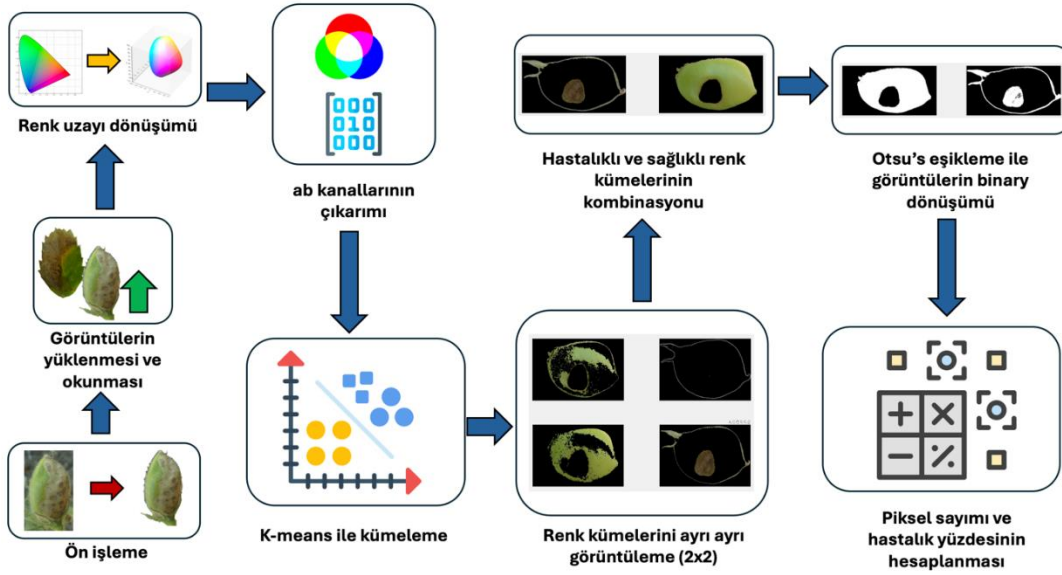
Bu çalışmada, 6 Temmuz ve 24 Temmuz tarihlerinde doğal aydınlatma koşullarında 4 320x3 240 piksel çözünürlüğünde çekilen görüntülerden seçilen örnekleme alanında, hastalığın farklı gelişim düzeylerini gösteren 75 yaprak ve 75 kapsül olmak üzere toplamda 150 fotoğraf elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler içerisinde görüntü kalitesi düşük olan 50 görüntü çıkarılmış ve 50 yaprak ve 50 kapsül görüntüsü görüntü işlemeye tabi tutulmuştur. Ön çalışmalarda, tarla şartlarında doğal aydınlatma koşullarında çekilen görüntülerde, fotoğraf çekme mesafesi 5 cm'den fazla olduğunda güneş ışığı ve gölgelerin bitki görüntülerini olumsuz etkilediği ve makro çekim modunun etkisinin zayıfladığı belirlenmiştir. Bu nedenle, dijital fotoğraf makinesi ile bitki arasındaki mesafe, makro çekim modunun daha verimli çalışması amacıyla yaklaşık 3-5 cm arasında olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Araziden görüntü alma

3.2.3. Nohut antraknozu hastalık şiddetinin tespit edilmesi

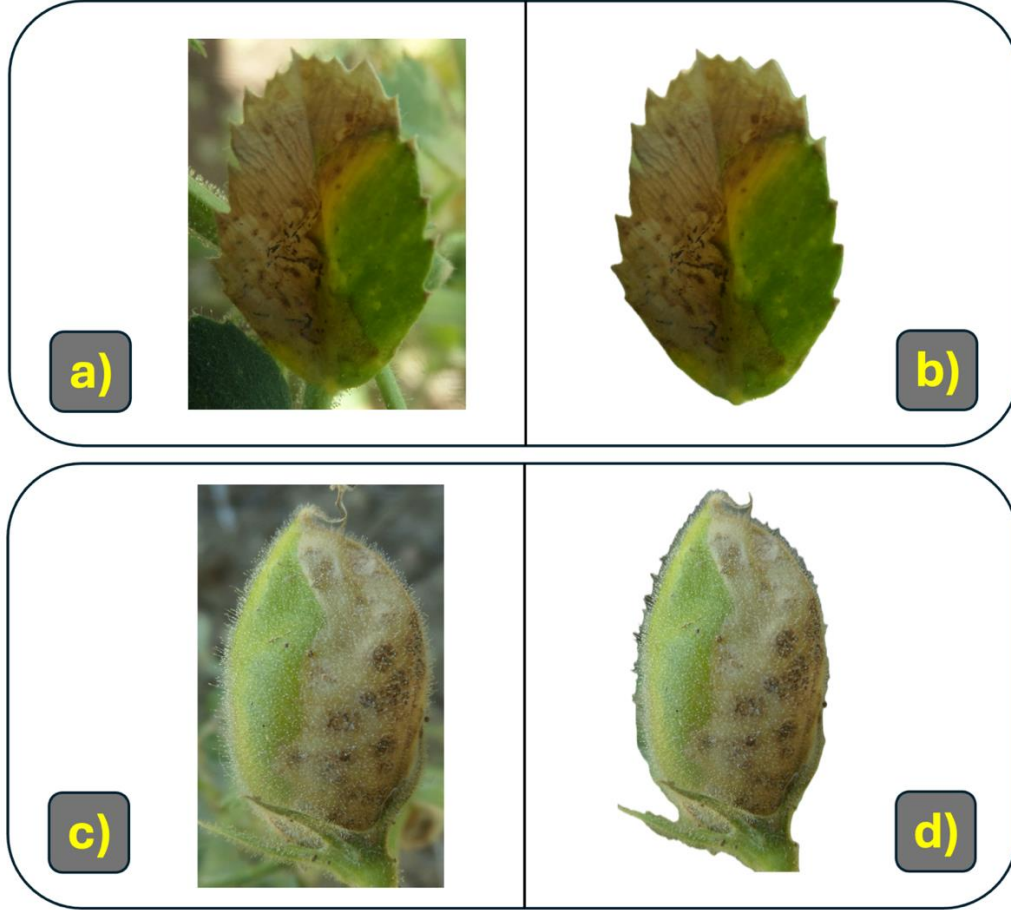
Nohut antraknozu hastalığı yaprak ve kapsül kısımlarında farklı düzeyde zarar oluşturmaktadır. Hastalık yapraklarda dairesel şekilli lekeler sarı renkli bir hale ile çevrili şekilde belirgin bir hasar meydana getirmektedir. Kapsüller üzerinde ise iç içe dairesel lekeler meydana gelmektedir. Bu lekelerin üzerinde toplu iğne başı büyüklüğünde siyah renkte yapılar belirgin bir şekilde görülmektedir. Çalışma kapsamında bu hasarların şiddet tespitlerinin hesaplanması için farklı görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır. Bu işlemler Şekil 10'da işleyiş diyagramında ve alt başlıklar halinde detaylandırılmıştır.



Şekil 10. Görüntü işleme diyagramı

3.2.4. Ön işleme

Çalışmada görüntüler arazi şartlarında elde edildiğinden, karmaşık arka plana sahiptir. Bu nedenden dolayı görüntüler üzerinde otomatik arka plan kaldırma işlemi uygulanmıştır. Bu sayede bitkinin de sahip olduğu karmaşık yapı ve hastalık tespitinde istenmeyecek kısımlar minimize edilmiştir. Ardından görüntü JPEG formatından PNG formatına dönüştürülmüştür. Yapılan bu işlem Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Ön işleme örneği, a) orijinal yaprak görüntüsü, b) arka plan kaldırılmış yaprak görüntüsü, c) orijinal kapsül görüntüsü ve d) arka plan kaldırılmış kapsül görüntüsü

3.2.5. Görüntü okuma ve dönüştürme

Görüntüler, MATLAB programının çalışma alanına “imread” komutu kullanılarak tanımlanmıştır. Giriş görüntüleri PNG formatında RGB (Red, Green, Blue) olarak alınmıştır. RGB görüntüleri, parlaklık kaynaklı bozulmaları sınırlandırmak amacıyla “makecform” ve “applycform” komutları kullanılarak Lab* renk uzayına dönüştürülmüştür. Lab* renk uzayı üç bileşenden oluşmaktadır. ‘L*’ parlaklık katmanı, ‘a*’ renklerin kırmızı-yeşil eksenindeki konumunu belirten kromatiklik katmanı ve ‘b*’ rengin mavi-sarı eksenindeki konumunu belirten kromatiklik katmanıdır. Renk bilgisinin tamamı ‘a*’ ve ‘b*’ katmanlarında bulunduğu için, hastalık bilgisi de Lab* renk uzayındaki bu iki kanalda saklanmaktadır. Renk kümelenmesi yaparken, parlaklık bilgisi genellikle önemli olmadığı için sadece a* ve b* kanalları kullanılarak renk bilgisi üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle algoritmada Lab* renk uzayında ikinci ve üçüncü kanallar (a* ve b*) çıkarılmıştır. Ardından devamında yapılacak olan K-means kümelemesi, girdiyi her bir örneğin bir vektör olduğu şekilde beklemektedir. Bu

nedenle çıkarılan kanallar 2B matris (görüntü) piksel sayısına göre (sıra * sütun) bir 1B vektör haline getirilmiştir.

3.2.6. K-means algoritması ile renk tabanlı kümeleme ve segmentasyon

Kümeleme, nesneleri gruplara ayırma yöntemlerinden biridir. K-means kümeleme, bir veri noktası kümesinin özelliklerini öğrenmekte ve benzer özelliklere sahip verileri temsil eden kümeler oluşturmaktadır (Tan ve ark., 2006). K-means kümeleme, her nesneyi uzaydaki bir konuma sahip olarak kabul eder ve verileri birbirinden bağımsız kümelerle ayırmaktadır. Bu işlem, her gözlemi atandığı kümenin dizinini döndürerek yapılmaktadır. K-means, hiyerarşik kümelemeden farklı olarak, gerçek gözlemler üzerinde çalışmakta ve tek bir küme düzeyi oluşturmaktadır. K-means algoritması, her küme içindeki nesnelerin birbirine yakın, diğer kümelerle ise uzak olmasını sağlamaya çalışmaktadır. Bu süreçte, bölünecek kümelerin sayısını ve iki nesnenin birbirine ne kadar yakın olduğunu belirlemek için bir mesafe metriği tanımlanması gerekmektedir.

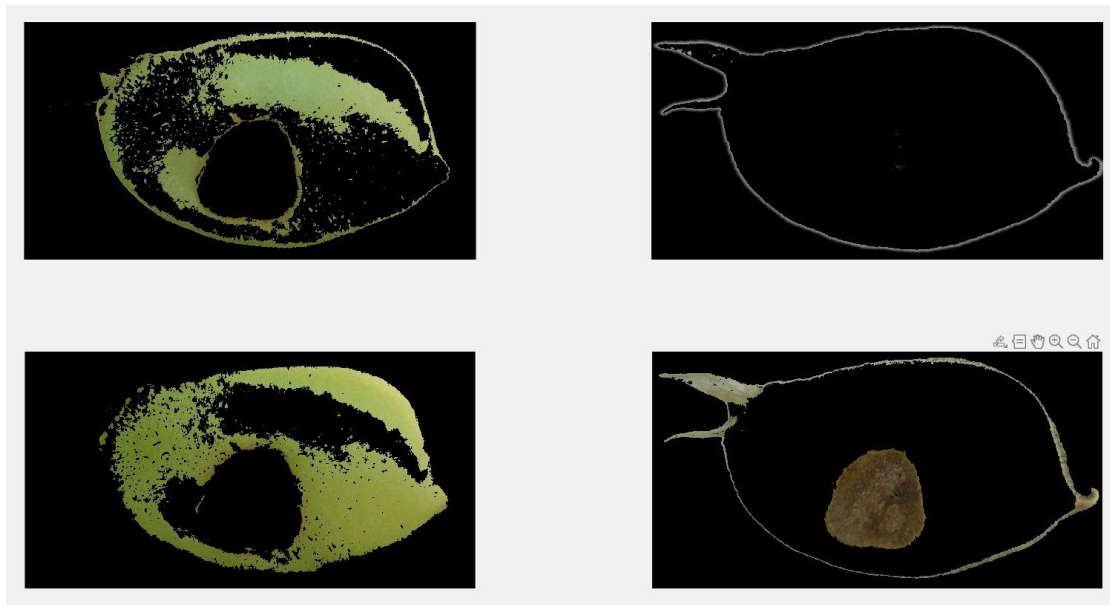
K-means fonksiyonu, pikselleri renk benzerliğine göre segmentlere ayırmaktadır. Çalışmada ilk olarak “reshape” fonksiyonu ile “cluster_idx” vektörü orijinal görüntü boyutlarına geri döndürülmüştür. Bu sayede her pikselin hangi kümeye ait olduğunu gösteren bir segmentasyon haritası oluşturulmuştur. Şekil 12a'da gösterilen orijinal görüntüden yola çıkarak, Şekil 12b'de gösterilen segmentasyon haritasının oluşturulduğu örnek görseller verilmiştir.



Şekil 12. a) orijinal görüntü ve b) segment edilmiş görüntü

Algoritmada küme merkezlerinin hesaplanmasında, karesel öklid (sqEuclidean) mesafe metriği kullanılmıştır. Ardından segment edilme sonrası renkler “nColors” komutu ile 4 (2x2) sayıda kümeye bölünmüştür (Şekil 13). Oluşan kümeler hastalıklı ve sağlıklı alanları temsil eden

kümelerin seçilip birleştirilmesi yapılmıştır. Yapılan bu işleme örnek olarak Şekil 14 kombine edilmiş görüntüler verilmiştir.



Şekil 13. Kümeleme sonucu oluşan görüntü



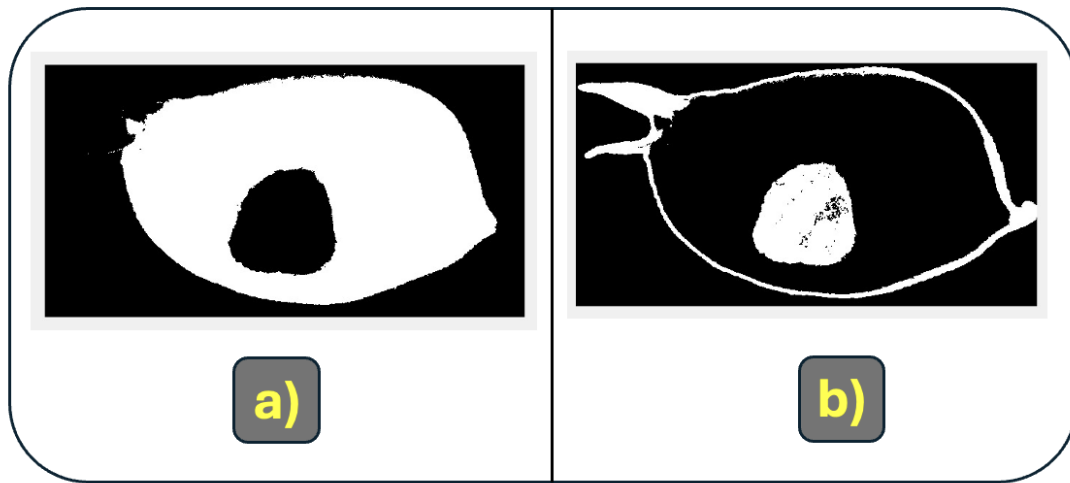
Şekil 14. Kümelerin kombinasyonu sonucu oluşan a) hastalıklı ve b) sağlıklı kümeler

3.2.7. Otsu's eşikleme yöntemi

Otsu's yöntemi, yaygın olarak kullanılan bir görüntü eşikleme tekniğidir (Hoang, 2018). Bilgisayar görüşü ve görüntü işleme alanında, Otsu's yöntemi, histogram şekline dayalı görüntü eşikleme veya gri seviye bir görüntünün ikili bir görüntüye dönüştürülmesi için kullanılmaktadır (Nyo ve ark., 2022). Algoritma, eşikleme yapılacak görüntünün iki piksel grubundan veya iki modlu bir histogramdan (örneğin, ön plan ve arka plan) oluştuğunu

varsaymakta ve ardından bu iki sınıfın birlikte yayılmasının (intra-sınıf varyansının) ihmal edilebilir olduğu en uygun eşik değeri değerlendirmektedir (Makkar ve Pundir, 2014).

Kullanılan Otsu's yönteminde, “imbinarize” fonksiyonu ile otomatik olarak en uygun eşik değeri belirlenmeye ve görüntüyü bu eşik değerine göre ikili hale getirilmeye çalışılmıştır. Bu sayede, eşik değeri el ile belirlenmek zorunda kalmamış ve işlem otomatik hale getirilmiştir. Eşiklemenin ardından hastalıklı ve sağlıklı alanlara ayrılan ikili görüntülere Otsu’s eşikleme yöntemi uygulanmıştır (Şekil 15). İkili (Binary) görüntüde, beyaz ve siyah piksel sayılarının hesaplanması daha kolay olmaktadır. Uygulanan bu yöntem ile işleme süreci daha da kısaltılmıştır.



Şekil 15. İkili (Binary) görüntü a) sağlıklı alan ve b) hastalıklı alan

3.2.8. Yaprak ve kapsül üzerindeki hastalık şiddeti hesabı

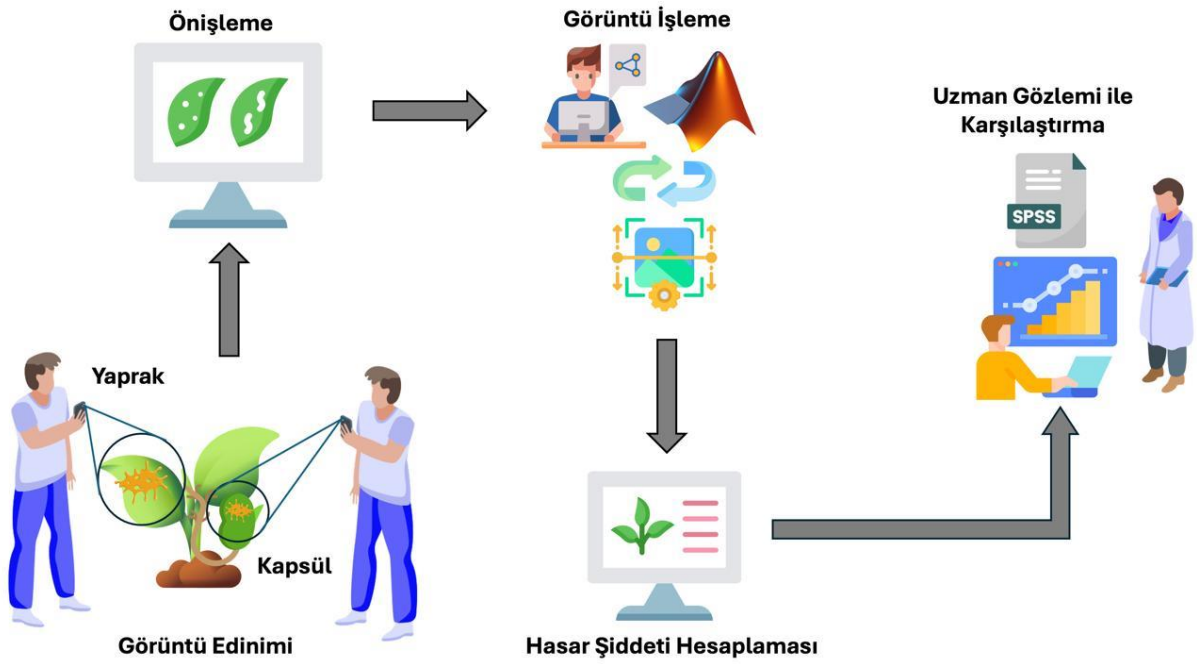
Segmentasyon, kümeleme ve eşikleme işlemlerinin tamamlanmasının ardından oluşturulan Şekil 15’de verilen ikili hastalıklı ve sağlıklı görüntüler üzerinde piksel sayımı yapılmıştır. Bu doğrultuda hastalık hasarının hesaplanması için Eşitlik 1.1 kullanılmıştır.

$$H(\%) = \frac{HPx}{(HPx+SPx)} \times 100 \quad (1.1)$$

Burada; “H” yüzde olarak hastalık şiddetini, “HPx” hastalıklı alan piksel sayısını ve “SPx” sağlıklı bölge piksel sayısını ifade etmektedir.

Bu aşamaya kadar, Şekil 16’da gösterildiği gibi, görüntü alma, ön işleme, algoritma geliştirme ve istatistiksel analiz yöntemlerinin belirlenmesi süreçleri tamamlanmıştır. Bu aşamadan sonra,

geliştirilen algoritma ve belirlenen yöntemler doğrultusunda görüntülerin işlenmesi, hastalık hasarının belirlenmesi ve uzman gözlem değerleriyle istatistiksel karşılaştırmalar yapılmıştır.



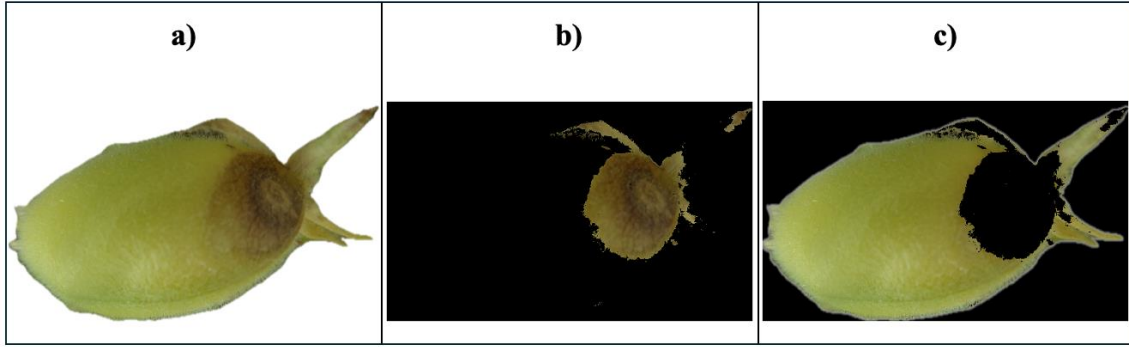
Şekil 16. Çalışmanın genel akış şeması

4. BULGULAR

Belirtilen yöntem kapsamında örnekleme alanlarından 100 adet fotoğraf, geliştirilen algoritmalar ile görüntü işlemeye tabi tutulmuştur. Görüntü işlemeye tabi tutulan hastalığın farklı gelişim düzeylerini gösteren, çekilen görüntülerin %10'unu temsil eden 5 adet kapsül ve 5 yaprak görüntüsü seçilmiş, elde edilen hastalıklı ve sağlıklı alan çıktıları verilmiştir.

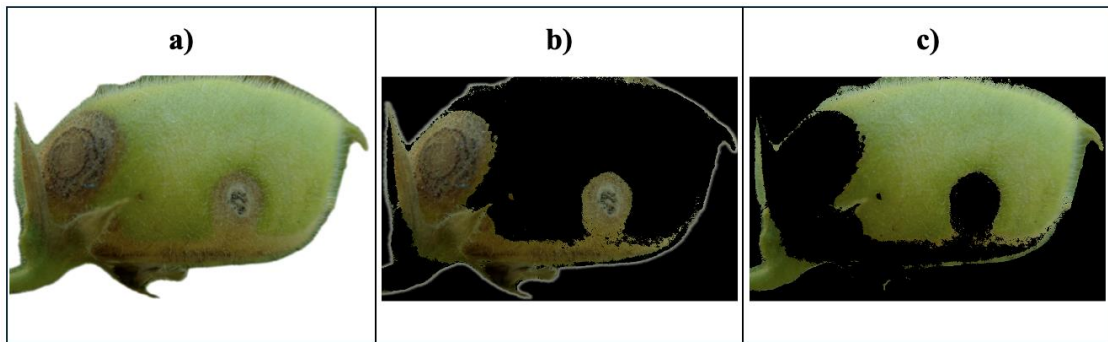
4.1. Nohut Kapsül Görüntü İşleme Sonuçları

Şekil 17'de kapsül 1'e ait görüntünün, nohut antraknoz hastalığı kapsül görsel skalası göz önünde bulundurularak uzman değerlendirmesi sonucu %20 bulunmuştur. Geliştirilen görüntü işleme algoritması ile antraknoz hastalığının kapsül üzerindeki şiddeti %19.988 hesaplanmıştır. Gözlem ile karşılaştırıldığında daha hassas sonuç bulunduğu görülmektedir.



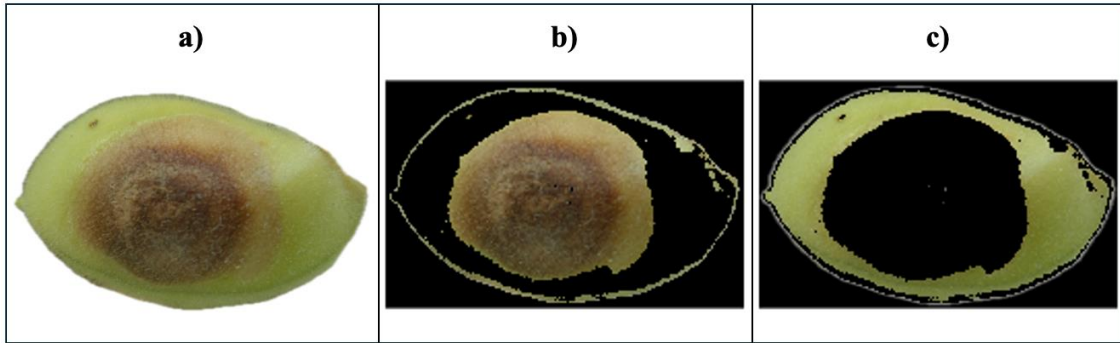
Şekil 17. a) Kapsül 1'e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

Şekil 18'in Kapsül 2'ye ait görüntünün uzman değerlendirmesi %35 bulunmuştur. Görüntü işleme algoritması sonucunda antraknoz hastalığının kapsül 2 üzerindeki şiddeti ise %38.023 hesaplanmıştır. Uzman gözlemi ile görüntü işleme sonuçları karşılaştırıldığında, uzman değerlendirmesinin yakın bir tam sayı olduğu görülmektedir.



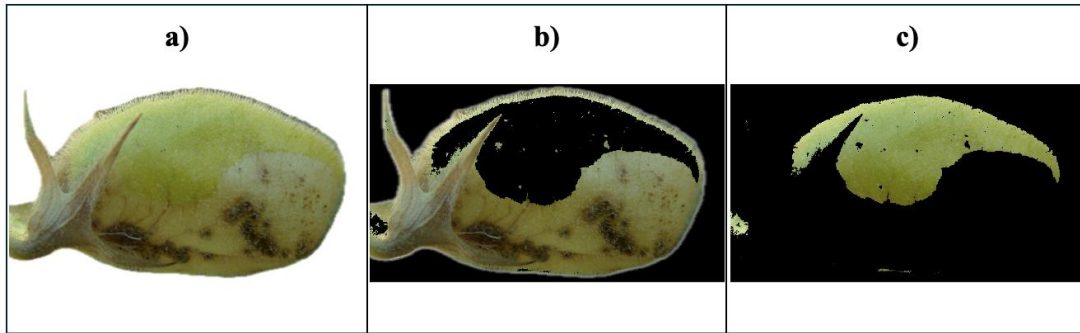
Şekil 18. a) Kapsül 2'ye ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

Şekil 19’da yer alan kapsül 3’e ait görüntünün uzman gözlemi değerlendirilmesi sonucu hastalık şiddeti %55 bulunmuştur. Görüntü işleme ile hastalık şiddeti %54.074 hesaplanmıştır. Uzman değerlendirmesi ile (%55) karşılaştırıldığında daha hassas bir değer bulunmuştur. Gözlem ile görüntü işlemeyle elde edilen %54.074 değerinin gözlem ile net olarak belirlenmesi neredeyse imkansızdır. Görüntü işleme yöntemi kullanmanın sağladığı hassasiyetin önemi bu örnekten anlaşılmaktadır.



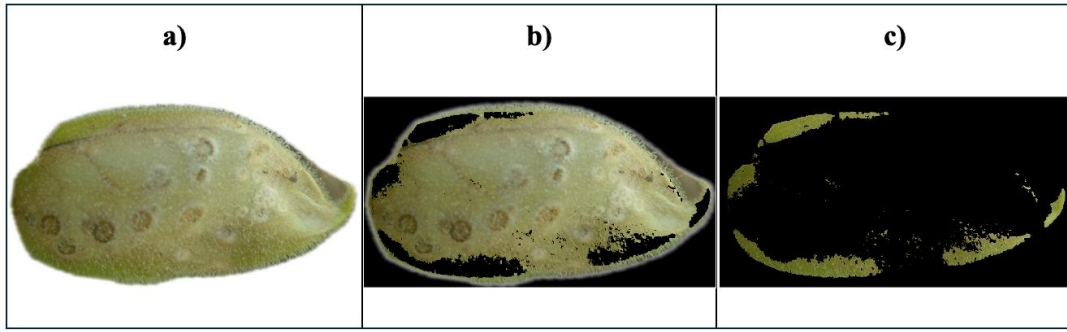
Şekil 19. a) Kapsül 3’e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

Şekil 20’de verilen kapsül 4’e ait görüntünün uzman gözlemi değerlendirilmesi ile hastalık şiddeti %65 bulunmuştur. Görüntü işleme sonucunda ise hastalığın yaprak üzerindeki şiddeti %67.683 hesaplanmıştır. Gözlem değeri olarak yakın tam sayı değeri seçildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 20. a) Kapsül 4’e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

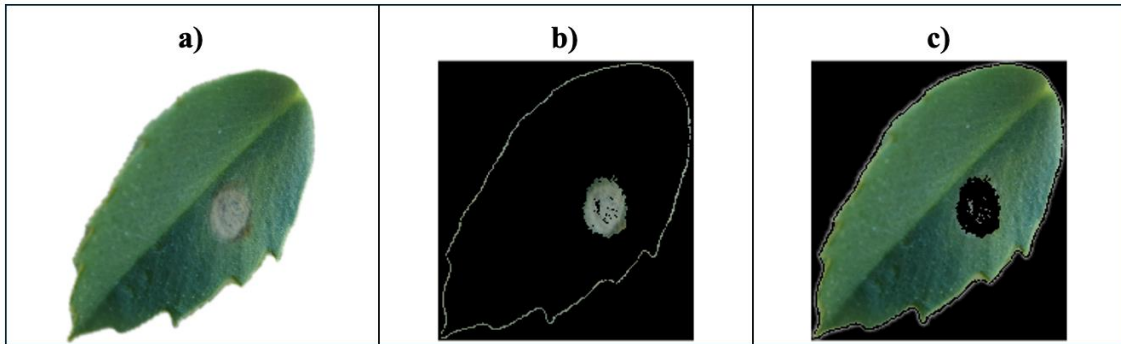
Şekil 21’de verilen kapsül 5’e ait görüntünün uzman gözlemi ile değerlendirilmesi sonucu hastalık şiddeti %90 bulunmuştur. Görüntü işleme sonucunda verilen görüntü için kapsül üzerindeki hasar şiddeti %88.346 hesaplanmıştır. Görüntü işleme yönteminin kullanımı ile net sonuçların elde edildiği görülmektedir.



Şekil 21. a) Kapsül 5'e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

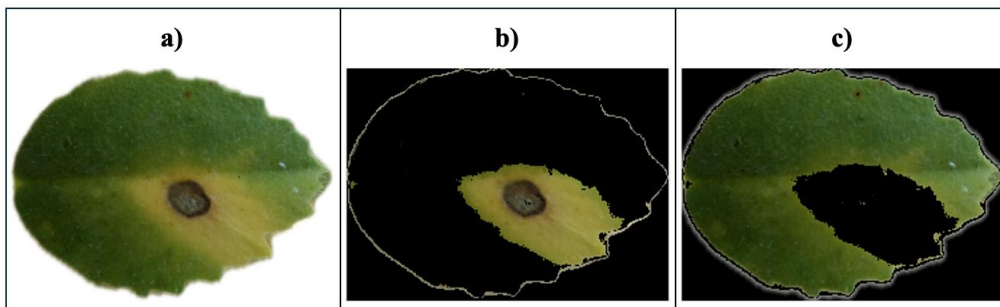
4.2. Nohut Yaprakı Görüntü İşleme Sonuçları

Şekil 22'de yaprak 1' e ait görüntünün uzman tarafından nohut antraknoz hastalığı yaprak görsel skalası göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi sonucu %5 tespit edilmiştir. Geliştirilen görüntü işleme algoritması ile antraknoz hastalığının yaprak üzerindeki şiddeti ise %7.162 hesaplanmıştır. Bu sonucun uzman gözlem ile karşılaştırıldığında daha hassas sonuç elde edildiği görülmektedir.



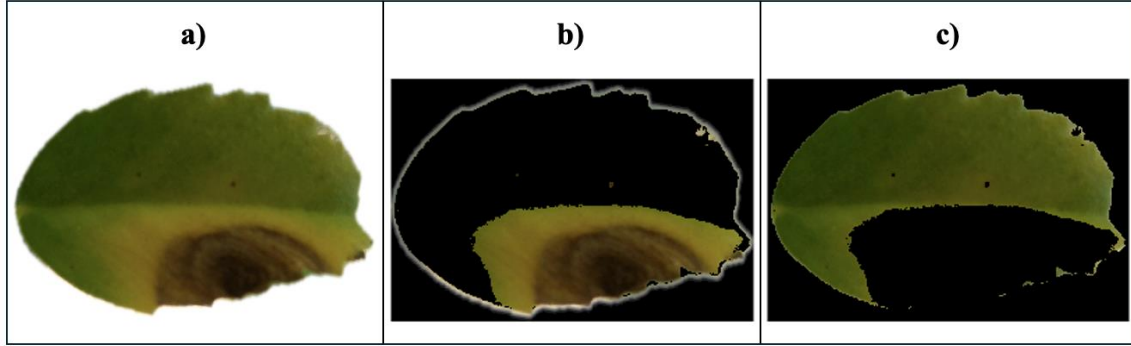
Şekil 22. a) Yaprak 1'e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

Şekil 23'de verilen yaprak 2'ye ait görüntünün uzman gözlemi değerlendirilmesi ile hastalık şiddeti %20 bulunmuştur. Görüntü işleme sonucunda ise hastalığın yaprak üzerindeki şiddeti %21.241 hesaplanmıştır. Uzman değerlendirmesinin en yakın tam sayı olarak seçildiği anlaşılmaktadır.



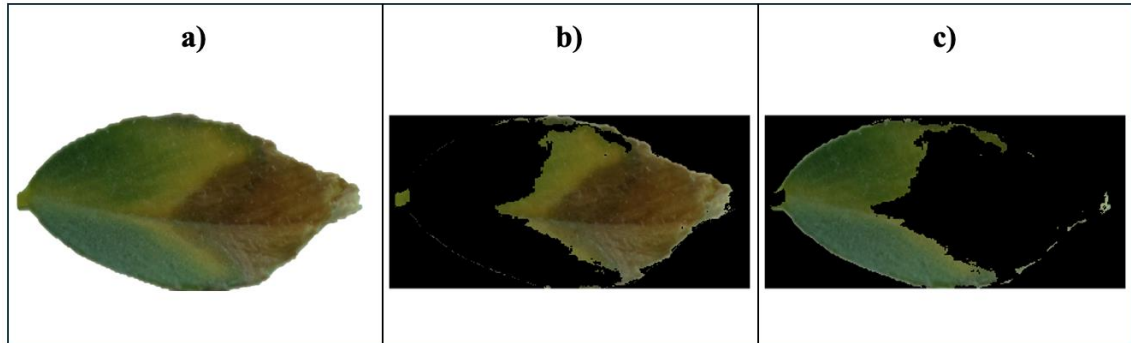
Şekil 23. a) Yaprak 2'ye ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

Şekil 24’de yer alan yaprak 3’e ait görüntünün uzman gözlemi değerlendirilmesinde, yapraktaki hasar şiddeti %33 olarak belirlenmiştir. Görüntü işleme algoritması sonucunda ise hastalık şiddeti %35.933 hesaplanmıştır. Görüntü işleme ile uzman gözlemine göre daha hassas bir sonuç elde edilmiştir.



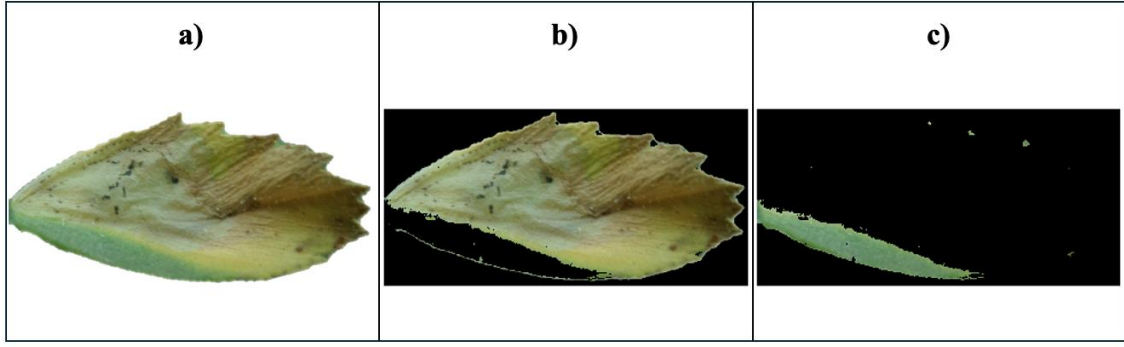
Şekil 24. a) Yaprak 3’ e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

Şekil 25’de verilen yaprak 4’e ait görüntünün yersel tarla gözlemi değerlendirilmesi sonucu hastalık şiddeti %50 olarak belirlenmiştir. Görüntü işleme sonucunda ise yaprak üzerindeki hasar şiddeti %52.656 hesaplanmıştır. Uzman gözlemi ile görüntü işleme sonuçlarının birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir.



Şekil 25. a) Yaprak 4’ e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

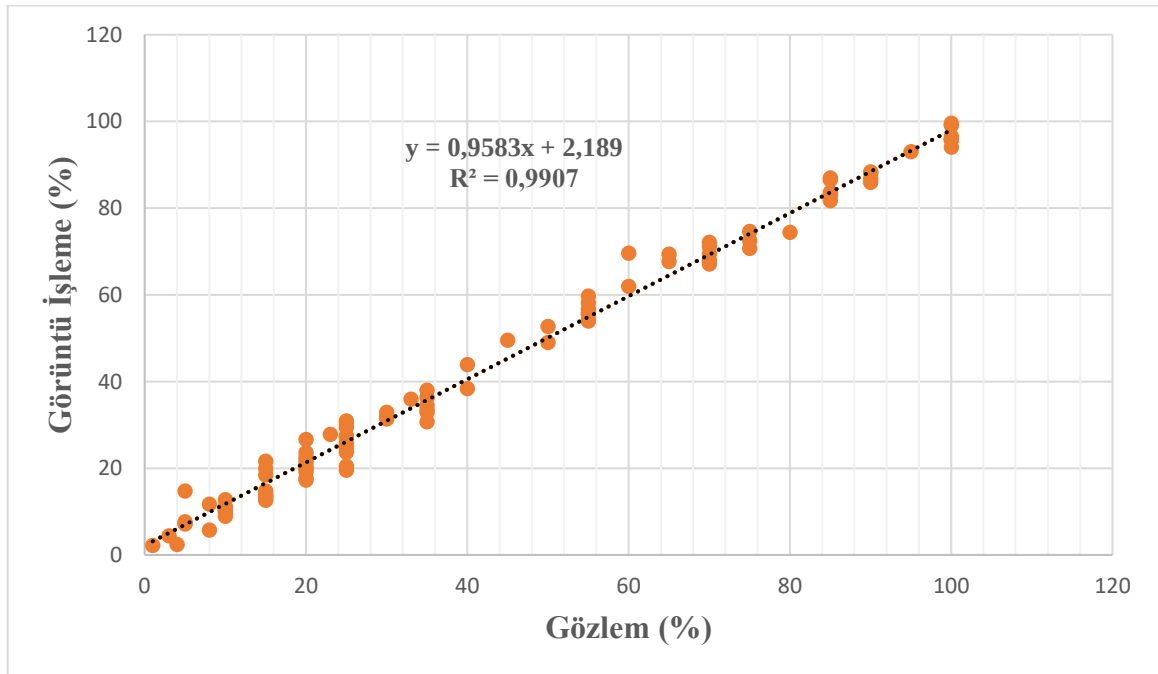
Şekil 26’da yer alan yaprak 5’e ait görüntünün uzman gözlemi değerlendirilmesinde, yapraktaki hasar şiddeti %90 olarak belirlenmiştir. Görüntü işleme algoritması sonucunda hastalığın yaprak üzerindeki şiddeti %85.888 hesaplanmıştır. Gözlem ile karşılaştırıldığında yakın bir tam sayı sonuç bulunmuştur.



Şekil 26. a) Yaprak 5' e ait orijinal görüntü b) hastalıklı bölge c) sağlıklı bölge

4.3. Geliştirilen Görüntü İşleme Algoritması ile Uzman Değerlendirmesinin Karşılaştırılması

Verilerin analizi için SPSS 21 yazılımı kullanılmıştır. Verilerin normallik varsayımı için Kolmogrov-Smirnov testi kullanılmış ve verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Görüntü işleme sonuçları ile uzman değerlendirmeleri arasındaki regresyon katsayısı ($R^2 = 0.991$, $p < 0.01$) ve pearson korelasyon katsayısı ise ($r = 0.995$, $p < 0.01$) olarak bulunmuştur (Şekil 27). İki yöntem arasındaki bu ilişkinin istatistiki olarak önemli olması, hasar seviyesinin belirlenmesinde uzman değerlendirmesine alternatif olarak oluşturulan görüntü işleme yönteminin kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 27. Edinilen görüntülerdeki nohut antraknoz hastalık şiddetinin gözlem ve görüntü işleme arasındaki ilişki

Görüntü işleme yöntemi hastalık seviyelerini 3.18 RMSE ve Theil UII'si 0.0596 ile tahmin etmiştir. Bu sonuçlar, hastalığın seviyesinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniğinin kullanılmasının faydalı olacağını göstermiştir.



5. SONUÇ

Nohut antraknozunun kapsül ve yaprak üzerinde yol açtığı hasarların görüntü işleme yöntemiyle ile tespit edilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada normallik testi için Kolmogrov-Smirnov testi kullanılmış ve verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Görüntü işleme sonuçları ile uzman görüşleri arasındaki regresyon katsayısı ($R^2 = 0.991$, $p < 0.01$) ve pearson korelasyon katsayısı ise ($r = 0.995$, $p < 0.01$) olarak bulunmuştur. Geliştirilen görüntü işleme yöntemi hastalık seviyelerini 3.18 RMSE ve Theil UII'si 0.0596 ile tahmin etmiştir. Elde edilen bulgular göz önünde bulundurularak geliştirilen yöntemin uzman değerlendirmesi yerine uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Önerilen yöntemin, nohut kapsül ve yapraklarındaki hasar şiddetlerini başarıyla tespit etme yeteneği, görüntü işleme tekniklerinin bilimsel açıdan uygulanabilir ve geliştirilebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Bu tür gelişmiş tespit yöntemleri, tarım teknolojilerinde büyük bir adım anlamına gelmektedir. Gömülü sistemlerle birlikte otonom robotlar ve drone'lar gibi araçlara entegre edildiğinde, çiftçilerin ve tarım profesyonellerinin gerçek zamanlı tespit sistemleri sayesinde hastalık ve zararlılara karşı anında müdahale etme imkanı sağlanacaktır. Böylelikle, sadece verimliliği artırmakla kalmayacak, aynı zamanda ürün kayıplarını da en aza indirerek gıda güvenliğini destekleyecektir. Sanayi açısından, bu tür yenilikçi sistemlerin geliştirilmesi ve uygulanması, tarım makineleri üreticileri ve teknoloji firmaları için yeni iş fırsatları yaratacaktır. Bu, hem yerel ekonomilere hem de küresel tarım teknolojileri pazarına önemli katkılar sunabilir. Ayrıca, ekonomik açıdan, bu tür tespit sistemleri sayesinde daha az pestisit kullanılarak çevresel sürdürülebilirlik de desteklenecektir. Maliyetlerin düşürülmesi, daha kaliteli ve verimli bir üretimle birleştiğinde, tarım ürünlerinin fiyatlarının arttığı günümüz koşullarında ülke ekonomisine büyük faydalar sağlayabilir. Sonuç olarak, bu gelişmiş tespit sistemlerinin yaygınlaşması, tarım sektöründe dijital dönüşümün hızlanmasına ve genel olarak daha sürdürülebilir ve verimli bir tarım uygulamasının benimsenmesine katkıda bulunacaktır. Böylece, uzun vadede hem çiftçilerin hem de tüketicilerin kazançlı çıkmasını sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Abdulhamid, U. F., Daniel, S., ve Babawuro, U., 2018. Classification of Soya Beans Based Image Processing Techniques and Artificial Neural Network. *Journal of Advances in Mathematics and Computer Science*. 26(6): 1-9.
- Abed, S. ve Esmael, A. A., 2018. A novel approach to classify and detect bean diseases based on image processing. In 2018 IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE) (pp. 297-302). IEEE.
- Altas, Z., Ozguven M. M. ve Yanar Y (2018). Determination of sugar beet leaf spot disease level (*Cercospora beticola* sacc.) with image processing technique by using drone. *Current Investigations In Agriculture And Current Research*, 5(3), 621-631, Doi: 10.32474/CIACR.2018.05.000214.
- Altaş, Z. ve Özgüven, M. M., Yanar, Y., 2019. Bitki Hastalık ve Zararlı Düzeylerinin Belirlenmesinde Görüntü İşleme Tekniklerinin Kullanımı: Şeker Pancarı Yaprak Leke Hastalığı Örneği. *International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference* 24-27 April 2019 - Erciyes University - Kayseri/Türkiye.
- Altaş, Z., Özgüven, M.M. ve Dilmaç, M., 2021. Görüntü İşleme Teknikleri ile Bağ Yaprak Uyuzu Hasarının Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (Gbad)*. 10(3), 77-87.
- Anonim, 2024. Nohut Antraknozu *Ascochyta Rabiei* (Pass.) Labr., Sebze Hastalıkları Zirai Mücadele Teknik Talimatları s. (33). Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı. Erişim Tarihi: 30.05.2024.
- Arıcı, E. E. ve Seven, M. A., 2018. Nohut Antraknozu (*Ascochyta rabiei*)’nun Entegre Hastalık Yönetimi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 488–498. <https://doi.org/10.18185/erzifbed.395975>.
- Atalay, E., 2014. Görüntü İşleme Yöntemi ile Domateste Görülen Bakteriyel Kanser ve Solgunluk Hastalığı Gelişiminin İzlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*. Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Arkkelin, D., 2014. Using SPSS to Understand Research and Data Analysis. *Psychology Curricular Materials*. 1.
- Arslan, A., Majid, G.A., Abdallah, K., Rameshwaran, P., Ragab, R., Singh, M. ve Qadir, M., 2015. Evaluating the Productivity Potential of Chickpea, Lentil and Faba Bean Under Saline Water Irrigation Systems. *Irrigation and Drainage*.
- Badiger, M., Kumara, V., Shetty, S. C. N. ve Poojary, S., 2022. Leaf and skin disease detection using image processing. *Global Transitions Proceedings*, 3(1), 272–278. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2022.03.010>.
- Baite, M. S., Upadhyay, B. K. ve Dubey, S. C., (2020). Development of a sequence-characterized amplified region marker for detection of *Ascochyta rabiei* causing *Ascochyta* blight in chickpea. *Folia Microbiologica*, 65(1), 103–108. <https://doi.org/10.1007/s12223-019-00711-5>.
- Başbuğa, S., 2017. Yabani Nohutlarda (*Cicer Spp.*) *Ascochyta* Yanıklık Etmeni *Didymella Rabiei*’nin Patojenik Karakterizasyonu ve Eşey Tipi Analizleri. (Yüksek Lisans Tezi) Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Gaziantep.
- Dipova, N., 2018. Görüntü Analizi Yöntemlerinin Geoteknik Mühendisliğinde Kullanımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 33–44.
- FAOSTAT, 2024. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Erişim Tarihi: 09.05.2024.
- Fernandez, R., Montes, H., Surdilovic, J., Surdilovic, D., De Santos, P.G. ve Armada, M., 2018. Automatic Detection of Field-Grown Cucumbers for Robotic Harvesting. *IEEE Access*, Vol. 6, 10.1109/ACCESS.2018.2851376.

- Gautam, P., Singh, S., Ghosh, D. ve Saxena, A.K., 2014. Targeted yield approach for optimizing the fertilizer prescriptions for chickpea. *International Journal of Basic and Applied Agricultural Research*, 12 (1), 65-67.
- Genç., M. E., 2017. Ülkemizde Yetiştirilen Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinde İleri Çıkmış Hatlarda Ascochyta Yanıklığına Karşı Direncin Moleküler İşaretleyiciler (STMS, ISSR ve RAPD) Kullanılarak Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi) Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Gowen, S.R., 1986. Investigation into Variability in Ascochyta rabiei and Resistance to The Disease in Chickpea. Report of Project R 3712 Funded by The Overseas Development Administration, Eland House, London.
- He, Q., Ma, B., Qu, D., Zhang, Q., Hou, X. ve Zhao, J., 2013. Cotton Pests and Diseases Detection Based on Image Processing. *Telkomnika* 11 6. doi:10.11591/telkomnika.v11i6.2721.
- Hoang, N.D., 2018. Detection of Surface Crack in Building Structures Using Image Processing Technique with an Improved Otsu Method for Image Thresholding. *Advances in Civil Engineering* 2018, 1–10. doi:10.1155/2018/3924120.
- Islam, T., Sah, M., Baral, S. ve Roy, C. R., 2018. A Faster Technique on Rice Disease Detection Using Image Processing of Affected Area in Agro-Field. *IEEE Xplore*, ISBN:978-1-5386-1974-2. Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT 2018).
- Kabakcı, H. ve Özer, G., 2021. Comparison of phenotypic and marker-assisted selection in Turkish cultivars and global genotypes of chickpea for resistance to patho- types of Ascochyta rabiei (Pass.) Labr. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45, 1-12. <https://doi:10.3906/tar-2003-78>.
- Kaiser, W.J., 1981. Workshop on Ascochyta blight and the winter sowing of chickpeas. Control of Ascochyta blight of chickpea through clean seed 117-122 pp.
- Kaur, I., Aggarwal, G. ve Verma, A., 2016. Detection and Classification of Disease Affected Region of Plant Leaves using Image Processing Technique. *Indian Journal of Science and Technology* 9 48. doi:10.17485/ijst/2016/v9i48/104765.
- Keçeli, A., 2023. The changes in susceptibility status of the old and of the newly registered chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars with respect to the blight disease caused by the pathotypes of Ascochyta rabiei (Pass.) Labr. *Poljoprivreda*, 29(1), 20-26.
- Khojastehnazhand, M., Mohammadi, V. ve Minaei, S., 2019. Maturity Detection and Volume Estimation of Apricot Using Image Processing Technique. *Scientia Horticulturae* 251 (2019) 247–251.
- Lev-Yadun, S., Gopher, A., Abbo, S., 2000. The cradle of agriculture, *Science*, 288, 1602-1603.
- Maden, S., 1987. Seed-borne Fungal Diseases of Chickpea in Turkey. *J. Turkish Phytopath.* 16 (1):1-8.
- Makkar, H., ve Pundir, A.K., 2014. Image Analysis Using Improved Otsu's Thresholding Method.
- MathWorks, 2008. MATLAB for Image Processing. The MathWorks Training Services. 2008 by The MathWorks, Inc.
- Meyyappan, S. ve Chandramouleeswaran S., (2018). Plant Infection Detection Using Image Processing. *International Journal Of Modern Engineering Research (IJMER)*.
- Nene, Y. L., 1982. A review of Ascochyta blight of chickpea. *Trop. Pest Manage.*
- Nene, Y.L., Sheila, V.K. ve Sharma, S.B., 1989. A World List of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Pigeon Pea (*Cajanus cajan* L.) Pathogens. *Legume Pathology Progress Report* 7 (Patancheru, Andhra Pradesh 502 324, India: ICRISAT), PP:23.

- Nyo, M.T., Mebarek-Oudina, F., Hlaing, S.S., Khan, N.A., 2022. Otsu's thresholding technique for MRI image brain tumor segmentation. *Multimedia Tools and Applications* 81 30, 43837–43849. doi:10.1007/s11042-022-13215-1
- Ozguven, M.M., 2018. The Newest Agricultural Technologies. *Current Investigations in Agriculture and Current Research*. 5(1), 573-580. DOI: 10.32474/CIACR.2018.05.000201.
- Ozguven, M.M. ve Adem, K., 2019. Automatic Detection and Classification of Leaf Spot Disease in Sugar Beet using Deep Learning Algorithms, *Physica A-Statistical Mechanics And Its Applications*, 535(122537), 1-8., Doi: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.122537>.
- Ozguven, M.M. ve Altas, Z., 2022. A new approach to detect mildew disease on cucumber (*Pseudoperonospora cubensis*) leaves with image processing. *Journal of Plant Pathology* 104 4, 1397–1406. doi:10.1007/s42161-022-01178-z.
- Ozguven, M. M. ve Yanar Y., 2022. The technology uses in the determination of sugar beet diseases. In: Misra V, Srivastava S, Mall AK (eds) *Sugar beet cultivation, management and processing*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0_30.
- Ozguven, M. M., 2023. *The Digital Age in Agriculture*. CRC Press Taylor & Francis Group LLC. ISBN 978-103-23-8577-8.
- Önal, R., 2019. Görüntü İşleme Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak İrmiğin Seçilmiş Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Özgüven, M.M., 2018. *Hassas Tarım*. Akfon Yayınları, Ankara. ISBN: 978-605-68762-4-0.
- Pande, S., Sharma, M., Gaur, P. M. ve Gowda, C. L. L., 2010. Host Plant Resistance to Ascochyta Blight of Chickpea. *Information Bulletin No. 82*. Pp:40, Andhra Pradesh, India.
- Poornima, S., Kavitha, S., Mohanavalli, S. ve Sripriya, N., 2019. Detection and classification of diseases in plants using image processing and machine learning techniques. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/1.5097529>.
- Pujari, J. D., Yakkundimath, R. ve Byadgi, A. S., 2015. Image processing based detection of fungal diseases in plants. *Procedia Computer Science*, 46, 1802-1808. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.02.137>.
- Sabancı, K., 2013. Şeker Pancarı Tarımında Yabancı Ot Mücadelesi İçin Değişken Düzeyli Herbisit Uygulama Parametrelerinin Yapay Sinir Ağlarıyla Belirlenmesi (Doktora Tezi). Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Konya.
- Salotti, I. ve Rossi, V., 2021. A mechanistic weather- driven model for Ascochyta rabiei infection and disease development in chickpea. *Plants*, 10(3), 464. <https://doi.org/10.3390/plants10030464>.
- Singh, K.B., 1987. Chickpea Breeding. In: *The Chickpea* (eds.) M.C.Saxena and K.B.Singh. CAB International, England., pp.127-162.
- Singh, K. B., Malhotra, R. S., Halia, M. H., Knights, E. J. ve Verma, M. M., 1994. Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica*, 73, 137-149.
- Singh, M. K. ve Chetia, S., 2017. Detection and Classification of Plant Leaf Diseases in Image Processing using MATLAB. *International Journal of Life Sciences Research*. Vol. 5, Issue 4, pp: (120-124).
- Singh, R. P. ve Singh, B. K., 2015. Amino acid spectra in larval instars of *Helicoverpa armigera* on chickpea raised on organic manure and chemical fertilizer NPK. *Indian Journal of Plant Protection*, 43 (1), 28-33.

- Soni, A., Soni, J. K. ve Hota, S., 2021. Detection of Multiple Crop Diseases using Image Processing Techniques. In 2021 IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC) (pp. 1-6). IEEE.
- Tan, P. N., Steinbach, M. ve Kumar, V., 2006. Cluster analysis: basic concepts and algorithms. Introduction to data mining, 8 (pp.487-568).
- TEPGE, 2023. Ürün Raporu Nohut 2022. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. Ankara.
- Tonguç, G., 2007. Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Meyve Tasnifi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi). Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta.
- Trapero-Casas, A. ve Jimenez-Diaz, R.M., 1985. Fungal wilt and root rot diseases of chickpea in Southern Spain. Phytopathology, 75, 1146-1151.
- Turan., A., 2016. Karadeniz Bölgesi'nde Nohutta Ascochyta Yanıklığının Hastalık Şiddeti, Eşleşme Tipi ve Patotip Gruplarının Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Gaziantep.
- TÜİK, 2024. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. Erişim Tarihi: 09.05.2024.
- Uygun, T., Ozguven M. M. ve Yanar, D., 2020. A new approach to monitor and assess the damage caused by two-spotted spider mite. Exp Appl Acarol 82(3):335–346. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00561-8>
- Uygun, T. ve Ozguven, M. M., 2024. Determination of tomato leafminer: *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) damage on tomato using deep learning instance segmentation method. European Food Research and Technology. <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04516-w>
- Venu Madhavan, M., Ngoc Hoang Thanh, D., Khamparia, A., Pande, S., Malik, R. ve Gupta, D., 2021. Recognition and classification of pomegranate leaves diseases by image processing and machine learning techniques. Computers, Materials & Continua, 66(3), 2939–2955. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.012466>.
- Wu, J., Wen, C., Chen, H., Ma, Z., Zhang, T., Su, H. ve Yang, C., 2022. DS-DETR: A Model for Tomato Leaf Disease Segmentation and Damage Evaluation. Agronomy, 12(9), 2023. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092023>.
- Yılmaz, S., 2011. Çok Bandlı Uydu Görüntülerinden Parsel Bazında Coğrafi Bilgi Sistemi Özellikli Ürün Deseni Katmanı Oluşturulabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi). Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Bornova-İzmir.

7. ÖZGEÇMİŞ

