



Namık Kemal Üniversitesi
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi
Journal of Tekirdag Agricultural Faculty

An International Journal of all Subjects of Agriculture

Sahibi / Owner

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Adına
On Behalf of Namık Kemal University Agricultural Faculty

Prof.Dr. Ahmet İSTANBULLUOĞLU
Dekan / Dean

Editörler Kurulu / Editorial Board

Başkan / Editor in Chief

Prof.Dr. Türkan AKTAŞ
Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü
Department Biosystem Engineering, Agricultural Faculty
taktas@nku.edu.tr

Üyeler / Members

Prof.Dr. M. İhsan SOYSAL	Zootekni / Animal Science
Prof.Dr. Servet VARIŞ	Bahçe Bitkileri / Horticulture
Prof.Dr. Temel GENÇTAN	Tarla Bitkileri / Field Crops
Prof.Dr. Sezen ARAT	Tarımsal Biyoteknoloji / Agricultural Biotechnology
Prof.Dr. Aydın ADİLOĞLU	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme / Soil Science and Plant Nutrition
Prof.Dr. Fatih KONUKCU	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering
Doç.Dr. İlker H. ÇELEN	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering
Doç.Dr. Ömer AZABAĞAOĞLU	Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics
Doç.Dr. Ümit GEÇGEL	Gıda Mühendisliği / Food Engineering
Yrd.Doç.Dr. Harun HURMA	Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics
Yrd.Doç.Dr. Özgür SAĞLAM	Bitki Koruma / Plant Protection
Araş.Gör. Eray ÖNLER	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering

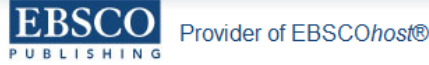
İndeksler / Indexing and abstracting



CABI tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in CABI



DOAJ tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in DOAJ



EBSCO tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in EBSCO



FAO AGRIS Veri Tabanında İndekslenmektedir / Indexed by FAO AGRIS Database



INDEX COPERNICUS tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in INDEX COPERNICUS



TUBİTAK-ULAKBİM Tarım, Veteriner ve Biyoloji Bilimleri Veri Tabanı (TVBBVT) Tarafından taranmaktadır / Indexed by TUBİTAK-ULAKBİM Agriculture, Veterinary and Biological Sciences Database

Yazışma Adresi / Corresponding Address

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi NKÜ Ziraat Fakültesi 59030 TEKİRDAĞ

E-mail: ziraatdergi@nku.edu.tr
Web adresi: http://jotaf.nku.edu.tr
Tel: +90 282 250 20 00

ISSN: 1302-7050

Danışmanlar Kurulu /Advisory Board

Bahçe Bitkileri / Horticulture

- Prof. Dr. Ayşe GÜL** Ege Üniv., Ziraat Fak., İzmir
Prof. Dr. İsmail GÜVENÇ Kilis 7 Aralık Üniv., Ziraat Fak., Kilis
Prof. Dr. Zeki KARA Selçuk Üniv., Ziraat Fak., Konya
Prof. Dr. Jim HANCOCK Michigan State University, USA

Bitki Koruma / Plant Protection

- Prof. Dr. Cem ÖZKAN** Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Prof. Dr. Yeşim AYSAN Çukurova Üniv., Ziraat Fak., Adana
Prof. Dr. Ivanka LECHAVA Agricultural University, Plovdiv-Bulgaria
Dr. Emil POCSAI Plant Protection Soil Conser. Service, Velenca-Hungary

Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering

- Prof. Bryan M. JENKINS** U.C. Davis, USA
Prof. Hristo I. BELOEV University of Ruse, Bulgaria
Prof. Dr. Simon BLACKMORE The Royal Vet.&Agr. Univ. Denmark
Prof. Dr. Hamdi BİLGİN Ege Üniv.Ziraat Fak. İzmir
Prof. Dr. Ali İhsan ACAR Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ankara
Prof. Dr. Ömer ANAPALI Atatürk Üniv., Ziraat Fak. Erzurum
Prof. Dr. Christos BABAJIMOPOULOS Aristotle Univ. Greece
Dr. Arie NADLER Ministry Agr. ARO, Israel

Gıda Mühendisliği / Food Engineering

- Prof.Dr.Evgenia BEZIRTOGLOU** Democritus University of Thrace/Greece
Assoc.Prof.Dr.Nermina SPAHO University of Sarajevo/Bosnia and Herzegovina
Prof. Dr. Kadir HALKMAN Ankara Üniv., Mühendislik Fak., Ankara
Prof. Dr. Atilla YETİŞEMİYEN Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara

Tarımsal Biyoteknoloji / Agricultural Biotechnology

- Prof. Dr.İskender TIRYAKI** Çanakkale Üniv., Ziraat Fak., Çanakkale
Prof. Dr. Khalid Mahmood KHAWAR Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Prof.Dr. Mehmet KURAN Ondokuz Mayıs Üniv., Ziraat Fak., Samsun
Doç.Dr.Tuğrul GİRAY University of Puerto Rico, USA
Doç.Dr.Kemal KARABAĞ Akdeniz Üniv., Ziraat Fak., Antalya
Doç. Dr. İsmail AKYOL Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv., Ziraat Fak., Kahramanmaraş

Tarla Bitkileri / Field Crops

- Prof. Dr. Esvet AÇIKGÖZ** Uludağ Üniv., Ziraat Fak., Bursa
Prof. Dr. Özer KOLSARICI Ankara Üniv., Ziraat Fak., Adana
Dr. Nurettin TAHSİN Agriculture University, Plovdiv-Bulgaria
Prof. Dr. Murat ÖZGEN Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Doç. Dr. Christina YANCHEVA Agriculture University, Plovdiv-Bulgaria

Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics

- Prof. Dr. Faruk EMEKSİZ** Çukurova Üniv., Ziraat Fak., Adana
Prof. Dr. Hasan VURAL Uludağ Üniv., Ziraat Fak., Bursa
Prof. Dr. Gamze SANER Ege Üniv., Ziraat Fak., İzmir
Prof. Dr. Alberto POMPO El Colegio de la Frontera Norte, Meksika
Prof. Dr. Şule IŞIN Ege Üniv., Ziraat Fak., İzmir

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü / Soil Sciences And Plant Nutrition

- Prof. Dr. M. Rüştü KARAMAN** Yüksek İhtisas Üniv., Ankara
Prof. Dr. Metin TURAN Yeditepe Üniv., Müh. ve Mimarlık Fak. İstanbul
Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ Çukurova Üniv., Ziraat Fak., Adana
Doç. Dr. Josef GORRES The University of Vermont, USA
Doç. Dr. Pasquale STEDUTO FAO Water Division Italy

Zootekni / Animal Science

- Prof. Dr. Andreas GEORGOIDUS** Aristotle Univ., Greece
Prof. Dr. Ignacy MISZTAL Breeding and Genetics Universit of Georgia, USA
Prof. Dr. Kristaq KUME Center for Agricultural Technology Transfer, Albania
Dr. Brian KINGHORN The Ins. of Genetics and Bioinf. Univ. of New England, Australia
Prof. Dr. Ivan STANKOV Trakia University, Depart. of Animal Science, Bulgaria
Prof. Dr. Muhlis KOCA Atatürk Üniv., Ziraat Fak., Erzurum
Prof. Dr. Gürsel DELLAL Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Prof. Dr. Naci TÜZEMEN Kastamonu Üniv., Mühendislik Mimarlık Fak., Kastamonu
Prof. Dr. Zlatko JANJEČIĆ University of Zagreb, Agriculture Faculty, Hırvatistan
Prof. Dr. Horia GROSU Univ. of Agricultural Sciences and Vet. Medicine Bucharest,Romanya

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

F. Kurtulmuş, S. Öztüfekçi, S. Şehirli Armut Meyvesinde Diplocarpon Mespili Lezyonlarının Görüntü İşlemeyle Analizi Analyzing Diplocarpon Mespili Lesions On Pear Using Image Processing	1-11
H. M. Velioglu, G. Çelikyurt Farklı Tarım Artığı Ürünlerden Fungal Ve Bakteriyel A-Amilaz Enzimi Üretiminin Optimizasyonu Optimization Of Fungal And Bacterial A-Amylase Production From Different Agricultural By-Products.....	12-24
G. Çınar, F. Işın, G. Armağan Türkiye’de Tarımsal Ürün İhracatı Yapan Firmaların Risk Tercihi Açısından İncelenmesi Analysis Of The Firms That Exported Agricultural Product In Terms Of Risk Preference In Turkey	25-33
B. Firdin Pamuk Yaprak Kurdu Spodoptera Littoralis (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) Larvalarının Gelişim Evrelerinde Protein, Glikojen Ve Su Oranındaki Değişim Changes In The Rate Of Protein, Glycogen And Water Of Cotton Leafworm Spodoptera Littoralis (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) During The Larval Development Stages	34-39
M. İ. Soysal, T. Bilgen, A.Perucatti, L. Iannuzzi GTG Banded Karyotype Of Anatolian River Buffalo (Bubalus Bubalis, 2n=50) Anadolu Mandası (Bubalus bubalis, 2n=50) GTG Bantlı Karyotipi.....	40-43
N. Öner, İ. Başer, F. Öner, Ö. Sarıbaş Buğdayda Yaprak Analiziyle Eksikliği Belirlenen Elementlerin Yapraktan Gübrelemeyle Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri Effects On Yield And Quality Of Foliar Application Of Wheat With The Determination Of Deficient Nutrients Leaf Analyses	44-51
T. Cengiz Konut Satın Alımında Kentsel Açık-Yeşil Alanlar Ve Sosyal Donatı Elemanlarının İncelenmesi: Çanakkale Kent Merkezi Örneği Influence Of Urban Green Spaces And Social Reinforcement Elements In Home Purchasing: The Case Of Çanakkale City, Turkey.....	52-60
M. Gür, C. Şen Trakya Bölgesinde Doğal Bir Merada Tespit Edilen Baklagiller Ve Buğdaygiller Familyalarına Ait Bitkilerin Bazı Özellikleri Some Properties Of The Vegetation On Grazing, Protected And Abandoned Natural Rangelands	61-69
S. Erdoğan Bayram, Ö. L. Elmacı, B. Miran An Evaluation On Strawberry Production In Terms Of Plant Nutrition And Farmer Applications: Evidences From Gediz River Basin, Turkey Bitki Besleme Ve Çiftçi Uygulamaları Açısından Çilek Üretimi Üzerine Bir Değerlendirme: Gediz Havzası Örneği, Türkiye	70-79
B. Kaptan Prevalence Of Listeria Spp And L. Monocytogenes İn Home Made Pottery Cheese Ev Yapımı Küp Peynirinde Listeria Spp Ve L. Monocytogenes Yaygınlığı.....	80-87
N. Pouyafard, E. Akkuzu, Ü. Kaya Kıyı Ege Koşullarında Yetiştirilen Ayvalık Zeytin Fidanlarında Su Stresine Bağlı Bazı Fizyolojik Ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi Determination Of Some Physiologic And Morphologic Changes Of Young Olive (Cv Ayvalık) Trees Under Different Water Stress İn Coastal Part Of Aegean Region	88-98
İ. H. Çelen Hava Emişli Yelpeze Hüzmeli Püskürme Memelerinde Püskürtme Dağılımının İlerleme Hızına Bağlı Olarak Değişimi The Change Of The Spray Distribution On Air Inlet Fan Spray Nozzles Depending On Different Forward Speeds	99-106
M. E. Gündoğmuş, T. Uyar Kestane Bahçelerinde Gelir Yöntemine Göre Değerleme: Aydın İli Nazilli İlçesi Örneği Land Valuation Of Chestnut Ochards By Income Capitalization Method: A Case Study İn Nazilli District Of Aydın Province.....	107-117

Armut Meyvesinde *Diplocarpon Mespili* Lezyonlarının Görüntü İşlemeyle Analizi

F. Kurtulmuş^{1,*}

S. Öztüfekçi²

S. Şehirli³

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye

²Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye

³Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye

* Sorumlu yazar: E-mail: ferhatk@uludag.edu.tr

Armut ülkemizde iç pazar tüketiminin yanında ihracatı da yapılan önemli bir meyvedir. Ürünlerin depoya alınmalarından sonra muhafaza süresi içerisinde ürünlerde özellikle latent enfeksiyon kaynaklı fungal gelişimlerin gözlemlenmesi mümkündür. Hastalık gelişimi için uygun olan muhafaza şartlarında ürünlerde ticari kayba neden olan çürümeler ve deformasyonlar meydana gelebilmektedir. Bunları önlemek için hastalıklı meyvelerin depo koşullarında tespit edilerek izole edilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada *Diplocarpon mespili* enfeksiyonu görülen armut meyvelerinin depo koşullarında sağlıklı meyvelere hastalık taşımamasının ve inokulum kaynağı olmasının önüne geçilmesi için görüntü işleme yöntemleri ve destek vektör makinesi kullanılarak bir leke analiz algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem ile armut meyvesinin yüzeyinde gelişimine devam eden ve lezyon çapı gelişen aktif alanların pasif leke alanlarına göre daha yüksek bir doğrulukla saptanabildiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Armut, görüntü işleme, *Diplocarpon mespili*, leke analizi

Analyzing *Diplocarpon Mespili* Lesions on Pear using Image Processing

Pear is an important fruit not only for domestic market but also exportation. During preservation, it is possible to observe developing fungal growth on products arisen from latent infections after taking the products to storages. Under preservation conditions which are suitable for fungal growth, deteriorations and deformations can occur on the products which may cause commercial losses. To prevent these, it is crucial to detect and isolate infected fruits in storages. In this study, a lesion detection algorithm was developed by using image processing methods and support vector machine to prevent infected fruits by *Diplocarpon mespili* to transmit the disease to healthy ones. With the proposed method, it was found that active disease regions which continue to grow and to increase diameter could be detected with higher accuracy in comparison with passive regions.

Key words: Pear, image processing, *Diplocarpon mespili*, lesion analysis

Giriş

Armut ülkemizde iç pazar tüketiminin yanında ihracatı da yapılan önemli bir meyvedir, 2013 yılında TÜİK verilerine göre Türkiye’de 461,826 ton armut üretimi yapılmıştır (Anonim, 2015a). Üretim miktarı tüm dünyada toplam 23,580,845 ton olup Türkiye 2013 yılında dünya sıralamasında beşinci sırada yer almıştır (Anonim, 2015b). Armut üretiminin bu denli büyük olması nedeni ile armut meyvesinin üretimin çok yoğun olduğu dönemlerde muhafaza edilerek, ticari değerinin yükseldiği zamanlarda tekrar pazara sürülebilmesi oldukça önemlidir. Armudun hasatı yapıldıktan sonra uygun depolama koşullarında (0-+1°C’de ve %90-95 oransal nemde) 2 ile 6 ay arasında değişen sürelerde muhafaza edilebilmektedir. Ürünlerin depoya alınmalarından sonra muhafaza süresi

içerisinde ürünlerde özellikle latent enfeksiyon kaynaklı fungal gelişimlerin gözlemlenmesi mümkündür. Hastalık gelişimi için uygun olan muhafaza şartlarında ürünlerde ticari kayba neden olan çürümeler ve deformasyonlar meydana gelebilmektedir. Muhafaza süresinin uzaması ile birlikte ürünlerin hastalıklara karşı olan dayanıklılıkları ve savuma mekanizmaları zayıflamakta ve ürün yaşlanmaktadır. Bu nedenle muhafaza süresi içerisinde ürünlerde hastalık gelişimi olmakta ve yayılmaktadır. Depo içerisinde muhafaza edilen ürünlerin hastalık belirtilerinin takip edilmesi ve hastalıklı ürünlerden sağlıklı ürünlere hastalık geçişinin engellenmesi oldukça güçtür. Armut meyvesi muhafaza sürecinde özellikle araziden latent halde alınmış *Alternaria*

alternata (Fr.) Keissl., *Venturia pirina* Aderh. ve *Diplocarpon mespili* (Sorauer) B. Sutton enfeksiyonlarına yatkındır ve muhafaza süresi içerisinde gelişen bu hastalıklar ürünlerde lekelenmelere, çürümelere, fiziksel deformasyonlara ve pazar değerinin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle hastaliksız veya gelişimin ilk aşamasında olan meyvelerin depo içerisine alınmadan ayrılması veya hastalık semptomların görülmeye başlanması ile birlikte, lezyon gelişiminin tespit edilip hastalıklı meyvelerin depodan izole edilmesi oldukça önemlidir. Lekeli ve benekli armutların izole edilmeden depo içerisinde tutulması hastalığın yüzey alanı ile temas eden diğer meyvelere de geçmesine ve ticarin kaybın büyümesine neden olacaktır. Ticari kayıpların en aza indirilmesi ve daha sağlıklı ürün tüketimi amacı ile bu meyvelerin depodan seçilerek ayrılması gerekmektedir.

Bilgisayarlı görme ve görüntü işleme yöntemleri, birçok çalışmada meyvelerin kalite özelliklerine göre sınıflandırılması, kusurlu ürünlerin tespit edilmesi ve bazı hastalık semptomlarının otomatik olarak tespit edilmesi amaçlarıyla kullanılmıştır. Bu çalışmalara örnek olarak Zhongzhi ve ark. (2012) tarafından armut meyvesinin kalitesini meyve kabuğu üzerindeki fiziksel kusur, renk ve şekil temel alarak Çin ulusal standartlarına göre sınıflandırmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yazılım ve donanım etmenleri birlikte değerlendirilmiştir. Armutların sınıflandırılması için kurulmuş sistemde, taşıma modülü, kontrol modülü, fotoğraf yakalama modülü ve görüntü işleme ve tanımlama modülleri kullanılmıştır. Sistem, şekil, renk ve kusur tespit etmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre geliştirilen algoritma, armut sınıflandırmasını, insan gözü ile kontrole kıyasla istatistiksel olarak önemli seviyede doğru tespit etmiştir. Kılıç ve ark. (2007) yılında fasülye bitkisiyle yaptıkları çalışmada, görüntü işleme tekniğiyle kalite ve miktar ölçütlerine göre sınıflandırma amacıyla algoritma oluşturmuşlardır. Eğitim seti olarak 69 örnek kullanılmıştır. Geri kalan 371 örneği geliştirilen algoritma, beyaz fasülyeleri %99.3, sarı-yeşil kusurlu fasülyeleri %93.3, siyah kusurlu fasülyeleri %69.1, az kusurlu fasülyeleri %74.5, çok kusurlu fasülyeleri %93.8 başarı oranıyla tespit etmiştir. Çalışmanın genel başarı ortalaması %90.6 olarak bildirilmiştir. Portakal meyvesinde yüzey bozukluklarının tespit edilebilmesi için yapılmış çalışmada meyveler mavi zemin üzerinde fotoğraflanmış, kusurlar ise

eşikleme metoduna dayanan bir algoritma ile ortaya konmuştur (Li ve ark. 2013). Geliştirilen algoritma ile kusur tespiti yapılmış, %98.9 tespit başarıları elde edilmiştir. Leiva ve ark. (2011) geliştirdikleri algoritma ile görüntü işleme teknikleri kullanarak hastalıklı yabanmersini meyvelerinin yığından ayrıştırılması üzerine çalışmıştır. Hastalıklı yabanmersini meyvelerinin hasattan sonra ayıklanmaması depolama ve taşımada diğer meyvelerin hasar görmesine yol açmaktadır. Geliştirilen algoritma hasarlı yabanmersini meyvelerini fungal ve genel hasar (fungal, büzüşmüş meyveler, mekanik hasar) kategorilerinde sırasıyla %96 ve %90 oranında doğru tespit etmiştir. Renkli görüntülerin analiz edilmesi yöntemine dayanan görüntü işleme yöntemlerinin, insan gözünü taklit ederek çalışmasından dolayı doğruluk derecelerinin istenilen sonuçları veremeyebileceğini bildiren Blasco ve arkadaşları (2007) yaptıkları çalışmada, insan gözünce görülebilir sınırlar dışındaki dalga boylarını yakalama yeteneğine sahip NIR görüntüleme sistemi kullanmıştır. NIR sistemle elde edilen görüntüler ile görüntü işleme algoritmalarını çalıştırdıklarında, narenciye kabuğundaki kusurları renkli görüntülere kıyasla %86 daha başarılı tespit etmişlerdir.

Armut dışında diğer meyveler üzerinde görüntü işleme yöntemleri kullanılarak birçok çalışma yapılmış olmasına karşın, literatürde armut meyvesinin kalite ve hastalık gibi parametrelerinin görüntü işlemeyle incelendiği çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Açıklanan bu nedenlerin doğrultusunda bu çalışmanın amacı, *Diplocarpon mespili* enfeksiyonu görülen armut meyvelerinin depo koşullarında sağlıklı meyvelere hastalık taşımalarının ve inokulum kaynağı olmasının önüne geçilmesi için bir leke analiz algoritması geliştirmektir. Çalışmada pratik kullanıma uygunluk ve düşük maliyet açısından standart bir CCD (charge-coupled device) kameranın leke analizinde kullanılabilme olanağının da açığa çıkarılması hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Armut Örnekleri ve Görüntü Alımı

Çalışmada kullanılan armutlar *Pyrus communis* L. Cv. Deveci çeşidi olup Bursa Ağaköy bölgesinden 13 Ekim 2013 tarihinde hasat edilmiş ve muhafaza için depoya alınmış ticari yarı bodur bir çeşittir. Çalışmada kullanılan armut meyveleri ticari koşullar altında 5 ay süre ile soğuk hava

deposunda muhafaza edilmiştir. *Diplocarpon mespili*'nin farklı enfeksiyon zarar derecelerine uğramış toplamda 33 adet armut meyvesi laboratuvar koşullarında görüntülenmiştir. Görüntü alımında çalışmanın amacına uygun olarak standart bir CCD fotoğraf makinesi (Nikon, Coolpix L22) kullanılmıştır. Görüntü işleme aşamaları, her bir armut görüntüsü için 1280x960 piksel çözünürlüğünde gerçekleştirilmiştir.

Algoritma Geliştirme Ortamı

Çalışmada algoritmaların geliştirilmesi ve test edilmesi aşamalarında Python 2.7 programlama dili ile birlikte scikit-image (Scikit-image, 2014), scikit-learn (Pedregosa ve ark., 2011), scipy ve numpy (Oliphant, 2007) gibi açık kaynak kodlu bilimsel programlama modülleri kullanılmıştır.

Lekelerin manuel olarak belirlenmesi

Algoritmanın eğitimini sağlamak ve son olarak başarısını ölçmek amacıyla gerçekte hangi meyve yüzeyi bölgelerinin lekeli olduğunu bilmek önem taşımaktadır. Bu yüzden ilk olarak lekeli armut yüzeyleri bir görüntü manipülasyon yazılımı

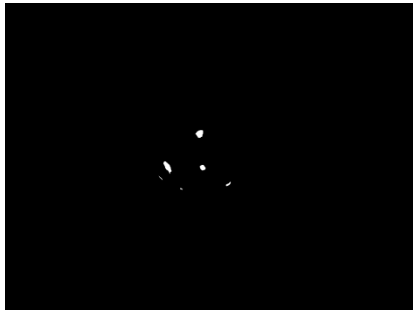
(GIMP) kullanılarak bir ikili maske üzerine manuel olarak işaretlenmiştir. Bu işaretleme işlemi her bir leke türü (aktif leke ve pasif leke) için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Armut meyvesinin yüzeyinde gelişimine devam eden ve lezyon çapı gelişen alanlar aktif, lezyon çapında değişiklik olmayan ve hastalık gelişiminin durduğu alanlar ise pasif olarak adlandırılmıştır. Bunun sonucunda her bir armut meyvesi örneği için iki adet ikili maske elde edilmiştir. Şekil 1'de aynı meyveye ait manuel olarak işaretlenmiş farklı leke türleri için ikili maskeler görülmektedir.

Meyvelerin Segmentasyonu

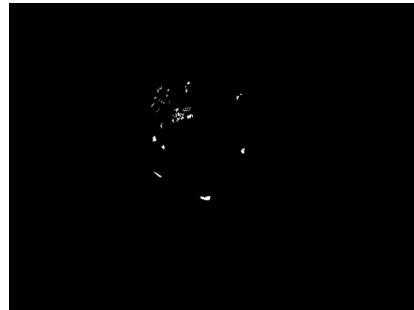
Geliştirilen görüntü işleme algoritmasının ilk adımı, meyvelerin arka plandan mümkün olan en doğru şekilde segmente edilerek ayrılmasıdır. Renk esaslı segmentasyon en yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Meyve segmentasyonunu en iyi şekilde gerçekleştirebilmek için eğitim seti görüntülerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada algoritmanın eğitimini sağlamak için elde edilen armut örneklerinden 5 tanesi eğitim seti için ayrılarak kalan örnekler algoritmanın başarısını analiz etmek amacıyla kullanılmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 1. Orijinal renkli görüntü (a), aktif leke (b) ve pasif leke (c)

Figure 1. Original color image (a), active lesion (b), and passive lesion

Eğitim seti görüntüleri üzerinde birçok renk modelinin bileşenleri araştırılarak meyvelerin segmentasyonu için en uygun renk bileşeninin HSI (Hue-Saturation-Intensity) modeline ait H bileşeni olduğu saptanmıştır. Böylelikle armut görüntüsünün H bileşeni üzerinde yaygın bir eşikleme yöntemi olan Otsu yöntemi uygulanmıştır (Sezgin ve Sankur, 2004). Elde edilen ikili maske görüntüsü, armut örneğinin sınırlarını kabaca temsil etmektedir. Eşikleme yönteminin sonucu olarak ortaya çıkan meyve yüzeyindeki bazı boşluklar, morfolojik boşluk doldurma işlemi uygulanarak yok edilmiştir. Meyve yüzeyi bölgesinin sınırlarını daha düzgün bir hale getirmek için ise ikili görüntüye 10 piksel çapında bir median filtresi uygulanmıştır. Bu 10 piksellik çap değeri eğitim seti görüntüleri üzerinde deneme yanılma yoluyla saptanmıştır. Sonuç olarak elde edilen ikili görüntünün orijinal renkli görüntü üzerine maskelenmesiyle armut segmentasyonu tamamlanmıştır.

Lekelerin Segmentasyonu

Geliştirilen algoritmanın bu aşamasında lekenin türüne bakılmaksızın aktif veya pasif leke gibi armut yüzeyinde bulunan bütün lekelerin birlikte meyve yüzeyinden ikileştirme ile ayrılması gerçekleştirilmiştir. Algoritmanın bir önceki aşamasında meyve yüzeyi görüntüden ayrılmıştı. Eğitim seti görüntülerinde yapılan ön çalışmalarda lekeli bölgelerin yeşil renk bileşeni (G) kullanılarak ikileştirilebileceği saptanmıştır. Armut meyvesinin küresel yapısından dolayı renk ve gri seviyelerin armut yüzeyinde düzensiz dağılımı lekeli bölgelerin segmentasyonu açısından bir zorluk meydana getirmiştir. Bu zorluğun üstesinden gelmek amacıyla bu aşamada meyve görüntüsünün yeşil bileşenine (G) Wellner (1993) tarafından ortaya konulan uyarlanabilir eşikleme

algoritması uygulanmıştır. Bu algoritma segmentasyon için ikili görüntüyü oluştururken görüntü üzerinde yerel bölgeleri ayrı olarak ele alır ve bu bölgelerin ortalama veya medyan değerlerini göz önünde bulundurarak farklı eşik değerleri belirler. Böylelikle farklı aydınlanma özelliklerine sahip bölgelerin etkisi azaltılmaktadır. Eşikleme işlemi sonucu elde edilen ikili görüntü, armut meyvesinin kendi doğal noktalarını da içermektedir. Bu noktalardan kurtulmak ve asıl kusur oluşturan lekelerle odaklanmak için bir alan eşikleme uygulanmıştır. Bunun için eğitim seti görüntüleri üzerinde çalışılarak 25 pikselden daha küçük alana sahip bölgelerin elenmesinin uygun olacağı belirlenmiştir.

Kullanılan Öznitelikler ve Temel Bileşenler Analizi

Aktif ve pasif leke kusurları görsel olarak birbirlerine karıştırılabilecek benzerlikler göstermektedir. Bu lekeleri sınıflandırmak amacıyla lekelerin renk özniteliklerinden yararlanılmıştır. Farklı renk bileşenlerinin ayırt edici güçlerinden yararlanmak için orijinal RGB kodlu görüntüler; HSI, L*a*b* ve YCbCr renk modellerine dönüştürülerek renk bileşenleri elde edilmiştir. Eşitlik 1- 7'de bu renk modellerine dönüşümde kullanılan eşitlikler verilmiştir (Gonzalez ve ark. 2004; Russ 2011). HSI renk modeline ait I ve YCbCr renk modeline ait Y bileşenleri aydınlanmayı temsil eden gri seviyelerdir. Meyve yüzeyindeki değişken aydınlanma koşullarını azaltmaya katkıda bulunmak için bu bileşenler leke sınıflandırma algoritmasına dahil edilmemişlerdir. Böylelikle, her bir armut görüntüsü örneği için R, G, B, *a, b*, H, S, Cb ve Cr olmak üzere 9 farklı renk bileşenine ait piksel değerleri leke sınıflandırmada öznitelik olarak ele alınmıştır.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65,481 & 128,553 & 24,966 \\ -37,797 & -74,203 & 112,000 \\ 112,000 & -93,786 & -18,214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} L \\ *a \\ *b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 2\sqrt{2} \\ \frac{6}{\sqrt{2}} & \frac{6}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$r = \frac{R}{R+G+B}, g = \frac{G}{R+G+B}, b = \frac{B}{R+G+B} \quad (3)$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 \times [(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{0.5}} \right\}, b \leq g \text{ ise } H \in [0, \pi] \quad (4)$$

$$H = 2\pi - \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 \times [(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{0.5}} \right\}, b > g \text{ ise } H \in [\pi, 2\pi] \quad (5)$$

$$S = 1 - 3 \times \min(r, g, b), S \in [0, 1] \quad (6)$$

$$I = (R + G + B) / (3 \times 255) \quad (7)$$

Eğitim seti görüntülerinde el ile işaretlenmiş maskeler yardımıyla her bir leke tipine ait 15000 piksel rasgele örnekleme yolu ile seçilmiştir. Bu şekilde 30000 örnekli ve 9 adet renk özneliği içeren bir eğitim verisi oluşturulmuştur. Burada iki farklı leke tipini tanımlayarak belirlemek bir ikili sınıflandırma görevidir. Çalışmada bu sınıflandırmayı gerçekleştirmek için özellikle ikili sınıflandırma görevleri için geliştirilmiş destek vektör makinesinden (SVM) yararlanılmıştır. Destek vektör makinesi (Support Vector Machine, SVM) istatistiksel öğrenme teoremi esaslı en yüksek marjin sınıflandırıcısıdır (Vapnik, 1995). SVM'ler parametrik olmamakla birlikte eğitim verisinin olasılık dağılımını modellemezler. Bunun yerine eğitim vektörleri arasındaki uygun sınırları doğrudan araştırarak farklı sınıfları belirlerler (Keuchel ve ark. 2003). Ancak aşırı öğrenmeyi (overfitting) engellemek ve SVM modelinin genelleştirme kabiliyetini artırmak için SVM'nin eğitiminden önce öznelikler üzerinde bazı önlemler gerçekleştirilmiştir. Öncelikle farklı renk öznelikleri arasındaki değişken sayısal aralıkların getirebileceği olumsuzlukları azaltmak için her bir renk öznelik grubu kendi içerisinde 0 ile 1 aralığında normalize edilmiştir. Daha sonra yaygın bir öznelik azaltma yöntemi olan temel bileşenler analizi (PCA) yapılarak öznelik uzayının boyutları azaltılmıştır. PCA yöntemi bu 9 renk özneliğini temel bileşenler olarak adlandırılan yeni bir uzaya yansıtmaktadır. Uygulamada temel bileşenler analizinin ortaya koyduğu özvektörlerin ilk üç tanesinin veriyi yeterince temsil ettiği kabul edilmektedir. Bu yüzden bu çalışmada da ilk üç temel bileşen, SVM eğitimi için kullanılmıştır. Eğitim verisinde sınıf kategorilerini oluşturan bağımlı değişken, eğitim seti görüntülerinde el ile işaretlenmiş lekeli piksel değerlerine göre oluşturulmuştur.

Destek Vektör Makinesiyle Lekeli Piksellerin Sınıflandırılması

SVM'nin kullanılacak kernel tipi, düzenleme parametresi, kernel fonksiyonun derecesi gibi model parametreleri bulunmaktadır. Bu parametreleri optimize etmek için çapraz değerlendirme kurallarıyla bir izgara tipi araştırma yapılmaktadır. Yani bu parametrelerin bütün kombinasyonları tek tek denenerek modelin sınıflandırma başarısı çapraz değerlendirme yöntemiyle ortaya konulur. Çizelge 1'de bu çalışmada optimize edilen SVM parametreleri verilmiştir. Bu çalışmada eğitim setinden elde edilen temel bileşenlerden oluşan veri ile 5 katlamalı bir çapraz değerlendirme süreci sonucu en uygun SVM modeli belirlenerek test görüntülerinde armutta leke tipinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

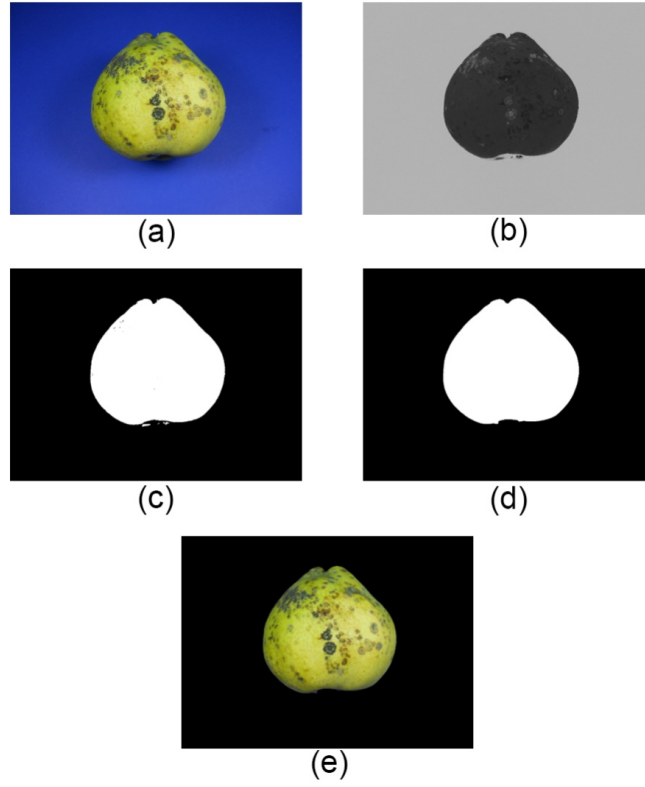
Araştırma Bulguları ve Tartışma

Geliştirilen algoritmanın ilk aşamasında armut yüzeyinin arka plandan ayrılarak saptanması gerçekleştirilmiştir. Bu segmentasyon sonucuna ait örnek bir görüntü Şekil 2'de görünmektedir. Segmentasyon işlemi sonucunda bütün örnekler için meyve yüzeylerinin iyi bir şekilde temsil edilebildiği yüzey görüntüleri elde edilebilmiştir. Meyvelerin segmentasyonundan sonraki algoritma aşaması aktif veya pasif olarak ayırt etmeksizin armut yüzeyindeki tüm lekelerin ikilileştirilmesidir. Yeşil görüntü üzerinde gerçekleştirilen Wellner'in uyarlanabilir eşikleme ve doğal armut noktalarının yok edilmesi işlemleri Şekil 3'deki örnek üzerinde görülmektedir. Bu aşamada leke tipi gözetilmeksizin meyve yüzeyindeki tüm kusurların ikili görüntü üzerinde temsil edildiği var sayılmıştır. Elde edilen bu leke maskelerini oluşturan pikseller algoritmanın sonraki adımlarında aktif ve pasif lekeler olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 1. Optimize edilen SVM parametreleri

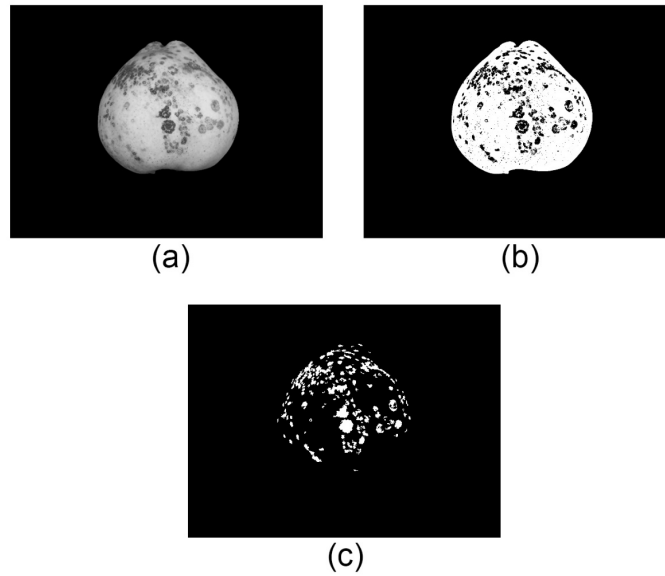
Table1. Optimization parameters of the SVM

Parametre	Olası girdiler
Düzenleme parametresi C	1, 10, 100, 1000
Kernel fonksiyonunun tipi	Doğrusal, Polinomiyal, Radyal
Kernel katsayısı γ (polinomiyal ve radyal fonksiyonlar için)	0.001, 0.0001
Polinomiyal kernel fonksiyonunun derecesi d (sadece polinomiyal kernel için)	1, 2, 3



Şekil 2. Orijinal renkli görüntü (a), H bileşeni (b), Otsu eşiklemesi sonrası (c), boşluk doldurma ve median filtrelemesi sonrası elde edilen ikili maske (d), segmentasyonu tamamlanmış armut (e)

Figure 2. Original color image (a), H component (b), after Otsu's thresholding (c), binary mask after filling holes and median filter (d), segmented pear image (e)



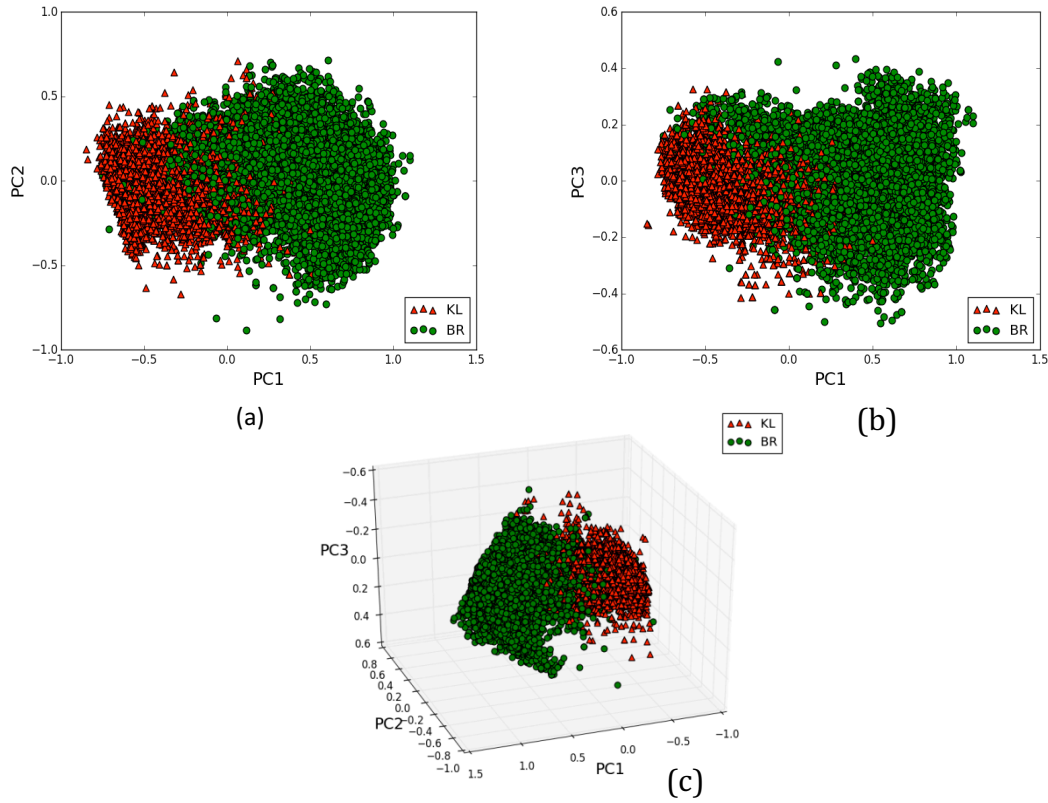
Şekil 3. Lekeli bölgelerin segmentasyonu. Yeşil bileşen (a), Wellner'in uyarlanabilir eşiklemesi sonrası (b), ve doğal lekelerin yok edilerek kusurlu lekelerin segmentasyonu (c)

Figure 3. Segmentation of lesion regions. Green component (a), after Wellner's adaptive thresholding (b), removal of natural pear spots and segmentation of defective lesions (c)

Eğitim seti üzerinde yapılan temel bileşenler analizi sonucunda renk özneliklerini temsil eden temel bileşenleri uzayı elde edilmiştir. Şekil 4'de temel bileşenler uzayı farklı eksenlerde görülmektedir. Şekilde temel bileşenler uzayında aktif ve pasif leke örneklerinin nispeten ayrık dağılımlar göstermesine rağmen birçok örneğin de iç içe geçmesinden dolayı karmaşık bir sınıflandırma modeline ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. Bu karmaşık sınıflandırma görevini gerçekleştirmek üzere temel bileşenler uzayının her bir elemanı SVM sınıflandırıcısının eğitiminde kullanılmıştır.

SVM sınıflandırıcısının parametreleri, 5 katlamalı çarpaz değerlendirme ve ızgara tipi araştırma

yöntemleriyle optimize edilmiştir. Çizelge 2'de eğitim verisi üzerindeki çarpaz değerlendirme sonuçları görülmektedir. Çizelgedeki başarı yüzdeleri, eğitim setindeki aktif ve pasif leke piksellerinin farklı SVM parametreleri kullanılarak sınıflandırılma başarılarını göstermektedir. Başarı değerleri eğitim setindeki doğru olarak sınıflandırılmış lekeli piksellerin yüzdesini ifade etmektedir. Parametre optimizasyonu sonucunda Çizelge 2' de koyu olarak görülen radyal kernel fonksiyonlu SVM modelinin (%98.6'lık başarı) eğitim seti üzerinde en iyi sınıflandırma başarısını sağladığı saptanmıştır. En iyi SVM modeli geliştirilen algoritmanın bir sonraki adımlarında kullanılmak üzere saklanmıştır.



Şekil 4. Temel bileşenler uzayının farklı eksenlerde temsili: PC1 ve PC2 (a), PC1 ve PC3 (b), üç boyutlu temel bileşenler uzayı (c)

Figure 4. Representation of principal component space with different axis: PC1 vs PC2 (a), PC1 vs PC3 (b), three dimensional principal components space

Çizelge 2. SVM sınıflandırıcısının eğitim seti üzerinde 5 katlamalı çarpaz değerlendirme ortalama başarıları

Table 2. Mean cross validation performances of the SVM classifier on the training set

SVM parametreleri kombinasyonu				Eğitim seti üzerinde çarpaz değerlendirme başarıları	Standart sapma
Kernel	C	γ	d		
Radyal	1	0.001	-	0.939	(+/-0.003)
Radyal	1	0.0001	-	0.986	(+/-0.002)
Radyal	10	0.001	-	0.932	(+/-0.003)
Radyal	10	0.0001	-	0.939	(+/-0.003)
Radyal	100	0.001	-	0.931	(+/-0.003)
Radyal	100	0.0001	-	0.932	(+/-0.003)
Radyal	1000	0.001	-	0.931	(+/-0.003)
Radyal	1000	0.0001	-	0.931	(+/-0.003)
Doğrusal	1	-	-	0.93	(+/-0.003)
Doğrusal	10	-	-	0.93	(+/-0.003)
Doğrusal	100	-	-	0.93	(+/-0.003)
Doğrusal	1000	-	-	0.93	(+/-0.003)
Polinomiyal	1	0.001	1	0.943	(+/-0.003)
Polinomiyal	1	0.0001	1	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	1	0.001	2	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	1	0.0001	2	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	1	0.001	3	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	1	0.0001	3	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	10	0.001	1	0.933	(+/-0.003)
Polinomiyal	10	0.0001	1	0.943	(+/-0.003)
Polinomiyal	10	0.001	2	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	10	0.0001	2	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	10	0.001	3	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	10	0.0001	3	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	100	0.001	1	0.932	(+/-0.003)
Polinomiyal	100	0.0001	1	0.933	(+/-0.003)
Polinomiyal	100	0.001	2	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	100	0.0001	2	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	100	0.001	3	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	100	0.0001	3	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	1000	0.001	1	0.93	(+/-0.003)
Polinomiyal	1000	0.0001	1	0.932	(+/-0.003)
Polinomiyal	1000	0.001	2	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	1000	0.0001	2	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	1000	0.001	3	0	(+/-0.000)
Polinomiyal	1000	0.0001	3	0	(+/-0.000)

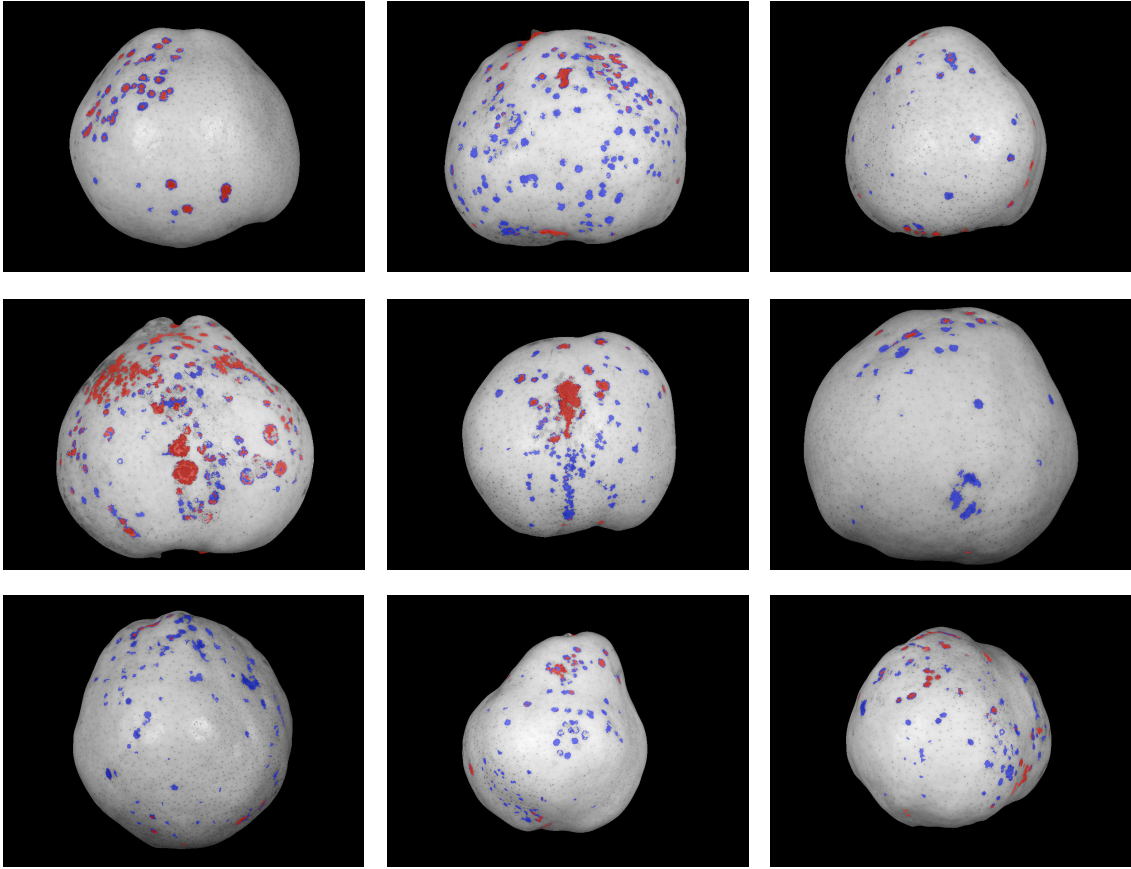
Geliştirilen leke analiz algoritması test görüntüleri üzerinde çalıştırılarak aktif ve pasif lekeleri ayırt etme başarıları ortaya konulmuştur. Şekil 5’de geliştirilen görüntü işleme algoritmasının farklı lekelenme koşullarına sahip bazı test örnekleri üzerindeki sonuçları görülmektedir. Genel olarak lekelerin çoğu doğru olarak sınıflandırılmış olsa da algoritma bazı durumlarda hatalı sınıflandırmalar da yapmış, bazı lekeleri ise hiç saptayamamıştır.

Bazı lekelerin algoritma tarafından saptanamamasının temel nedeni lekelerin ilk olarak segmentasyonu sırasında eşikleme algoritmasının hatalarıdır. Ayrıca bazı örneklerde aktif ve pasif leke lezyonlarının birbirine çok yakın veya iç içe olarak var olması leke tipleri arasında sınıflandırma hatalarına yol açmıştır. Bu hata türlerine ilave olarak meyve yüzeyindeki düzensiz aydınlanmadan dolayı oluşan hatalar saptanmıştır.

Pasif lekeler meyve yüzeyinin daha az aydınlanmış bir kısmına denk geldiğinde algoritma bu lekeleri hatalı olarak aktif lekeler şeklinde sınıflandırabilmiştir.

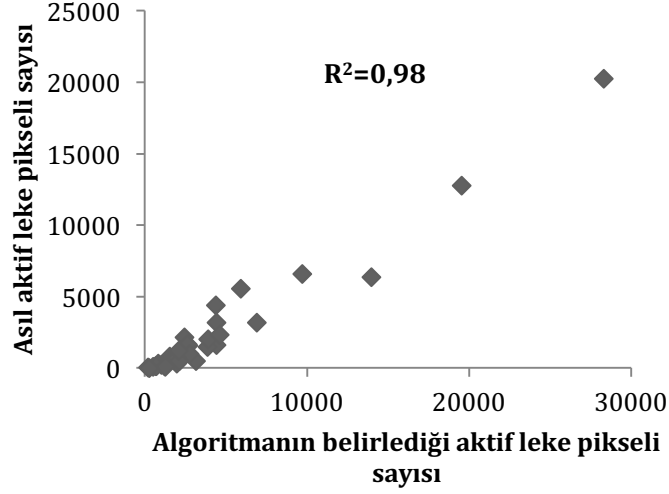
Daha önceki kısımlarda belirtildiği üzere gerçekte hangi lekelerin hangi leke türüne dahil olduğu manuel olarak markalanmıştı. Bu markalanmış piksel bölgeleri esas alınarak geliştirilen algoritmanın test örnekleri üzerindeki lekeleri belirleme doğruluğu ortaya koyulmuştur. Ayrıca

görüntü işleme yöntemleri ve SVM sınıflandırıcı kullanılarak geliştirilen leke sınıflandırma modelinin doğruluğu farklı leke türleri için analiz edilmiştir. Şekil 6'da geliştirilen algoritma tarafından saptanan aktif leke pikseli sayısı ile gerçekte var olan aktif leke pikseli arasındaki ilişki verilmiştir. Gerçekte var olan aktif leke pikseli sayısı ile algoritma tarafından saptanan aktif leke pikseli sayısı arasındaki ilişkinin oldukça yüksek ($R^2=0.98$) olduğu görülmüştür.



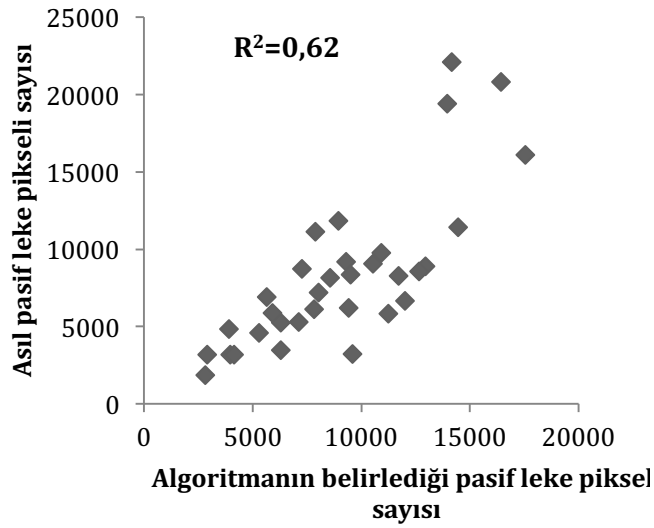
Şekil 5. Geliştirilen görüntü işleme algoritmasının bazı test örnekleri üzerindeki sonuçları (Kırmızı bölgeler aktif lekeleri temsil etmesine karşın, mavi bölgeler pasif lekeleri temsil etmektedir)

Figure 5. Results of the proposed image processing algorithm on some test samples (While red regions represent active lesions, blue regions represent passive lesions)



Şekil 6. Algoritma tarafından saptanan aktif leke pikseli sayısı ile gerçekte var olan aktif leke pikseli arasındaki ilişki

Figure 6. Relation between number of the active lesion pixels detected by the algorithm and actual number of the active lesion pixels



Şekil 7. Algoritma tarafından saptanan pasif leke pikseli sayısı ile gerçekte var olan pasif leke pikseli arasındaki ilişki

Figure 7. Relation between number of the passive lesion pixels detected by the algorithm and actual number of the passive lesion pixels

Çalışmanın esas odak noktası depolama ortamında diğer sağlıklı meyvelere bulaşma riski yüksek olan aktif lekeleri bulmak olmasına rağmen, armut

kalitesini etkileyen bir diğer unsur olan pasif lekelerin algoritma tarafından saptanma performansı da incelenmiştir. Algoritmanın armut

yüzeyindeki pasif leke pikseli sayısını tahmin etmedeki başarısı ise Şekil 7'de verilen grafiğkte görülmektedir. Şekil 7'de verilen grafiğe göre gerçekte var olan pasif leke pikseli sayısı ile algoritma tarafından saptanan pasif leke pikseli sayısı arasındaki ilişkinin aktif lekeye göre daha düşük ($R^2=0.62$) olduğu görülmektedir. Bu durumun temel nedeni pasif lekelerin aktif lekelerle göre daha belirsiz olması ve meyve yüzeyindeki aydınlanma değişimlerinden daha fazla etkilenmesidir.

Sonuç

Bu çalışmada armut yüzeyindeki *Diplocarpon mespili* enfeksiyonundan meydana gelen lekelerin sağlıklı meyvelere bulaşmasının önüne geçilmesi amacı ile bir görüntü işleme algoritması ortaya koyulmuştur. Lekelerin segmentasyonu için düzensiz aydınlanma koşullarının olumsuz etkilerini azaltan bir algoritma kullanılmıştır. Enfeksiyon açısından aktif ve pasif lekeleri birbirinden ayırmak amacıyla renk öznitelikleri ve SVM yönteminden yararlanılmıştır. SVM'nin parametre optimizasyonu ve eğitimi, çapraz değerlendirme kuralları doğrultusunda gerçekleştirilerek aşırı öğrenme durumu önlenmiştir. Geliştirilen leke analizi algoritmasının test görüntüleri üzerinde lekeli pikselleri ayırtma başarıları ortaya koyulmuştur.

Bu araştırmada elde edilen bulgulara göre görüntü işleme ve SVM yöntemleri, armut meyvesinin lekeli durumunun analizinde büyük bir potansiyele sahiptir. Ayrıca standart CCD kamera görüntülerinin depo koşullarında armut meyvesinin *D. mespili* enfeksiyonundan kaynaklanan aktif lekelerin saptanmasında kullanılabileceği görülmektedir. Benzer şekilde bu çalışmada geliştirilen yöntem, *A. alternata* ve *V. pirina* gibi armut meyvesinin epidermis dokusunda lekelerle ve görsel bozukluklara neden olan bitki hastalıklarının da tespitinde kullanılabilir. Çalışmada kullanılan armut örnekleri tek tek ele alınarak bir leke analizi algoritması geliştirilmiştir. Gerçek koşulları daha iyi temsil etmek için sunulan algoritma, depo kasalarında armut yığınlarından alınmış görüntülerle çalışması için geliştirilmeye müsaittir. Bu şekilde oluşturulacak bir görüntü işleme yazılımı *D. mespili* enfeksiyonunun yayılmasını önlemede ve inokulum kaynaklarının azaltılmasında alternatif bir mücadele yöntemi olarak kullanılabilir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda armut meyvesinin pazar kalitesini

etkileyen daha fazla kusur tipini algılayabilen algoritmaların geliştirilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Anonim 2015a. TÜİK. Yumuşak çekirdekli meyveler, 1988-2013. Türkiye İstatistik Kurumu İnternet Sitesi. Erişim Tarihi: 13.02.2015.
- Anonim 2015b. FAO. Dünya Armut Üretim İstatistikleri 2013. FAO İnternet Sitesi. Erişim Tarihi: 13.02.2015.
- Blasco, J., Aleixos, N., Gómez, J., Moltó, E. 2007. Citrus sorting by identification of the most common defects using multispectral computer vision. Journal of Food Engineering 83: 384–393.
- Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.L. 2004. Digital image processing using Matlab. Dorling Kindersley, 2004.
- Keuchel, J., Naumann, S., Heiler, M., Siegmund, A. 2003. Automatic land cover analysis for tenerife by supervised classification using remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, 86 (4):530-541.
- Kılıç, K., Boyacı, İ. H., Köksel H., Küsmenoğlu İ. 2007. A classification system for beans using computer vision system and artificial neural networks. Journal of Food Engineering 78:897-904.
- Leiva, G., Mondragón, G., Mery, D., Aguilera, J.M. 2011. The automatic sorting using image processing improves postharvest blueberries storage quality. Proceedings of International Congress on Engineering and Food, Athens, Greece, Vol 1, 279-280.
- Li, J., Rao, X., Wang, F., Wu, W. Ying, Y. 2013. Automatic detection of common surface defects on oranges using combined lighting transform and image ratio methods. Postharvest Biology and Technology 82:59-69.
- Oliphant, T.E. 2007. Python for scientific computing. Computing in Science and Engineering, 9(3), 10-20.
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay, E. 2011. Scikit-learn: Machine Learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825-2830.
- Russ, J.C. 2011. The image processing handbook. CRC Press, 838 pp.
- Scikit-image, 2014. Image processing in Python. www.scikit-image.org. Erişim Tarihi: 17.11.2014.
- Sezgin, M., Sankur, B. 2004. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation Journal of Electronic Imaging, 13 (1), pp. 146–165.
- Vapnik, V. 1995. The nature of statistical learning theory. Springer-Verlag, New York, 314 pp.
- Wellner, P. 1993, "Adaptive Thresholding for the DigitalDesk" Rank Xerox Technical Report EPC-1993-110.
- Zhongzhi, H., Jing, L., Yougang, Z., Yanzhao, L. 2012. Grading System of Pear's Appearance Quality Based on Computer Vision. International Conference on Systems and Informatics, Yantai, 184 - 188.