

Bahçe Koşullarında Alınmış Renkli Görüntülerde Doku ve Şekil Öznitelikleriyle Genç Şeftali Meyvelerinin Saptanması

Ferhat KURTULMUŞ¹, Ali VARDAR¹, İsmail KAVDIR²

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

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Çanakkale
ferhatk@uludag.edu.tr

Özet: Görüntülerden elde edilen meyve sayısı ile ortalama meyve büyüklüğü bilgisinden yararlanarak verim ölçülebilmektedir. Olgunlaşmamış meyveleri renkli görüntü üzerinde saptamak oldukça zor bir işlemdir. Genç meyvelerin renkleri bir doğal bitki görüntüsünde en çok bulunan yaprak nesnelere çok yakındır. Bunun yanında bahçede doğal aydınlanma koşullarında elde edilen görüntülerde tekdüze olmayan aydınlanma, meyveleri tanımayı zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada sıradan renkli görüntülerden olgunlaşmamış şeftali meyvelerini tespit ederek sayabilecek algoritmalar geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla bilgisayarlı görme teknikleri, yapay sinir ağları ve istatistiksel sınıflandırıcılar kullanılmıştır. Geliştirilen algoritmalarla renkli görüntülerde genç şeftali meyveleri %80'ler düzeyinde başarıyla saptanabilmektedir.

Anahtar kelimeler: Bilgisayarlı görme, özmeve, görüntü işleme, istatistiksel sınıflandırıcılar

Detection of Immature Peach Fruits in Color Images Captured in Orchard Conditions Using Texture and Shape Features

Abstract: Yield information can be measured from fruit count in images using average fruit size. It is a difficult task to detect immature fruits in color images. Colors of the fruits are very similar to leaves which are abundant in natural canopy images. Additionally, uneven illumination of the images captured in orchard having natural illumination conditions makes fruit detection task difficult. Aim of this study was to develop algorithms to detect and count immature peach fruits in regular color images. With this purpose, computer vision techniques, neural networks and statistical classifiers were used. Immature peach fruits were successfully detected in color images using developed algorithms with success rates of around 80%.

Key words: Computer vision, eigenfruit, image processing, statistical classifiers.

GİRİŞ

Ülkemiz tarımı ve ekonomisinde dünyada üretimi en fazla yapılan meyveler içerisinde yer alan şeftali üretiminin önemli bir yeri vardır. Ülkemizde 2010 yılı verilerine göre yaklaşık 14 milyon adet şeftali ağacından yılda ortalama yaklaşık 545 bin ton ürün elde edilmektedir. FAO verilerine göre 2006 ile 2010 yılları arasındaki ortalama göz önüne alınırsa yıllık şeftali ihracatımız yaklaşık 10 bin tondur. Ağaç sayısı ve üretim yönüyle Marmara Bölgesi (Bursa başta olmak üzere) lider konumunda yer almaktadır. Yurtiçi ihtiyacın karşılanması ve ihracatın geliştirilmesi büyük ölçüde şeftali üretiminde verimin artırılmasına bağlıdır. (FAO 2010, Vural ve Turhan 2011).

Son yıllarda özellikle meyve bahçelerinin verim haritalarının çıkarılması ya da robotla hasat yöntemlerinde kullanılmak amacıyla meyvelerin doğal ortamında tanı-

mak ve/veya konumlamak için görüntü işleme ve bilgisayarlı görme yöntemleri araştırılmaktadır. Görüntülerden elde edilen meyve sayısı ile ortalama meyve büyüklüğü bilgisinden yararlanarak verim ölçülebilmektedir.

Erken verim haritaları, bitki gelişimi esnasında oluşturulduğundan tarım arazisinin herhangi bir parçasında saptanacak verim düşüklüğü erken müdahalelerle (ilaç, gübre, kültürel önlem vs.) dengelenebilmektedir. Ayrıca hasat işlemlerinin planlanması (hasat yatırım kararları) için hasat edilecek ürünün miktarı bilgisini sunmaktadır. Ürünün pazarlama stratejilerini belirlemek üzere de üreticiyi henüz bitki gelişiminin erken safhasında bilgilendirmektedir. Herhangi bir zirai yöntem ile verim alınmayacak kadar olumsuz koşullara sahip arazi kısımlarının da belirlenerek buralara gereksiz yatırımlar yapılmasını engelleyebilmektedir. Ancak erken verim haritalarını elde etmek, geleneksel yöntemler kadar kolay olmamaktadır.

Ürün veriminin bitkinin doğal ortamında, yani tarla-bahçede ölçülmesi gerekmektedir.

Olgunlaşmamış meyveleri görüntü üzerinde saptamak oldukça zor bir işlemdir. Genç meyvelerin renkleri bir doğal bitki görüntüsünde en çok bulunan yaprak nesnelere çok yakındır. Bunun yanında bahçede doğal aydınlanma koşullarında elde edilen görüntülerde tekdüze olmayan aydınlanma, meyveleri tanımayı zorlaştırmaktadır. Meyvelerin yapraklar tarafından kısmen veya tamamen örtülmesi meyve saptamayı zorlaştıran diğer bir etmenddir. Termal, multispektral ve hiperspektral gibi görüntüleme yöntemleri bazı araştırmacılar tarafından kullanılmış olsa da bu yöntemler uygulamada özellikle çiftçiler açısından oldukça büyük bir ekonomik yük getirmektedir.

Bu çalışmada Bursa başta olmak üzere ülkemiz için ekonomik değeri yüksek olan şeftali meyvesinin verim haritalamasına yönelik olarak bitkinin erken gelişme döneminde ve doğal ortamından alınmış sıradan renkli görüntülerinden olgunlaşmamış meyveleri tespit ederek sayabilecek algoritmalar geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla bilgisayarlı görme teknikleri, yapay sinir ağları ve istatistiksel sınıflandırıcılar kullanılmıştır. Ayrıca, genç meyveleri doğal ortamında tanımak ve algılamak üzere ayırt edici öznitelikleri saptamak, bu özniteliklerle farklı görüntü tarama, öğrenme-sınıflandırma algoritmalarının başarılarını ortaya koymak da bu çalışmanın amaçlarıdır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Şeftali meyvelerini renkli görüntüler üzerinde saptama amaçlı algoritmaların geliştirilmesi ve test edilmesi için görüntüler alınmak üzere Bursa Barakfaki köyünde yerel bir çiftçiye ait Elegance Lady çeşidi şeftali bahçesi seçilmiştir. Görüntü alımında standart bir CCD (charge-coupled device) renkli kamera kullanılmıştır. Kullanılan kameranın markası Nikon, modeli Coolpix L22'dir. Görüntüler çalışmanın amacına uygun olarak doğal aydınlanma koşullarında şeftalinin doğal bahçe koşullarında alınmıştır. Aydınlanma koşullarının çeşitlendirilmesi için görüntü alımı gün içerisinde farklı zamanlarda yapılmıştır. Doğal şeftali bitki örtüsü görüntüleri, algılama algoritmasını zorlayacak birçok görsel olasılığı direkt ve difüz aydınlanma koşulları dahil olmak üzere içermektedir. Çalışmada direkt ve difüz aydınlanma koşullarının algoritma performansları üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla şeftali ağaçlarının güneşli ve gölge taraflarından alınan görüntüler

alındıkları tarafa göre kaydedilmiştir. Görüntüler 2048x1536 piksel çözünürlükte toplanmıştır. Görüntü toplamada kamera ve bitki örtüsü arası mesafe yaklaşık 50 cm olarak korunmuştur.

Meyve tanıma algoritmalarının geliştirilmesi ve sıranması amacıyla alınan şeftali bitki örtüsü görüntülerinden rastgele olacak şekilde 32 görüntüden oluşan bir eğitim seti 64 görüntüden oluşan bir de test (doğrulama) seti oluşturulmuştur. Öznitelik çıkarma, görüntü tarama ve yapay sınıflandırıcılara ait katsayı ve diğer parametre değerleri eğitim seti kullanılarak belirlenmiştir. Test seti algoritma performanslarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

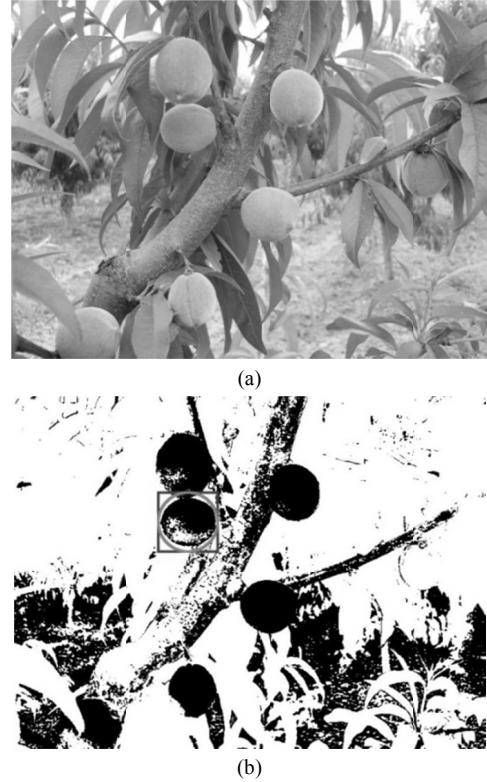
Doğal bahçe koşullarındaki alınan görüntülerin olumsuz değişken aydınlanma özelliklerini azaltmak ve görüntü aydınlanmasını zenginleştirmek amacıyla HSI renk modelindeki renkli görüntünün aydınlanmasını temsil eden yoğunluk (I) bileşenine histogram eşitleme ve logaritma dönüşümü işlemleri uygulanmıştır.

Doğal bitki örtüsü içerisindeki genç şeftali meyveleri görsel olarak arka plan nesnelileriyle oldukça yakın renklere sahiptir. Buna rağmen bu çalışmada alınan görüntüler üzerinde HSI, YCbCr, RGB gibi renk modellerinde renk bileşenlerinin histogram analizi yapılmıştır. Bu amaçla eğitim setinden genç şeftali meyveleri manuel olarak yalnızca meyve piksellerini içerecek şekilde kırılmıştır. Bu şekilde kırılan meyveler siyah arka planlı bir mozaik örnek görüntü üzerine sıralanmışlardır. Negatif örnek oluşturmak amacıyla da eğitim setinde bulunan görüntülerden arka plan piksel bölgeleri (meyve pikselleri içermeyen) yine manuel olarak rastgele bölgelerden kırılarak benzer şekilde bir başka mozaik görüntü oluşturulmuştur. Oluşturulan mozaik görüntülerin histogram eğrileri karşılıklı olarak incelenen renk bileşenleri için karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda H, Cb ve Cr renk bileşenlerinde histogram esaslı bir analiz sonucu meyve ve arka plan arasında düşüğe olsa ayırıcı özellikler gözlemlenmiştir. Bu yöntemle çalışmada geliştirilen ve kullanılan meyve tarama yöntemlerinin yararlandığı, meyve konumları ile ilgili ip uçları veren ikili (binary) görüntülerin oluşturulmasında H, Cb ve Cr renk bileşenleri için kullanılan eşik değerleri saptanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan birinci görüntü tarama yöntemi (GTY-1) görüntünün tamamının görüntü üzerinde kayan bir alt-pencere kullanılarak taranmasıdır. Bir alt-pencere görüntünün tamamı içerisindeki bir

yerel bölgeyi sınırlayan kare çerçeve olarak düşünülebilir. Geliştirilen bu yöntemde alt-pencerenin verilen bir adım mesafesinde yatay ve düşey yönlerde görüntüyü taraması sağlanmıştır. Bu adım mesafesi, eğitim setindeki görüntülerde herhangi bir ayırt edici meyve kısmını es geçemeyecek şekilde 20 piksel olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu yöntem birbirlerine çok yakın farklı meyvelerin tek bir meyve olarak algılanmasını önlenmesine yardımcı olmuştur. Tarama sürecinde her bir alt-pencere birbirinin içerisine geçmiş 3 farklı ölçekte kare çerçeveyi ifade etmektedir. Bunun anlamı görüntüler 3 farklı ölçekte taranmıştır. Bu işlem görüntülerde bulunan farklı boyutlardaki meyvelerin taranmasına yardımcı olmuştur. Kullanılan eğitim seti görüntülerindeki meyve boyutları 80-130 piksel (gerçek boyut olarak 4-5 cm) arasındadır. Bu yüzden iç içe geçmiş kare alt-pencere boyutları da 80 x 80, 100 x 100 ve 130 x 130 piksel olarak belirlenmiştir.

Bu görüntü tarama yöntemiyle görüntüyü oluşturan bütün alt-pencere taranmamıştır. Detayları sonraki bölümlerde açıklanan sınıflandırıcıların yanlış saptamalarını azaltmak amacıyla bir arka plan eleme yöntemi geliştirilerek izlenmiştir. Bu amaçla renk esaslı bir yöntem uygulanmıştır. Bir önceki kısımda tanımlanan renk histogramı esaslı görüntü ikilileştirmesi sonucu elde edilen ikili görüntü, görüntü tarama denemelerinde bir eleme şablonu olarak kullanılmıştır. Görüntü tarama esnasında renkli görüntüye karşılık gelen ikili görüntü üzerindeki alt-pencerenin içerdiği ve arka plan piksellerini temsil eden beyaz piksel oranı alt-pencerenin elenmesini sağlamıştır. Meyvelerin yuvarlak şekillerinden ilham alınarak bu oranın belirlenmesinde kare alt-pencerenin köşe pikselleri hariç tutulmuştur. Bunun için alt-pencere içerisinde bir dairesel ilgi bölgesi (circular region of interest) olarak tanımlanan teğet çemberden yararlanılmıştır. Teğet çember içerisinde bulunan beyaz piksellerin toplamının alt-pencereyi oluşturan toplam piksel sayısına oranı o alt-pencerenin elenip elenmemesi üzerine etkili olmuştur. Elenme kararı eşikleme yoluyla sağlanmıştır. Eğitim seti görüntüleri kullanılarak birçok olasılık denenmiş ve denemelerde eşik değeri 0,4 olarak kullanılmıştır. Şekil 1'de bir alt-pencere ve buna ait teğet çember görülmektedir. Bu yöntemde bir alt-pencere elendiğinde algoritmanın bundan sonraki aşamalarına devam edilmemekte ve bir sonraki alt-pencereye geçilmektedir.



Şekil 1. Bir renkli şeftali bitki örtüsü görüntüsü (a) ve görüntünün ikili temsili üzerindeki bir alt-pencere (b).

Çalışmada taranan görüntülerde görüntünün tamamının alt-pencerele taranması yerine arka plan bölgelerinin elenerek yalnızca potansiyel meyve alt-pencerele sınıflandırıcılar tarafından değerlendirilmesi amacıyla farklı bir görüntü tarama yöntemi araştırılmıştır. Böyle bir yöntemin yanlış saptamaları azaltacağı ve hesaplama sürelerinin iyileştirilmesine katkıda bulunacağı düşünülmüştür. Görüntü tarama yöntemi 2 (GTU-2), bir dizi görüntü işleme operasyonlarından oluşturulmuştur. İlk olarak daha önce açıklanan renk histogramı esaslı eşikleme ve görüntü ikilileştirmesi yöntemi uygulanarak renkli görüntüye karşılık gelen ikili görüntü elde edilmiştir. Burada yöntem 1'den farklı olarak meyve pikselleri "1" ile arka plan pikselleri "0" ile temsil edilmiştir. Şekil 2'de görülen oluşturulan ikili görüntü çıktısı arka plan ve meyve piksellerinden oluşan geniş bağlantılı ve bağlantısız beyaz piksel bölgelerini içermektedir. Meyveleri arama alanını daraltmak ve dolayısıyla potansiyel meyve bölgelerini çıkarmak amacıyla bu ikili görüntüye yapısal disk elemanı (structuring disk element) kullanılarak morfolojik açınım (morphological opening) uygulanmıştır.

Bir ikili görüntü I_{ikili} 'nin yapısal eleman B_{disk} ile morfolojik açınımı $I_{ikili} \circ B_{disk}$ ile gösterilmekte ve I_{ikili} 'nin B_{disk} ile aşınmasının (erosion) sonucunun B_{disk} ile genişmesi (dilation) olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik 1'de morfolojik açınımın matematiksel olarak ifadesi görülmektedir (Gonzales ve Woods 2002).

$$I_{ikili} \circ B_{disk} = (I_{ikili} \ominus B_{disk}) \oplus B_{disk} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de \ominus ve \oplus sırasıyla aşınma ve genişleme operatörleridir. Eğitim seti kullanılarak disk elemanı için en uygun disk yarıçapı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan düzgün disk şeklindeki yapısal elemanın yarıçapı 20 piksel olarak kullanılmıştır. Morfolojik açınımın sonuç çıktısı dairesel lekeler içeren diğer bir ikili görüntüdür. Bu yöntemin aşamaları Şekil 2'de görülmektedir.

Leke analizi yöntemi kullanılarak lekelerin ağırlık merkezleri konumlandırılmıştır. Görüntü tarama işleminde kare alt-pencereler konumlanan lekeler üzerine çakıştırılarak elde edilmiştir. Meyve saptama olasılığını artırmak amacıyla bulunan merkezlerin 4 adet 20 piksel mesafesindeki dikey ve yatay ortogonal komşuları da tarama sürecine dahil edilmiştir. İlk

bulunan merkez ve bunun komşularıyla birlikte 5 merkez de açıklanan ilk görüntü tarama yöntemine benzer şekilde 3 farklı ölçekte ele alınmıştır. Bu ölçekler ilk açıklanan meyve tanıma yöntemiyle aynı piksel ölçü değerlerine sahiptir. Bunun anlamı her bir potansiyel merkez 5×3 kadar alt-pencereye ayrılarak taranmıştır.

Doğal bitki örtüsü görüntüsündeki şeftali ve arka plan arasında ayırt edici özniteliklerin analizi için özniteliklerin meyve ve arka plan nesnelere ayrı ayrı hesaplanabilmesine imkan veren bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla eğitim seti görüntülerinde GIMP programı yardımıyla manuel olarak bütün meyveler alt-pencere yaklaşımına uygun olarak tek tek kare çerçeveler içerisine merkezlenerek kırılmıştır. Öznitelik hesaplamalarında negatif örnekleri oluşturmak üzere arka plandan da rastgele bölgelerden yaprak, dal, gövde, toprak ve gökyüzü piksellerini içeren kare çerçeveler meyveler gibi kırılmıştır. Bu şekilde 58 meyve ve 153 arka plan çerçevelerinden oluşan bir örnek havuzu oluşturulmuştur.



a)



b)



c)

Şekil 2. Görüntü tarama yöntemi 2'ye ait aşamalar (Örnek görüntü (a), ikilileştirme sonrası (b) ve morfolojik açınım sonrası elde edilen bir aday merkez açık tonlu çerçeveyle gösterilen bir ortogonal komşu ile birlikte).

Çalışmada görüntü tarama yöntemleri ile elde edilen ve potansiyel meyve bölgelerini temsil eden alt-pencerelerin meyve veya arka plan olarak sınıflandırılmasında doku ve şekil özelliklerini temsil eden öznelikler kullanılmıştır. Doku özneliklerini çıkarmak amacıyla istatistiksel bir yaklaşım olan, ilk defa Haralick ve ark. (1973) tarafından ortaya konulan ve farklı araştırmacıların katkılarıyla günümüze kadar 22 adet özneliğin ortaya konduğu GLCM (gray level co-occurrence matrix) doku analizi yöntemi kullanılmıştır (Soh ve Tsatsoulis, 1999; Clausi, 2002). Şekilsel öznelikleri çıkarmak için ise Turk ve Pentland (1991) tarafından ilk olarak insan yüzlerini sınıflandırmak amacıyla ortaya konan yaygın bir yüz tanıma yöntemi olan *ilkesel bileşenler analizi* esaslı *özyüz* yönteminden yararlanılmıştır. Önceki çalışmada bu yöntem *özmeyve* olarak yeniden tanımlanarak portakal meyvesinin şekilsel ayırımı için kullanılmıştır (Kurtulmuş ve ark., 2011). Bu çalışmada da portakal ve şeftali meyvelerinin nispeten benzer şekillerinden ilham alınarak şekilsel öznelik çıkarımında *özmeyve* yönteminden yararlanılmıştır.

Çalışmada kullanılan öznelik seti, eğitim seti görüntüleri üzerinde deneme yanılma yoluyla 22 adet GLCM ve *özmeyve* özneliklerinin çeşitli eşleşmelerinin performanslarının gözlemlenmesi ile elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan sınıflandırıcıların eğitiminde kullanılan öznelikler, 4 adet GLCM özneliği (kontrast, homojenlik, toplam ortalama, korelasyon bilgi ölçüsü 1) ve gri seviye *özmeyve* özneliği olmak üzere 5 adet özneliktir. Bu çalışmada hesaplanan özneliklerin sayısal şiddetleri -1 ve 1 değer aralığına eşitlik 2 kullanılarak normalize edilmiştir.

$$X_N = \frac{2(X' - X_{min})}{X_{max} - X_{min}} \quad (2)$$

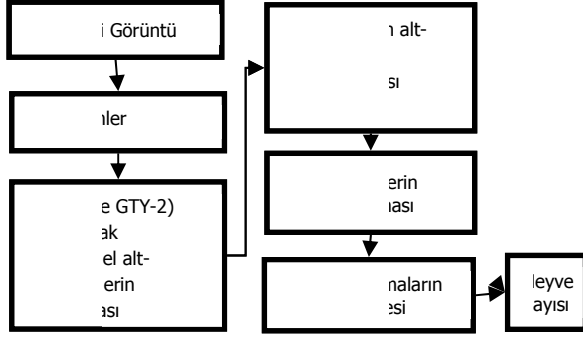
Burada X' normalize edilecek öznelik değeri, X_N normalize edilmiş değer, X_{min} ve X_{max} ise sırasıyla öznelik değerinin minimum ve maksimum değerleridir.

Bu çalışmada olgunlaşmamış şeftaliyi renkli görüntülerde saptamada çıkarılan özneliklerle farklı sınıflandırıcıların performanslarını ortaya koymak amacıyla 7 adet sınıflandırıcı eğitilerek denenmiştir. Bu sınıflandırıcıların bazıları parametrik bazıları ise parametrik

olmayanlardır. Geliştirilen görüntü tarama yöntemleriyle elde edilen alt-pencereler çıkarılan öznelikler kullanılarak bu sınıflandırıcılar tarafından sınıflandırılmışlardır. Diskriminant analizi, K-en-yakın komşu, sade Bayes, regresyon ağaçları, sınıflandırma ağaçları, yapay sinir ağları (YSA) ve destek vektör makinası (SVM) bu çalışmada kullanılan sınıflandırıcılardır. Bu sınıflandırıcılar arasından diskriminant analizi ve sade Bayes parametrik, diğerleri ise parametrik olmayan sınıflandırıcılardır.

Bu çalışmada kullanılan sınıflandırıcıların meyve tarama ve alt-pencereleri sınıflandırma işlemlerinde aynı meyveye karşılık gelen birbirine çok yakın aday alt-pencereleri meyve olarak sınıflandırmaları nedeniyle aynı meyveye ait çoklu saptamalar gerçekleşmiştir. Aynı meyveye karşılık gelen bu çoklu saptamaların tekilleştirilmesi için bir leke analizi yönteminden yararlanılmıştır. Bu amaçla denemelerde sınıflandırıcıların her bir saptama merkezi bir ikili görüntü üzerine kullanılan eğitim setine uygun olarak bulunan 20 piksel çapında lekelerle markalanmıştır. Bu lekeler, içi dolu daireler ile oluşturulmuştur. Bir görüntüye ait meyve tarama işlemi sonlandığında oluşan bu ikili görüntü üzerinde leke analizi yapılmış, temas eden lekelerden oluşan yeni lekeler tek bir meyve olarak kabul edilmiştir. Bulunan meyveleri temsil eden yeni lekelerin ana eksenlerinin orta noktaları meyve merkezleri olarak belirlenmiştir. Leke analizi yöntemiyle bu lekeler sayılarak görüntüdeki meyve sayıları ortaya konulmuştur.

Genel olarak geliştirilen algoritmalar bir renkli görüntüyü alıp yeniden boyutlandırma ve aydınlanma zenginleştirilmesi gibi ön işlemler uygulamakta, kullanılan meyve tarama yöntemine göre sırasıyla alt-pencereleri çıkararak o alt-pencerenin özneliklerini hesaplamakta ve önceden eğitilmiş sınıflandırıcıyı kullanarak sınıflandırmaktadır. Algoritmaların meyve olarak sınıflandırdığı alt-pencereler leke analiziyle tekilleştirilip meyve sayıları tespit edilmektedir. Algoritmaların genel olarak işleyişi Şekil 3'de görülmektedir.

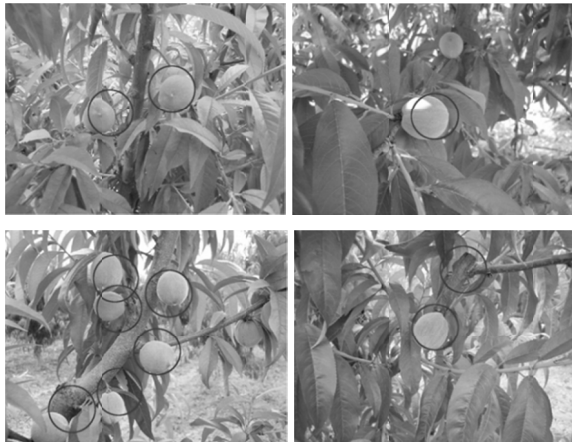


Şekil 3. Çalışmada geliştirilen algoritmaların genel işleyişleri

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Şekil 4’de çalışmada geliştirilen algoritmaların deneme sonuçlarına ilişkin bazı sonuç görüntüleri görülmektedir. Algoritmalara ait yüksek ve düşük saptama başarılarını gösteren (yanlış saptamalar ve saptanmayan meyveler içeren) sonuç görüntüleri şekilde görülmektedir.

GTY-1’in kullanıldığı algoritmaların deneme sonuçlarına ilişkin başarı oranları Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde test seti için en yüksek başarı (%77), sınıflandırıcı olarak YSA’nın kullanıldığı algoritmada elde edilmiştir. En iyi ikinci başarı yüzdesine %75’lik değeriyle diskriminant analizi sınıflandırıcısının kullanıldığı algoritma sahiptir. Bu algoritmalar arasında test seti için en düşük saptama başarıları yüzdesi (%9) regresyon ağacı sınıflandırıcısını kullanan algoritmanındır. Test seti için en yüksek yanlış pozitif yüzdesi (%18) YSA sınıflandırıcısının kullanıldığı algoritmada gözlemlenmiştir. K-en-yakın komşu ve sade Bayes sınıflandırıcılarının kullanıldığı algoritmalar en düşük yanlış pozitif yüzdesini (%4 ve %2) sağlamışlardır.



Şekil 4. Deneme sonuçlarına ilişkin bazı sonuç görüntüleri; İlk sırada GTY-1 kullanılarak oluşturulan algoritmalara ait sonuç görüntüleri, ikinci sırada GTY-2 kullanılan algoritmaların bazı sonuç görüntüleri.

Çizelge 1. GTY-1 kullanımıyla yedi adet sınıflandırıcıya ait deneme sonuçları.

GTY-1	Test seti (toplam meyve sayısı: 104)		
	Başarıyla saptanan Meyve sayısı (%)	Yanlış saptama Meyve sayısı (%)	Saptanmayan Meyve sayısı (%)
Diskriminant analizi	78	13	26
	(0,75)	(0,14)	(0,25)
K-en-yakın komşu	65	3	39
	(0,63)	(0,04)	(0,38)
Sınıflandırma ağacı	62	10	42
	(0,60)	(0,14)	(0,40)
Sade Bayes	45	1	59
	(0,43)	(0,02)	(0,57)
Regresyon ağacı	9	1	95
	(0,09)	(0,10)	(0,91)
YSA	80	18	24
	(0,77)	(0,18)	(0,23)
SVM	64	11	40
	(0,62)	(0,15)	(0,38)

GTY-2’nin kullanıldığı algoritmaların deneme sonuçlarına ilişkin başarı oranları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, en yüksek başarı (%81) sınıflandırıcı olarak YSA kullanıldığı algoritmada elde edilmiştir. En iyi ikinci başarı yüzdesine %75’lik değeriyle diskriminant analizi sınıflandırıcısının kullanıldığı algoritma sahiptir. Bu algoritmalar arasında test seti için en düşük saptama başarıları yüzdesi (%6) regresyon ağacı sınıflandırıcısını kullanan algoritmanındır. Test seti için en yüksek yanlış pozitif yüzdesi (%23) K-en-yakın komşu sınıflandırıcısının kullanıldığı algoritmada gözlemlenmiştir.

Deneme sonuçları incelendiğinde, GTY-2 kullanımıyla elde edilen meyve saptama performanslarının GTY-1’e göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum GTY-2’nin potansiyel meyve bölgelerinin konumlandırılmasını daha iyi sağlamasına anlamına gelmektedir. GTY-1 ve GTY-2 yöntemlerinin her ikisi de renk esaslı potansiyel meyve bölgelerini sağlamalarına rağmen, GTY-1 ile gerçekleştirilen arka plan elemesinin bazı meyve bölgelerini de hatalı olarak elelediği anlaşılmaktadır.

Çizelge 2. GTY-2 kullanımıyla yedi adet sınıflandırıcıya ait deneme sonuçları.

GTY-2	Test seti (toplam meyve sayısı: 104)		
	Başarıyla saptanan Meyve sayısı (%)	Yanlış saptama Meyve sayısı (%)	Saptanamayan Meyve sayısı (%)
Diskriminant analizi	78 (0,75)	6 (0,07)	26 (0,25)
K-en-yakın komşu	72 (0,69)	21 (0,23)	32 (0,31)
Sınıflandırma ağacı	43 (0,41)	3 (0,07)	61 (0,59)
Sade Bayes	30 (0,29)	1 (0,03)	74 (0,71)
Regresyon ağacı	6 (0,06)	0 (0,00)	98 (0,94)
YSA	84 (0,81)	12 (0,13)	20 (0,19)
SVM	43 (0,41)	2 (0,04)	61 (0,59)

Gerçekleştirilen şeftali saptama denemelerinde algoritmalar, eğitim ve test setlerindeki meyvelerin hepsini saptayamamışlardır. İstenmeyen yanlış saptamalar da meydana gelmiştir. Bu hatalı sınıflandırmaların temel nedenlerinden bir tanesi genç şeftali meyveleri ve doğal bitki örtüsü görüntülerindeki arka plan nesneleri arasındaki renk benzerliğidir. Doğal bahçe koşullarında alınan görüntülerde bazı yaprak renklerinin genç meyvelerin renklerine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Bazı toprak, ağaç gövdesi ve dalların renklerinin de genç şeftali meyvelerinkine oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden potansiyel meyve bölgelerini çıkarmak ve arka plan bölgelerini elemek üzere renk bilgisini kullanan görüntü tarama yöntemlerinin renk kaynaklı hatalı sınıflandırmaları gerçekleşmiştir.

Üst üste örtüşen nesnelere, bitki örtüsünde genç şeftali meyveleri saptamada karşılaşılan diğer bir zordur. Denemelerde yapraklar ve/veya diğer meyveler tarafından yüksek derecede örtülen bazı meyveler algoritmalar tarafından saptanamamıştır. Üst üste örtüşen nesnelere durumu kısmen aydınlatılan meyvelere benzer bir durum oluşturmuştur. Görüntülerde yer

alan bazı meyvelerin yüzeyleri yapraklar tarafından parçalara ayrılmıştır. Buna rağmen geliştirilen algoritmalar bu meyvelerin bazılarını saptayabilmişlerdir.

Çalışmada kullanılan sınıflandırıcıların performansları düşünüldüğünde, en yüksek performans sırasıyla YSA, diskriminant analizi ve K-en-yakın komşu sınıflandırıcılarının kullanıldığı algoritmalarda gözlemlenmiştir. En düşük saptama performansını regresyon ağacı sınıflandırıcısı sağlamıştır. Bu çalışmada kullanılan sınıflandırıcılar, kullanılan özniteliklerle (GLCM doku ve özmeve) farklı performanslar göstermişlerdir. YSA ve diskriminant analizi sınıflandırıcıları bu öznitelikler arasındaki interaksiyonlardan daha iyi faydalandıklarından, daha yüksek sınıflandırma başarıları sağlamışlardır.

SONUÇ

Bu çalışmada şeftali bahçesinde doğal aydınlanma koşullarında alınmış görüntüler kullanılarak, gelişmelerinin erken safhasındaki olgunlaşmamış şeftali meyvelerini renkli görüntülerde saptayarak sayan bilgisayarlı görme algoritmaları geliştirilmiştir. Görüntü işleme tekniklerinden yararlanarak geliştirilen algoritmalar renk, şekil ve doku bilgisini kullanılan öznitelik çıkarma yöntemleriyle görüntülerden çıkarmışlardır. Potansiyel meyve bölgelerini temsil eden alt-pencereler diskriminant analizi, K-en-yakın komşu, sade Bayes, regresyon ağaçları, sınıflandırma ağaçları, yapay sinir ağları ve destek vektör makinası sınıflandırıcılarıyla meyve ve arka plan olarak sınıflandırılmışlardır. Çalışmada aynı meyveye ait çoklu saptamalar leke analizi tekniğiyle tekilleştirilerek görüntülerdeki meyvelerin sayımı yapılmıştır. Olgunlaşmamış şeftaliyi doğal bitki örtüsü görüntülerinde saptama görevinin tek düze olmayan aydınlanma ve nesnelere üst üste örtüşmesi gibi kendine özgü zorluklarına rağmen, ortaya konulan algoritmaların test seti için %81'er düzeyinde saptama başarıyla olgunlaşmamış şeftalileri saptayabildikleri görülmüştür. Deneme sonuçları dikkate alındığında olgunlaşmamış şeftali meyvesinin doğal bahçe koşullarında standart CCD görüntüleme yöntemi kullanımıyla saptanabilmesinin umut verici olduğu sonucuna varılmaktadır.

LİTERATÜR LİSTESİ

Clausi, D.A. 2002. An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of grey level quantization. Can. J. Remote Sensing, 28(1):45-62.

FAO 2010. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

- Gonzalez, R.C., Woods, R.E. 2002. Digital image processing. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 793 pp.
- Haralick, R.M., Shanmugam, K., Dinstein, I. 1973. Textural features of image classification, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 3(6):610–621.
- Kurtulmuş, F., Lee, W.S., Vardar, A. 2011. Green citrus detection using 'eigenfruit', color and circular Gabor texture features under natural outdoor conditions. Computers and Electronics in Agriculture 78 (2011) 140–149.
- Soh, L., Tsatsoulis, C. 1999. Texture analysis of SAR sea ice imagery using gray level co-occurrence matrices. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 37(2):780–795.
- Turk, M., Pentland, A. 1991. Eigenfaces for recognition. Journal of Cognitive Neuroscience (3): 71–86.
- Vural, H., Turhan, Ş. 2011. Bursa ilinde şeftali üretiminin ekonometrik analizi. Uludağ Üni. Ziraat Fakültesi Dergisi, 25:(2), 1-6.