



Alınış tarihi (Received): 10.05.2017
Kabul tarihi (Accepted): 21.09.2017

Baş editor/Editors-in-Chief: **Ebubekir ALTUNTAŞ**
Alan editörü/Area Editor: **Bülent TURAN**

Yapraklı Ağaçlarda Trahe ve Liflerin Belirlenmesi

Halime BOZTOPRAK^{a,*} Mehmet Emin ERGÜN^b

^a*Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi/ Akseki Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı, Antalya-Turkey*

^b*Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi/ Akseki Meslek Yüksekokulu, Orman ve Orman Ürünleri Programı, Antalya-Turkey. e-mail: mehmet.ergun@alanya.edu.tr*

*Sorumlu yazar, halime.boztoprak@alanya.edu.tr

ÖZET: Görüntü işleme yöntemlerinin uygulama alanları her geçen gün artmakta ve endüstrinin farklı konulardaki problemlerine çözüm olmaktadır. Bu çalışmada odun anatomisi için önemli olan trahe ve liflerin belirlenmesinde görüntü işleme algoritmaları kullanılmıştır. Bu parametrelerin odunda bulunma miktarları odunun kullanım alanlarını etkilediği için önemlidir. Çalışmada, *Juglans regia* L. (adi ceviz) odununun enine kesitinden alınan mikroskopik görüntüler kullanılmıştır. Morfolojik işlemlerden ilk olarak görüntülerden traheler belirlenmiştir. Belirlenen trahe bölgeleri orijinal görüntüden çıkarıldıktan sonra lifler belirlenmiştir. Bu parametrelerin görüntüdeki miktarları ve yüzde oranları çıkarılmıştır. Çalışma sonucunda enine kesitten alınan görüntüye göre toplam hacmin %14 trahe, % 34'ü lif hücrelerinden oluştuğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler –Görüntü işleme, Odun anatomisi, Trahe, Lif, Morfolojik işlemler

Determination of vessel and fibers in hardwoods

ABSTRACT: Image processing methods solve the problems of different aspects of the industry and application areas of there are increasing day by day. In this study, image processing algorithms were used to determine the vessels and fibers that are important for wood anatomy. It is important that the amounts of these parameters affect the usage areas of wood. In the study, microscopic images taken from the cross section of *Juglans regia* L. (common walnut) wood were used. Morphological procedures were firstly traced from the images. The fibers were identified after the specified tracer areas were removed from the original image. The quantities and percentage ratios of these parameters were subtracted. As a result of the study, it was determined that the total volume was 14% trache and 34% fiber cells according to the image taken from the cross section.

Keywords – Image processing, Wood anatomy, Vessel, Fiber, Morphological processes

1. Giriş

Odun, yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunları olmak üzere 2 genel sınıfa ayrılmaktadır. İğne yapraklı ağaç türleri kozalaklılar olarak da adlandırılıp, hücrelerinin %90-%95'i boyuna traheidlerden ibarettir. İğne yapraklı ağaçlar, yapraklı ağaçlara nazaran daha basit hücresel yapıya sahiptir ve hücre sayılarının sınırlı olması nedeniyle türleri arasında ayırım yapmak zordur. Aksine, yapraklı ağaç türleri ise karmaşık hücresel yapıya sahiptirler ve

türler arasında açıkça ayırt edilebilecek hücrel farklılıklara sahiptir. Traheler, lifler, paranşim hücreleri ve özışınları hücrelerindeki farklılıkları oluşturan anatomik özellikler yapraklı ağaç türlerinin teşhisinde önemli rol oynamaktadır (Hermanson & Wiedenhoeft 2011). Yapraklı ağaç türlerinin her birinin benzersiz hücrel yapısı, türler arasında büyük farklılık göstermektedir (Bond, 2002).

Yapraklı ağaçların hacmini 4 tip hücre kapsamaktadır. Bu hücreler başlıca traheler, lifler, paranşima hücreleri ve öz ışınlarıdır. Ağaçlarda bu hücreler belirli oranlarda bulunur, bu oranlarda her ağaç için değişebilmektedir.

Odun hücrelerinden olan trahe, paranşim ve lif hücreleri ağacın kalitesini ve kullanım alanlarını etkileyen faktörlerdendir. Odun yoğunluğunun yetiştirme ortamı koşulları ile değişebileceği belirtilmiştir. Yoğunluğu düşük odunlar yumuşak ve hafif odunlardır, mekanik ve teknolojik özellikleri düşük, çekme ve gerilme kuvvetlerine karşı dirençleri azdır. Yumuşak ve hafif odunlar çoğunlukla mobilya sanayinde ve kaplamacılıkta tercih edilirken, sert ve yoğun odunlar örneğin; madencilikte, gemi ve makine sanayisinde ve demiryolu traversleri yapımında kullanılır (Bozlar ve ark., 2014).

Odun teşhisinde yaygın olarak kullanılan iki yöntem vardır. Bunlar geleneksel yaklaşım ve mikroskop yardımıyla teşhis teknikleridir. Odun örneklerinin yüzeyini renk, koku, sertlik ve ağırlık ile birlikte analiz etmek için çıplak gözle ve x2, x10 el lensleri kullanmak gibi geleneksel yaklaşımlar odunun tanısında geride bıraktığımız yıllar boyunca kullanılmıştır. Bununla birlikte, daha güvenilir sonuçlar için, odun numunelerinin mikro yapılarını farklı kesitlerde (radyal, enine ve teğet kesit) laboratuvarında mikroskop yardımıyla analiz edilmektedir (Baas ve diğerleri, 1989). Optik sistemin iyi odaklanmaması ya da farklı odak uzaklığında cisimlerin görüntü alanında bulunması görüntünün bulanık olmasına neden olmaktadır. Mikroskoptan alınan görüntüler genellikle odak bulanıklığı içermektedir. Bu görüntünün giderilmesi için otomatik odak ayarı yapamayan sistemler için Boztoprak (2016) çalışmasında görüntüdeki bulanık geçişlerden daha keskin geçişler elde etmiştir.

Günümüzde görüntü işleme teknikleri ilerleyen teknolojiyle beraber büyük bir ivme kazanmıştır. Bu ivme beraberinde görüntü işleme tekniklerinin daha hızlı ve doğru yapılabilmesine pozitif katkıda bulunmuştur. Fizik, sanat, biyomedikal, tıp, savunma sanayi ve otomobil sanayi gibi birçok alanda görüntü işleme tekniklerinden faydalanılmaktadır. Bu tekniğin uygulandığı çalışmalara örnek vermek gerekirse; görmeye dayalı sistemler (Reid ve Searcy, 1987; Sogaard ve Olsen, 2003), vejetasyon yapısının analizi (Zehm ve ark., 2003), yeşil bitki örtüsünün tespiti (Laliberte ve diğerleri, 2007; Zheng ve diğerleri, 2009), yabancı ot tanımlanması (Tellaache ve diğerleri, 2008; Bakker ve diğerleri, 2008), kültür bitkilerinin belirlenmesi (Onyango ve Marchant, 2003), ahşap deformasyonun saptanması (Sarigul ve diğerleri, 2003) ve meyve saplarının karakterizasyonu üzerine yapılan çalışmalar (Pla ve Juste, 1995) sayılabilir. Bu çalışmalarının yanında görüntü işleme teknikleri farklı ağaç türlerinin anatomik özelliklerini belirlemede kullanılmıştır. Güller (2005) yapmış olduğu çalışmada, görüntü analiz yöntemiyle kızılçam ve ladinde birim alandaki hücre sayısını tespit etmiştir. Bir diğer çalışmada Güller ve Fakir (2009), görüntü analiz yöntemiyle yapraklı ağaçlarda tür teşhisinde kolaylık sağlayabileceği ortaya konmuştur. Gurau ve arkadaşları (2013), restorasyona ihtiyaç duyan üç mobilya parçasından alınan numunelerin teşhisiyle ilgili bir çalışma yapmış olup, mikroskobik görüntüleri ImageJ görüntü analiz programı ile yorumlanan görüntüler literatürdeki verilerle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Mikroskobik görüntülerin incelenmesinde yeni metotlar önerilmiştir (Boztoprak, 2015).

Mikroskobik olarak alınan görüntüler üç şekilde değerlendirilebilir. Birincisi göz ile incelenmesidir. Birim alandaki trahe sayısının belirlenmesinde gözle trahelerin tek tek sayılması yoğun emek ve zaman istediğinden göz çok fazla yorulmaktadır. Sayımı yapan kişiye göre sonuç değişebilir. İkincisi, bu amaca yönelik hazırlanmış farklı bilgisayar programları ve algoritmaların kullanıldığı yöntemlerdir. Genellikle standart bir arayüze sahiptirler. Her aşamasında kullanıcı tarafından bilgi girişi veya seçim yapılması istenmektedir. Bu programlar bilgisayar yazılımı konusunda profesyonel olmayan ve farklı bilim dalına sahip bilim insanları için yararlı olmaktadır. Ancak, bilgisayar ile görüntü tanıma algoritmasını hazırlama ve test ederek kullanılabilir hale getirme oldukça profesyonellik gerektiren bir durumdur. Üçüncü yöntem ise, belirlenmek istenen yapıya uygun görüntü işleme tekniklerinden faydalanılarak otomatik, yarı otomatik olabilen sistemlerdir. Bu sistemler, odun anatomisi çalışmalarının kısa sürede ve daha kolay bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada odunun kullanım alanı için önemli olan trahe ve lif yapıları görüntü işleme yöntemleri kullanılarak çıkarılmıştır. İlk olarak görüntülerden traheler belirlenmiştir. Trahe bölgeleri orijinal görüntüden çıkarıldıktan sonra lifler belirlenmiştir. Çıkarılan bu parametrelerin oran ve dağılımları incelenmiştir.

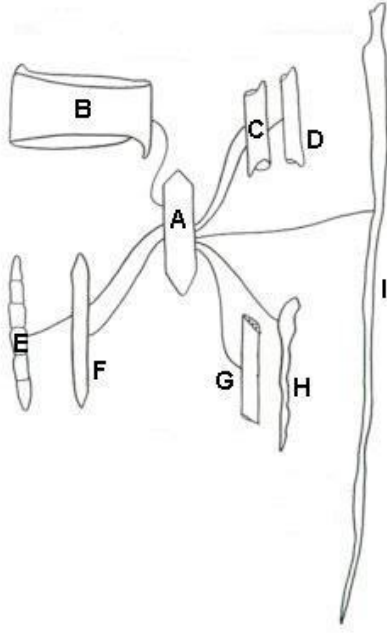
2. Materyal ve Yöntem

Görüntü işleme; çeşitli yöntemlerle görüntünün sayısallaştırılarak veri setlerine dönüştürülmesini sağlayan yöntemlerdir. Yapraklı ağaç odunlarının enine kesitindeki mikroskobik görüntüler kullanılarak trahe-lif boyutları ve oranları görüntü analizi ile incelenmiştir. Bu çalışmada, görüntüler matlab programı kullanılarak işlenmiştir.

2.1 Traheler ve lifler

Anatomik yapı içerisinde incelenen trahe ve lif hücresi ağacın kalitesini ve kullanım alanlarını etkileyen faktörlerdendir. Ağaçlarda bu hücreler belirli oranlarda bulunur, bu oranlarsa her ağaç için değişebilmektedir.

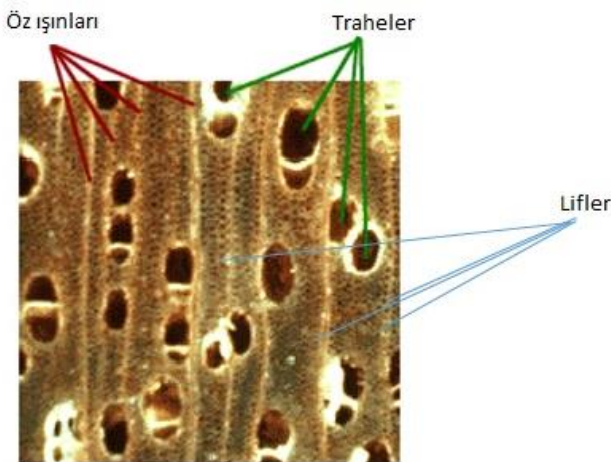
Trahe elemanları bütün yapraklı ağaç türlerinde bulunan hücrelerdir. Genel olarak odun liflerinden çapça çok daha geniştirler, trahe elemanları, traheler olarak bilinen uzun içi boş yapılardan liflere lif boyunca bağlanmaktadır. Boyuna yönde yapraklı ağaç elemanlarının görünümü Trahe, traheid, lif ve diğer hücrelerinin boyuna yönde görünüşü Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu hücreler ağaçta boyuna yönde yani ağacın dikili haldeki yönünde yerleşmiş hücrelerdir.



Şekil 1. Boyuna yönde yapraklı ağaç elemanlarının görünümü a) fusiform kambiyum hücresi, b) ilkbahar odunu trahe hücresi, c,d) yaz odunu trahe hücresi, e) boyuna paraşşima lifleri, f) fusiform paraşşima hücresi, g) vasküler traheid, h) vasisentrik traheid, ı) lif (Hoadley, 2000).

Figure 1. Appearance of hardwood elements in the longitudinal direction a) fusiform cambium cell, b) earlywood trache cell, c) d) latewood trache cell, e) longitudinal parenchyma fibers, f) fusiform parenchyma cell, g) vascular tracheid, h) vasisentric tracheid, ı) fiber (Hoadley, 2000).

Yapraklı ağaçların yapısını oluşturan elemanlarının görünümleri karşılaştırıldığında traheler diğerlerine nazaran daha geniş çapta bulunmaktadır. Özellikle, lifle karşılaştırıldığında daha net bir şekilde görülmektedir (Şekil 2).

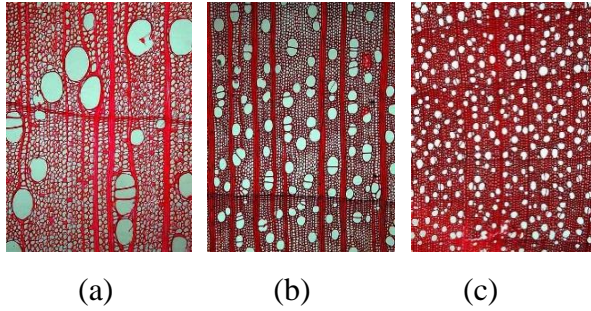


Şekil 2. Yapraklı ağaçların mikroskopik yapıda enine kesit görüntüsü (Hoadley, 2000).

Figure 2. Cross-sectional image of hardwood in microscopic structure (Hoadley, 2000).

Yapraklı ağaç odunlarını iğne yapraklı ağaç odunlarından ayırmak için birinci yol, trahelerin bulunmasıdır. Traheler esas itibariyle bütün yapraklı ağaçlarda bulunmaktadır. Fakat hiçbir iğne yapraklı ağaçta trahe bulunmamaktadır.

Yapraklı ağaçlarda trahe dağılışı halkalı, yarı halkalı ve dağınık olmak üzere üç farklı grupta toplanmaktadır. Bu üç grup Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Trahe hücrelerinin enine kesitteki görünüşü a) halkalı, b) yarı halkalı ve c) dağınık (Schoch ve ark., 2004).

Figure 3. Cross-sectional images of trache cells a) ring, b) semi-ring, c) diffuse porous (Schoch et al, 2004).

Enine kesitte; boyuna traheit, trahe, lif ve boyuna paransim hücrelerinin radyal ve teğet yöndeki genişliği, özışınlarının genişliği ve özışını hücrelerinin uzunluğu ve genişliği saptanabilir (Merev, 2003).

2.2 Morfolojik işlemler

Morfolojik işlemleri görüntünün objelerini belirgin haline dönüştürmek veya görüntünün objelerini ayırt etmek için kullanılmaktadır. İkili morfolojik operatörler görüntülerde eksik noktaların tamamlanması veya gürültü olarak nitelendirilebilen noktaların veya küçük nesnelerin kaldırılması gibi işlemlerde kullanılır.

Genişleme: Genişleme (dilation) işlemi temelde bir görüntüdeki nesneyi genişletmek veya kalınlaştırmak için kullanılır. Bu büyüme işleminin şeklini yapısal eleman tayin eder. Genişleme işleminin en basit uygulamalarından biri ikili görüntüdeki boşlukların kapatılmasıdır. $A \oplus B$ şeklinde gösterilen A'nın B ile genişleme işlemini ifade eder. Burada A ve B iki boyutlu tamsayı uzayının birer kümesidir. A ikili bir görüntü ve B elemanı “yapı elemanı (structuring element)” olarak belirtilen bir şablondur (Gonzales ve Woods, 2007).

$$A \oplus B = \{z | [(B)_z \cap A] \subseteq A\}$$

Aşınma: Aşınma (erosion) işlemi ise genişlemenin tersidir. Aşınma işlemi ile görüntüdeki bir nesneyi daraltma veya inceltme amaçlanır. Aşınma işlemi kullanılarak ikili görüntüdeki önemsiz ve küçük nesnelere ortadan kaldırılabilir. $A \ominus B$ şeklinde gösterilen iki boyutlu tamsayı uzayının birer kümesi olan A'nın B ile aşınma işlemi matematiksel olarak;

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$$

ifade edilmektedir (Gonzales ve Woods, 2002).

Açma ve kapama: Pratikte genişleme ve aşınma işlemleri çoğunlukta beraber, değişik kombinasyonlarla kullanılırlar. Yani görüntü farklı veya aynı yapısal maske elemanlarıyla bir dizi genişleme ve/veya aşınma işlemlerine tabii tutulabilir. Aşınma işleminden sonra genişleme işlemi uygulanarak açma (opening) işlemi gerçekleştirilir. Açma işlemi ile görüntü içindeki küçük ve önemsiz nesnelere ortadan kaldırılarak daha düzgün ve pürüzsüz bir görüntü elde edilir.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

Kapama (Closing) işlemi görüntü işlemede yakın noktaların birleştirilmesi, şekildeki girintilerin veya çıkıntıların yok edilmesi gibi gereksinimlerde kullanılır. Kapama işleminde, öncelikle genişleme işlemi yapılır. Daha sonra genişlemiş görüntüye aşınma işlemi uygulanarak kapama işlemi yapılır.

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

Kapama işlemi ise açmanın tersine kendisini aşınmanın takip ettiği bir genişleme işlemidir. Kapama işlemi de açmaya benzer olarak nesne sınırlarını yumuşatır. Açmadan farkı ise yapısal elemandan küçük olan girinti, kırık ve gözenekler kapatılır.

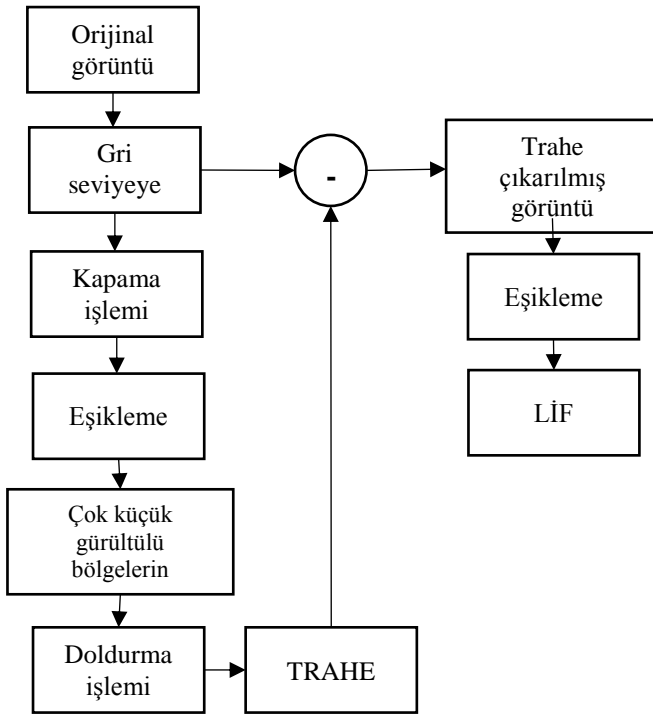
Boşluk doldurma: Boşluk doldurma (hole filling) nesne içindeki boşlukların doldurulması için uygulanır. Öncelikle belirlenen iterasyon sayısı kadar genişleme işlemi yapılır. Daha sonra elde edilen sonuç literasyon aşınma işlemine tabii tutulur. Aşınma sonucu giriş görüntüsüyle lojik VE işlemine tabii tutulur. Aşınma ve lojik VE işlemi görüntü değişmeyinceye kadar uygulanır. Sonuç olarak, görüntünün içindeki boşluklar doldurulur (Gonzales ve Woods, 2007).

2.3 Uygulanan Yöntem

Bu çalışmada odun anatomisi için önemli olan trahe ve liflerin belirlenmesinde görüntü işleme algoritmaları kullanılmıştır.

Görüntü bölütleme, görüntüdeki ilgili nesnenin arka plandan ayrıştırılması işlemidir. Görüntülerin bölütlenmesi yani trahe ve liflerin ayrıştırılması için eşikleme işlemi yapılmıştır. Eşikleme işlemi görüntü işleminin önemli işlemlerinden biridir. Özellikle görüntü içindeki nesnenin belirlenmesinde kullanılır. Bu teknikte bir eşik değeri seçilir ve görüntü piksel değerlerinin eşik değerinden büyük ya da küçük olmasına göre piksel grupları sınıflandırılır. Bölütleme neticesinde sadece aranan bölümlerin tutulması ve gereksiz kısımların görüntüden çıkarılması hedeflenir.

Görüntüden istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için görüntü bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gerekir. Görüntüye direkt olarak uygulanan eşikleme işlemi istenilen bölgelerin belirlenmesinde yeterince başarı sağlayamaz. Bölütleme işlemi, görüntünün tipine ve çalışmanın amacına uygun olarak seçilerek gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada görüntüye uygulanan işlemler sırasıyla Şekil 3'de gösterilmiştir. Gri seviyeye dönüştürülen görüntü kapama ve eşikleme işlemleri uygulanarak traheler belirlenmiştir. Belirlenen trahe bölgeleri orijinal görüntüden çıkarıldıktan sonra lifler eşikleme işlemiyle belirlenmiştir.

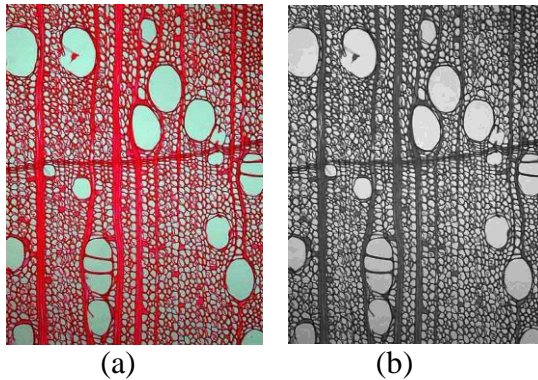


Şekil 3. Kullanılan yöntemin şematik gösterimi

Figure 3. Schematic representation of the method

3. Bulgular ve Tartışma

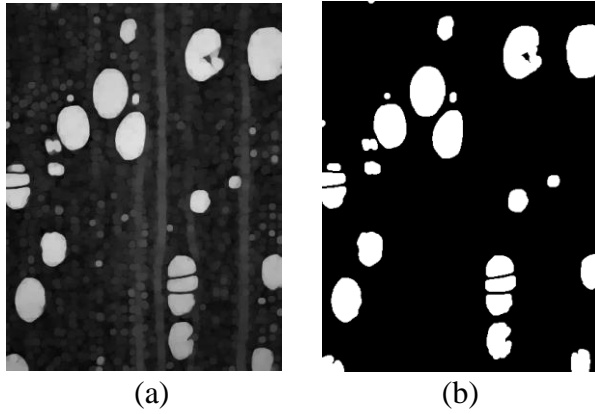
Çalışmanın yapıldığı Şekil 4'teki *Juglans regia* L. (adi ceviz) odununun enine kesit mikroskop görüntüleri online odun veri tabanından alınmış ve kullanılmıştır (Schoch ve ark., 2004). Mikroskobik ortamda enine kesitten alınan Şekil 4a'daki orijinal görüntü gri seviyeye dönüştürülmüştür (Şekil 4b). Traheleri belirlemek için kapama (closing) işlemi uygulanmıştır. Şekil 5a'da kapama işlemi uygulanmış görüntü gösterilmiştir. Trahe olamayacak kadar küçük bölgeler kapama işlemi sayesinde küçülecek veya kaybolacaktır. Böylelikle traheler daha kolay belirlenebilmektedir. Bununla birlikte, odun tanımlama için gözenek bölütlemesi üzerine sadece birkaç çalışma yapılmıştır (Qi ve diğerleri, 2008; Wang ve ark., 2009).



Şekil 4. a) Orijinal görüntü, b) gri seviye görüntü

Figure 4. a) Original image, b) gray level image

Kapama işleminden sonra görüntüye eşikleme işlemi uygulanmıştır. Görüntüden çok ufak ve gürültü olabilecek bölgeler silinmiştir. Doldurma işlemi yapılarak traheler belirlenmiştir (Şekil 5b).

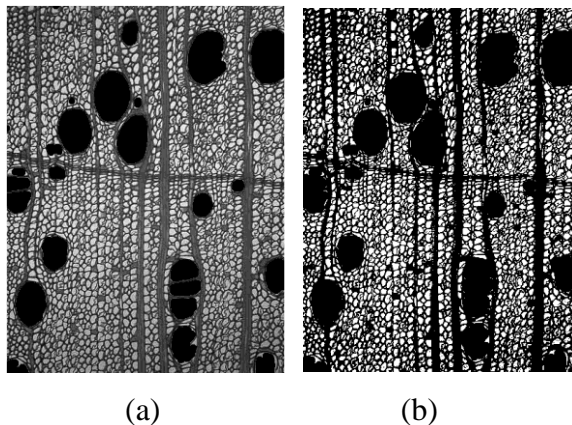


Şekil 5. a) Kapama işlemi b) eşikleme ve doldurma işlemleri uygulanmış görüntü
Figure 5. a) Closing operation, b) image with thresholding and filling operations.

Görüntülere önerilen yöntemin uygulanması ile elde edilen traheler Şekil 5b’de gösterilmiştir. Elde edilen traheler miktar ve büyüklük bakımından incelenmiştir. Trahelere ait özellikler otomatik olarak çıkarılmıştır.

Yapılan farklı bir çalışmada odun mikroskopik görüntülerinden gözeneklerin bölümlenmesi için değişken bir yapı elemanı ile temel matematik morfolojisi kullanılmıştır. Algoritmanın değerlendirilmesi için toplam 30 farklı örnek kullanılmıştır. Çoğu durumda iyi sonuç verdiği belirtilmiştir (Pan ve Kudo, 2011).

Belirlenen trahe bölgeleri orijinal görüntüden çıkarıldıktan sonra lifler belirlenmektedir. Şekil 6a’da orijinal görüntüden belirlenen trahelerin çıkarılması sonucu elde edilen görüntü gösterilmiştir. Traheleri çıkarılan bu görüntüye eşikleme işlemi uygulanmıştır. Şekil 6b’de elde edilen lif bölgeleri gösterilmiştir.



Şekil 6. a) Traheleri çıkarılan görüntü, b) lifler
Figure 6. a) Traches removed from image, b) fibers

Görüntülerden elde edilen lif ve trahe hacimleri çıkarılarak bunların oranları hesaplanmıştır. Trahelerle karşılaştığımızda lifler diğerlerine nazaran daha küçük çaplı

ve kalın çeperlidir. Yapraklı ağaçların hacminde lifler %15–60 oranında değişiklik göstermektedir. Genellikle, lifler kâğıt üretiminde en çok öneme sahip hücrelerdir.

Çizelge 1. Trahe ve lif miktarları

Table 1. Trache and fiber quantities

	Miktar	Yüzde
Trahe	29205	% 13,70
Lif	72677	% 34,09

Juglans regia L. (adi ceviz) ait görüntüden elde edilen sonuçlar Tablo1’de verilmiştir. Bu ceviz türü için %14 trahe, % 34 lif oranları bulunmuştur. Programa giriş olarak verilen görüntüden, çıkış olarak trahe ve lif oranlarını alınmaktadır.

4. Sonuç

Yapraklı ağaç odunlarının enine kesitinden alınan mikroskobik görüntüler kullanılarak trahe-lif miktarları ve oranları görüntü analizi ile incelenmiştir. Morfolojik işlemler kullanılarak trahe ve lif yapıları ayrıştırılmıştır. Yöntem, klasik ölçüm yöntemlerine göre daha pratiktir. Bu yöntemle daha hızlı ve kolay bir şekilde ölçüm yapmak mümkündür. Önerilen yöntemde ölçüm otomatik yapıldığı için göz çok fazla yorulmamaktadır. Bir sonraki aşama, diğer anatomik özelliklerin ölçümlerinin de dahil edildiği bir sistem geliştirmektir.

Kaynaklar

- Baas, P., & Vetter, R. E. (1989). Growth rings in tropical trees. IAWA bull./Intern. Assoc. of Wood anatomists, 10, 2.
- Bakker, T., Wouters, H., Asselt van, K., Bontsema, J., Tang, L., Muller, J., Straten van, G., 2008. A vision based row detection system for sugar beet. Computers and Electronics in Agriculture 60 (1), 87–95.
- Bond, B., 2002. Wood identification for hardwood and softwood species native to Tennessee. Agricultural Extension Service, University of Tennessee.
- Bozlar, T., Gerçek, V., Yılmaz, S., & Usta, 2014. A. Kızılağaç Plantasyonlarında Odunun Anatomik Özellikleri Üzerine Yetiştirme Ortamının Etkileri, II. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta
- Boztoprak H., 2016. Odak Bulanıklığın Giderilmesi, INES 1. International Academic Research Congress, 3-5 Kasım 2016, Antalya.
- Boztoprak H., Özbay Y., 2015. A new method for segmentation of microscopic images on activated sludge, Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 23: 2253 – 2266.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., 2007. Digital Image Processing. Prentice Hall, 3rd edition.
- Gurau, L., Timar, M. C., Porojan, M., & Ioras, F., 2013. Image processing method as a supporting tool for wood species identification. Wood and fiber Science, 45(3), 1-11.
- Güller, B., 2005. Görüntü Analizi Yöntemi İle Milimetre Karedeki Traheid Sayısının Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, S: 132-142.
- Güller, B., Fakir, H. 2009. Geniş Yapraklı Ağaçlarda Görüntü Analizi Yöntemi İle Trahe Çapı Ve Birim Alandaki Trahe Sayısının Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, S: 83-94.
- Hermanson, J. C. and Wiedenhoft A. C., 2011. A brief review of machine vision in the context of automated wood identification systems. IAWA J. 32(2): 233–250.
- Hoadley, R. B. 2000. Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology. Taunton press.
- Laliberte, A.S., Rango, A., Herrick, J.E., Fredrickson Ed, L., Burkett, L., 2007. An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green vegetation with digital plot photography. Journal of Arid Environments 69 (1), 1–14.
- Merev N., 2003. Odun Anatomisi, Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi, genel yayın no:209, ISBN:975-6983-29-9, Trabzon.

- Onyango, C., Marchant, J.A., 2003. Segmentation of row crop plants from weeds using colour and morphology. *Computers and Electronics in Agriculture* 39 (3), 141–155.
- Pan, S., & Kudo, M., 2011. Segmentation of pores in wood microscopic images based on mathematical morphology with a variable structuring element. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75(2), 250-260.
- Pla, F., Juste, F., 1995. A thinning-based algorithm to characterize fruit stems from profile images. *Computers and Electronics in Agriculture* 13 (4), 301–314.
- Qi, H., Chen, F., Wang, H., 2008. Analysis of quantitative pore features based on mathematical morphology. *Forestry Studies in China* 10 (3), 193–198.
- Reid, J., Searcy, S., 1987. Vision-based guidance of an agricultural tractor. *IEEE Control Systems Magazine* 7 (2), 39–43.
- Sarigul, E., Lynn Abbott, A., Schmoldt, D., 2003. Rule-driven defect detection in CT images of hardwood logs. *Computers and Electronics in Agriculture* 41 (1), 101–119.
- Schoch, W., Heller, I., Schweingruber, F.H., Kienast, F., 2004. Wood anatomy of central European Species. Online version: www.woodanatomy.ch.
- Sogaard, H.T., Olsen, H.J., 2003. Determination of crop rows by image analysis without segmentation. *Computers and Electronics in Agriculture* 38 (2), 141–158.
- Tellaeche, A., Burgos-Artizzu, X.P., Pajares, G., Ribeiro, A., 2008. A vision based method for weeds identification through the Bayesian decision theory. *Pattern Recognition* 41 (2), 521–530.
- Wang,H., Qi, H., Li, W., Zhang, G., Wang,P., 2009. AGA-based automatic pore segmentation algorithm. In: Paper Presented at the Summit on Genetic and Evolutionary Computation, Shanghai, China, 2009.
- Zehm, A., Nobis, M., Schwabe, A., 2003. Multiparameter analysis of vertical vegetation structure based on digital image processing. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 198 (2), 142–160.
- Zheng, L., Zhang, J., Wang, Q., 2009. Mean-shift-based color segmentation of images containing green vegetation. *Computers and Electronics in Agriculture* 65 (1), 93–98.