

Tarım Alanlarında Doğrusal Odunsu Bitki Gruplarının Otomatik Sezimi

Automatic Detection of Linear Woody Vegetation in Agricultural Areas

H. Gökhan Akçay, Selim Aksoy

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilkent Üniversitesi, Bilkent, 06800, Ankara

{akçay, saksoy}@cs.bilkent.edu.tr

Özetçe

Tarım alanlarının otomatik haritalanması ve izlenmesi önemli bir araştırma konusudur. Bu bildiride, çok yüksek çözünürlükteki uydu görüntülerinde doğrusal şeritler halindeki odunsu bitki gruplarının otomatik olarak sezilmesi için bir yöntem sunulmaktadır. Yöntem, öznitelik çıkarma ve karar verme adımlarını sıradüzensel bir şekilde uygulayarak spektral, doku ve nesne şekil bilgisini birarada kullanmaktadır. Farklı özellikte alanlardan elde edilen Quickbird görüntüleri üzerinde yapılan deneyler tatmin edici başarımlar göstermektedir.

Abstract

Automatic mapping and monitoring of agricultural landscapes is an important research problem. In this paper, we present a method for automatic mapping of linear strips of woody vegetation in very high-resolution imagery. The method combines spectral, textural and object shape information using hierarchical feature extraction and decision making steps. Experiments on Quickbird imagery from different sites show promising detection performance.

1. Giriş

Tarımsal çalışmalar ülkelerin çevresel idaresinde ve ekonomik gelişmesinde önemli bir rol oynar. Avrupa Birliği'nde çapraz uyum standartları ve bu standartları yürütmeye yönelik programlar çiftçileri kendi tarlalarının idare edilmesine ek olarak çevre ve doğal ortamın korunmasına zorlamaktadır. Bu standartların ve kuralların uygulanmasına yardımcı olmak için tarımsal gözetleme ve değişiklik sezimine yönelik otomatik ve gürbüz uzaktan algılama yöntemleri geliştirme önemli bir araştırma problemidir. Bu çalışmada ilgi duyulan hedef nesneler tarımsal alanları birbirinden ayıran "doğrusal şeritler halindeki odunsu bitki grupları"dır. Bu nesneler arazi parçaları arasında veya yol kenarları ile sınır oluşturmak amacıyla bir sıra halinde sık olarak dikilen çalı veya ağaçlar ve ırmak veya nehir kıyısında yetişen bitkiler olarak tanımlanmaktadır.

Yeryüzü yapılarının sınıflandırılması geleneksel olarak piksel düzeyinde birden çok sınıfı birbirinden ayıran istatistiksel yöntemlerle yapılmaktadır. Fakat, amaç bütün yeryüzü şekillerinin sınıflandırılması olduğunda, tek tek ağaçların veya ağaç gruplarının belirlenmesi çok doğru olmamaktadır. Ayrıca, her bir sınıf için yeteri kadar örnek bulmak her zaman mümkün olmamakta, ve bu sınıflandırıcılar

Bu çalışma TÜBİTAK KARIYER 104E074 numaralı proje tarafından desteklenmiştir.

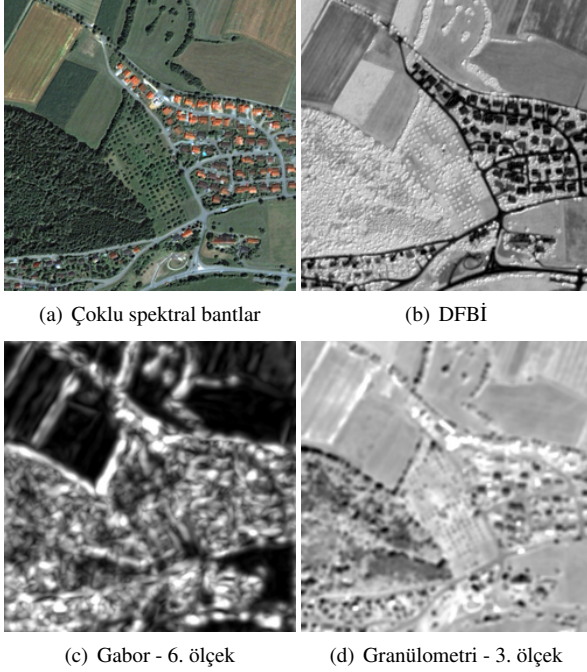
çok sayıda sınıf için, özellikle bazıları görünüş olarak yüksek değişim gösteriyorsa, iyi genelleme yapamamaktadır. Önceden tanımlanmış nesnelerin sezilmesinde sıkça kullanılan diğer bir yöntem ise sezimin, bir şablonun görüntü üzerinde gezdirilmesi ve ilinti [1] gibi bir benzerlik ölçüsü kullanarak her bir noktadaki uyumun ölçülmesiyle yapıldığı şablon eşleştirmesidir. Fakat, bu şablonlar genelde büyüklük, şekil ve yeşinlik olarak sabittir, ve sezim algoritmasının ölçek, dönüş ve aydınlatma değişmezliği ile ilgili olarak sorunlar yaşamasına neden olmaktadır. Son olarak, genel nesne tabanlı sınıflandırma da burada uygun değildir çünkü bütüncü bir analiz önce bütün görüntüyü kapsayan bir bölütleme gerektirmektedir, ama çok yüksek çözünürlükteki görüntülerin doğru olarak bölütlenmesi hala çözülmemiş bir problemidir.

Quackenbush [1] görüntülerde doğrusal yapıların sezim yöntemlerinin bir incelemesini yayınlamıştır. Gözde yöntemler matematiksel biçimbilim, Hough dönüşümü, birden çok çözünürlükte kenar sezimi, şablon eşleştirme, kenarları bağlamak için dinamik programlama, ve kural-tabanlı sınıflandırmadır. Bu yöntemlerin çoğu görüntüdeki yolları bulmak için geliştirilmiştir. Fakat, bu yöntemler doğrusal şeritler halindeki odunsu bitki gruplarını sezmek için doğrudan uygulanamamaktadır çünkü yolların sınırlarını oluşturan kenar çiftlerini teşkil eden doğrudan ve paralel doğruların varlığını varsaymaktadır. Oysa sık dokuya sahip tarımsal bölgeler çoğu zaman hem sınırlar içerisinde hem sınırlarda birçok küçük doğru parçası meydana getirmekte, ve bitkisel bölgelerin sınırları üzerinde bulunan kenarlar çok fazla düzensizlik göstermektedir.

Çok yüksek çözünürlükteki uydu görüntülerindeki ayrıntılı içerik ve büyük çaptaki kapsama alanı önceden tanımlanmış farklı nesnelerin sezimi için yeni yöntemlerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu bildiride, sıradüzensel öznitelik çıkarma ve karar verme adımlarını kullanarak spektral, dokusal ve nesne şekil bilgisinden yararlanan algoritmalar önermekteyiz. Avrupa'daki birkaç bölgeden elde edilen pankromatik ve çoklu spektral bilgiye sahip Quickbird görüntüleri üzerindeki deneyler, önerilen algoritmaların doğrusal şeritler halindeki odunsu bitki gruplarının doğru belirlenmesini sağladığını göstermektedir.

2. Öznitelik Çıkarılması

Spektral öznitelik yeşil bitkilerin görüntünün geri kalanından ayırt edilmesinde kullanılmıştır. Doku öznitelikleri ise aynı spektral tepkiye sahip fakat farklı uzamsal yapıya sahip alan-



Şekil 1: Bir görüntünün 1000×1000 boyutlarında bir parçası için örnek öznelitlikler.

ları birbirinden ayırarak piksel komşuluklarını modellemekte etkilidir. İki dokusal özelliğin önemli olduğu gözlemlenmiştir: tek tek ağaçların dizilimi ve doğrusal yapıların etraflarına göre görünüşü. Böylelikle aşağıdaki spektral ve dokusal öznelitlikler gözönüne alınmıştır.

Düzgelenmiş fark bitki indisi: Düzgelenmiş fark bitki indisi (DFBİ) [2] basit bir yöntem olmakla birlikte fotosentez yapan bitkileri saptamada etkili bir öznelitlik. Spektral veri üzerinden hesaplanan DFBİ yeşil bitkileri yeryüzünün geri kalanından ayırmakta kullanılmıştır.

Gabor öznelitlikleri: Gabor öznelitlikleri gri tonlu bantta farklı ölçek ve yönlerdeki süzgeçlerin uygulanması ile çıkarılmaktadır [3]. Kullanılan ölçekler odunsu bir bitki grubundaki tek tek ağaçların ince dokusunu ve tarımsal alanlar içerisindeki doğrusal yapıların büyük dokusunu içermeye yönelik tasarlanmıştır. Farklı yönlerdeki dokularda yön değişmezliğini sağlamak için her bir ölçekte farklı yönlerdeki bütün süzgeçlerin tepkileri arasından en büyük olanı kullanılmıştır.

Granülometri öznelitlikleri: Granülometri artan boyutlarda yapısal öğeler kullanılarak görüntü üzerinde biçimbilimsel açma ve kapama işlemleri uygulanarak elde edilmektedir [4]. Yerel granülometreler boyut dağılımlarını temsil etmek için her bir açma ve kapamadan sonra görüntü üzerinde kaydırılan pencereler içerisindeki piksel değerlerinin toplanmasıyla hesaplanabilir.

Öznelitlik örnekleri Şekil 1’de gösterilmektedir.

3. Aday Nesnelerin Belirlenmesi

Öznelitlikler çıkarıldıktan sonra, bu öznelitliklere yüksek tepki veren görüntü bölgelerini bulmak amaçlanmıştır. Daha sonra

Tablo 1: Farklı öznelitlik kombinasyonları ve Gauss sınıflandırıcısı kullanarak odunsu ve odunsu olmayan bitkiler için sınıflandırma doğruluk oranları.

Spektral	Gabor	Granülometri	Doğruluk (%)
X			82.95
X			85.59
	X		80.82
	X		80.77
		X	83.52
		X	85.57
X	X		91.45
X	X		91.58
X		X	92.18
X		X	92.16
X	X	X	92.27
X	X	X	93.69

bu bölgeler aday hedef nesneler olarak gözönüne alınmıştır. Bu amaçla, iki kademeli bir karar yöntemi uygulanmıştır. Öncelikle, DFBİ üzerine bir eşik kullanılarak yeşil bitkiler yeryüzünün geri kalanından ayrılmıştır.

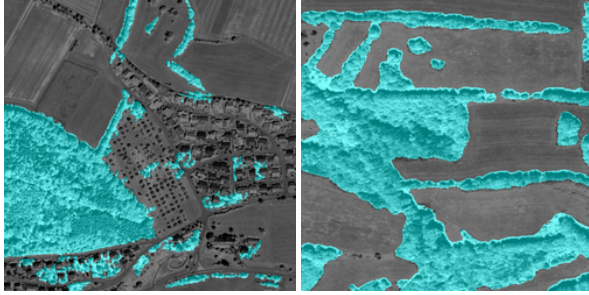
Bir sonraki aşama, elde edilen bitki maskesi üzerinde doku öznelitlikleri kullanılarak aday nesneleri belirlemektir. Bu amaçla, bazı görüntü bölgeleri odunsu ve odunsu olmayan bitki pikselleri şeklinde elle işaretlenmiştir. Bir ayırtaç fonksiyonu eğitmek amacıyla üç farklı ülkeye ait görüntülerden toplanan rasgele seçilmiş piksellerden oluşan bir altküme kullanılmış ve başka bir altküme de sağlama için kullanılmıştır. Eğitilen ayırtaç fonksiyonu pikselleri odunsu bitkilere ait olup olmasına göre sınıflandırmıştır.

Tablo 1, farklı öznelitlik kombinasyonları ve Gauss sınıflandırıcısı için doğru sınıflandırma oranlarını göstermektedir. Öznelitlikler arasından dokusal öznelitlikler ile çoklu spektral bantları birleştirmek her bir öznelitlik türünü ayrı ayrı kullanmaktan daha iyi bir başarımla göstermiştir.

Odunsu bitkilere ait pikseller bulunduğundan sonra aday bölgeleri bulmak amacı ile bağlı bileşen analizi uygulanmıştır. Örnek sınıflandırma sonuçları Şekil 2’de gösterilmektedir.

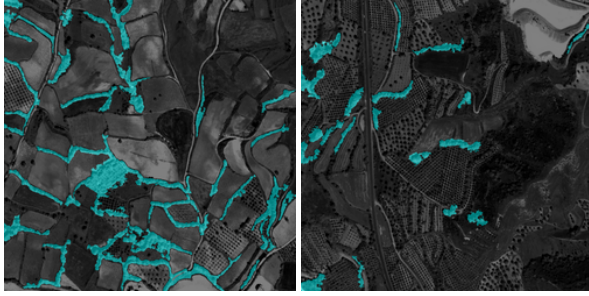
4. Hedef Nesnelerin Belirlenmesi

Aday nesneler bulunduğundan sonra, doğrusal şeritler halindeki odunsu bitki gruplarını bulma işlemi ise şekil bilgisi kullanılarak yapılmıştır. Hedef odunsu bitki grupları daha büyük ağaç gruplarına bağlı olarak veya yalnız başlarına bulunabilmektedir. Aday bölgeler içinden doğrusal yapıları elde etmek için önce her bir aday bölgenin iskeleti bulunmuştur. Daha sonra, doğrusal yapıların olası büyüklüklerinden daha küçük ve daha büyük olmak üzere birkaç yapısal öğe oluşturulmuş ve biçimbilimsel işlemlerle doğrusal odunsu bitki grubuna ait olmadığı bilinen büyük bölgeler ve bu bölgelere ait iskeletler atılmıştır. Bu amaçla aday nesneler üzerine biçimbilimsel top-hat dönüşümü uygulanmıştır. (Biçimbilimsel top-hat dönüşümü, görüntü ve bu görüntünün özel bir yapısal öğe ile biçimbilimsel açma işlemi uygulanması ile elde edilen sonucu arasındaki fark ile bulunmaktadır. Böylelikle, yapısal öğenin sığmadığı görüntü yapıları atılmaktadır.)



(a) Almanya

(b) Çek Cumhuriyeti



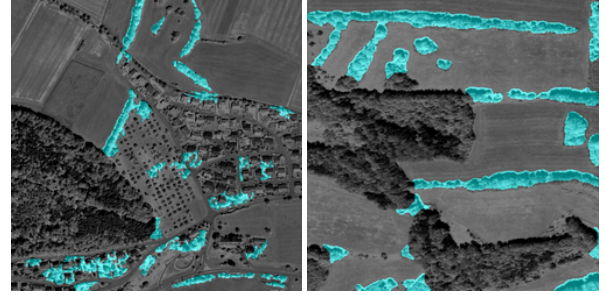
(c) Kıbrıs-1

(d) Kıbrıs-2

Şekil 2: Almanya, Çek Cumhuriyeti ve Kıbrıs görüntülerinden 1000×1000 boyutlarında kesilen sahneler için örnek sınıflandırma sonuçları. Odunsu bölge olarak tespit edilen görüntü alanları renklendirilmiştir.

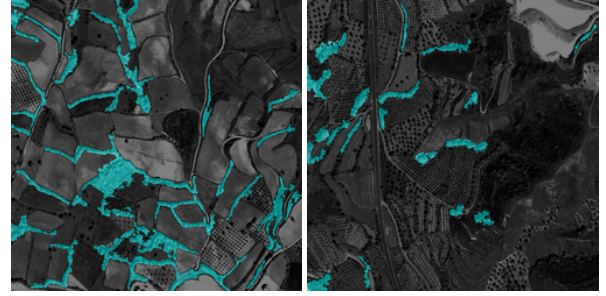
İlk top-hat dönüşümü yarıçapı 50 olan daire şeklinde bir yapısal öge kullanılarak hesaplanmıştır. Bu, 100 piksel (60 metre) genişliğe karşılık gelmektedir ve kabul edilebilir bir doğrusal odunsu bitki grubundan daha geniş yapıları tespit etmekte kullanılmıştır. İkinci top-hat dönüşümü yarıçapı 5 olan daire şeklinde bir yapısal öge ile hesaplanmıştır. Bu ise, 10 piksel genişliğe karşılık gelmektedir ve genişliği en az 6 metre olan yapıları tespit etmekte kullanılmıştır. İlk top-hat dönüşümü sonucuna dahil olmayan ve ikinci top-hat dönüşümü sonucuna dahil olan yapılar aday hedef nesneler olarak gözönüne alınmıştır. Biçimbilimsel top-hat süzgeci sonuçlarına ait örnekler Şekil 3'te gösterilmektedir.

Aday hedef nesnelere ait en son iskelet, bağlantı noktalarıyla birbirlerinden ayrılan kesitlerden oluşmaktadır. Bu aşamada girdi, her bir kesite denk gelen birbirine bağlı noktalardan ve bu noktaların iskelet üzerindeki yarıçaplarından oluşan bir listedir. Her bir kesit tek başına doğrusal olabileceği gibi, tamamıyla doğrusal olmayıp bu kesite ait doğrusal altkesitler de bulunabilir. Amaç, yeteri kadar doğrusal altkesitleri bulmaktır. Doğrusallığı ölçmek için her bir altkesitteki yarıçapların artan, azalan veya sabite yakın olduğu ve noktalarının yarıçapları sabite yakın olan altkesitlerin doğrusal olduğu varsayılmıştır. Daha sonra, her bir kesit üzerinde ilerlenerek kesit üzerindeki noktalar üzerine doğrular oturtulmuştur. Verilen n nokta ve yarıçapları $r_i, i = 1, \dots, n$, için, düz bir doğru, a ve b doğru parametreleri olmak üzere, $r = ai + b$ fonksiyonuyla modellenmiştir. Bir doğrunun n nokta üzerine ne kadar



(a) Almanya

(b) Çek Cumhuriyeti



(c) Kıbrıs-1

(d) Kıbrıs-2

Şekil 3: Biçimbilimsel top-hat süzgeci kullanılarak küçük ve büyük bölgelerin atılmasına ait örnek sonuçlar.

iyi oturduğunun ölçüsü en küçük kare hatası (EKKH) kriteri

$$EKKH = \sum_{i=1}^n (ai + b - r_i)^2 \quad (1)$$

ile hesaplanmıştır. Burada $ai + b - r_i$, i 'inci nokta ve doğru arasındaki cebirsel uzaklıktır. (1) numaralı formülü enküçültlen a ve b doğru parametreleri, kısmi türev alınarak ve bilinmeyenlerin

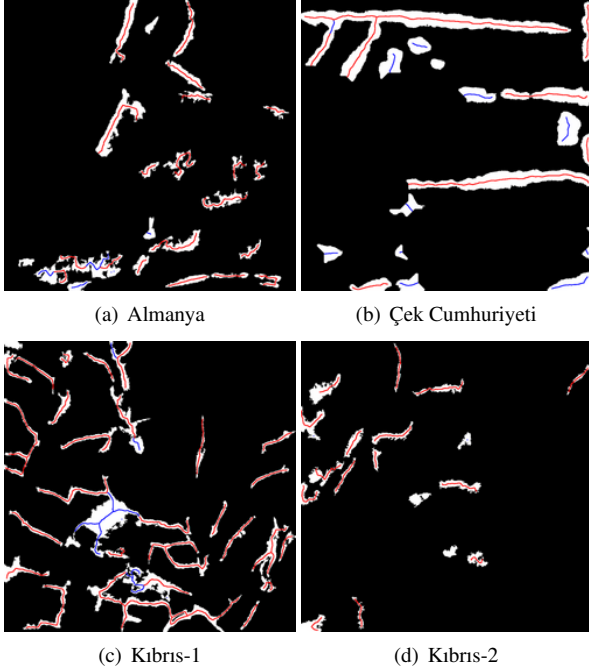
$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n i^2 & \sum_{i=1}^n i \\ \sum_{i=1}^n i & \sum_{i=1}^n 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n ir_i \\ \sum_{i=1}^n r_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

şeklinde çözülmesiyle bulunmuştur.

Doğru oturtma algoritması kesitteki ilk iki nokta ile bir altkesit başlatır. Algoritma kesit üzerinde ilerler ve kesit üzerindeki noktalara bir doğru oturtur. Verilen bir altkesit için, altkesitteki noktalar ve yeni nokta üzerine bir doğru oturtulmuş, ve EKKH belli bir eşikten düşükse bu nokta altkesite eklenmiştir. Aksi durumda, yeni bir altkesit başlatılmıştır. Eğer oluşan altkesitin üzerine oturtulan doğruyu eğimi (doğru parametresi a) sıfıra yakınsa (belli bir eşik değerinden düşükse) ve altkesitin uzunluğu (altkesitteki piksel sayısı) genişliğinin (altkesitteki en yüksek çap değeri) iki katından büyükse, o altkesitin doğrusal bir yapıya denk geldiği kabul edilmiştir.

EKKH ve eğim eşik değerleri deneysel olarak sırasıyla 0.4 ve 0.15 olarak seçilmiştir. Doğru oturtma ile kesit seçmeye ait sonuçlar Şekil 4'te gösterilmektedir.

İskelet üzerindeki doğrusal altkesitler elde edildikten sonra, sıradaki problem bu altkesitlere denk gelen görüntü nesnelerini seçip çıkartmaktır. Bu problem her bir altkesitin tekrarlanarak kalınlaştırılması ile çözülmüştür. Bu kalınlaştırma işleminin



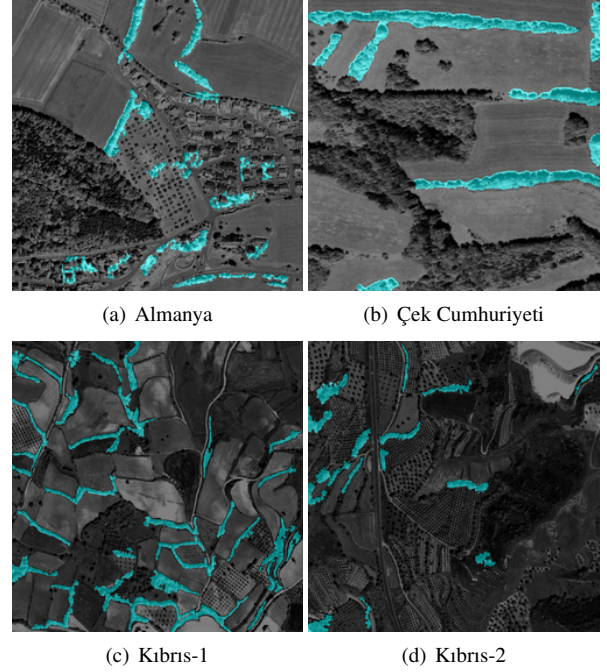
Şekil 4: Doğru oturtma tabanlı kesit seçme algoritmasıyla doğrusal yapıları bulma sonuçlarına örnekler. Seçilen altkesitler mavi iskelet üzerinde kırmızı ile gösterilmektedir.

her bir adımında elde edilen sonuç ile geri kalan iskeletin kalınlaştırılması ile oluşan alanlar ve aday nesnelere ait alanların kesişimi alınmıştır. Sonuç olarak, her bir altkesit için ortaya çıkan alan hedef nesne olarak kaydedilmiştir.

5. Deneysel Sonuçlar

Örnek sezim sonuçları Şekil 5'te gösterilmektedir. Nesne düzeyinde doğruluk bilgisi mevcut olmadığı için son sezim başarımları görsel olarak değerlendirilmiştir.

Aday nesnelerin bulunması sırasında piksel düzeyinde sınıflandırıcılardan kaynaklanan yanlış alarmların miktarı düşük olduğunda, şekil analizi yönteminin iyi konumlama ve düşük seviyede kaçırma hatası ile çoğu hedef nesneyi bulabildiği gözlemlenmiştir. Odunsu bitkilerin piksel tabanlı sınıflandırılması bazen hedef nesneleri komşu bitkilerden ayıramamış, ve bu, bir sonraki şekil tabanlı hedef sezim adımının bu nesneler için doğru şekil ve yapı bilgisini çıkaramamasına neden olmuştur. Yanlış alarm hataları ise çoğunlukla, hedef nesneyle düşük seviyede dokusal benzerliğe sahip diğer bitki türlerinden kaynaklanmıştır. Mevcut özneteliklere ek olarak yeni dokusal öznetelikler, şekil ölçüleri ve bağlamsal modellerin sezim başarımında daha da iyileşme sağlayacağı öngörülmektedir.



Şekil 5: En son hedef nesne sezimine ait örnek sonuçlar.

6. Kaynakça

- [1] L. J. Quackenbush, "A review of techniques for extracting linear features from imagery," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 70, no. 12, pp. 1383–1392, December 2004.
- [2] K. Johansen and S. Phinn, "Mapping indicators of riparian vegetation health using IKONOS and Landsat-7 ETM+ image data in Australian tropical savannas," in *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, vol. 3, Anchorage, Alaska, September 20–24, 2004, pp. 1559–1562.
- [3] B. S. Manjunath and W. Y. Ma, "Texture features for browsing and retrieval of image data," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 18, no. 8, pp. 837–842, August 1996.
- [4] P. Soille, *Morphological Image Analysis*, 2nd ed. Springer, 2002.