YÜKSEK MEKÂNSAL ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK AĞAÇ TESPİTİ: YENİ BİR YAKLAŞIM

Aslı ÖZDARICI OK[1]

[1]Yrd. Doç. Dr., Nevşehir H.B.V. Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 50300, Nevşehir, asliok@nevsehir.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek mekânsal çözünürlüklü GeoEye-1 (50cm/piksel) uydu görüntülerinden narenciye bahçelerindeki ağaçların otomatik olarak tespiti için yeni bir yaklaşım ortaya koyulmaktadır. Çalışma alanı olarak Mersin il merkezinin kuzey-doğu bölgesindeki narenciye bahçelerine ait 3 adet test alanı seçilmiştir. Kullanılan renkli GeoEye-1 görüntüleri 50cm/piksel mekânsal çözünürlükte keskinleştirilmiş olarak elde edilmiştir. Görüntüler mavi, yeşil, kırmızı ve yakın-kızıl ötesi olmak üzere 4 adet spektral bant içermektedir. Çalışmada ilk olarak görüntüye normalize edilmiş bitki fark indeksi uygulanmış ve bu sayede görüntülere ait yeşil alanlar tespit edilmiştir. Elde edilen görüntüye Otsu yöntemi uygulanarak bitkisel alanlar otomatik olarak maskelenmiştir. Ardından görüntüye ait yakın kızıl ötesi banda Hızlı Işınsal Simetri Dönüşümü uygulanmış ve bu sayede görüntüdeki simetrik nesneleri ön plana çıkaran yeni bir pankromatik görüntü elde edilmiştir. Üretilen görüntüye ait pozitif değerlerin narenciye ağaçlarını temsil ettiği gözlenmiş ve bu alanları bulabilmek için pozitif değerleri ortaya çıkaran bir eşik değeri uygulanarak yeni bir maske üretilmiştir. Hızlı Işınsal Simetri Dönüşümü yoluyla elde edilen maske ile Otsu yöntemi yoluyla elde edilen maske çakıştırılmış ve bu sayede sadece yeşil dokuya ait simetrik alanlar tespit edilmiştir. Bir sonraki aşamada, elde edilen maske, vektör veri formatına dönüştürülmüştür. Narenciye ağaçlarının yerlerinin ve ağaç taçlarının kapladığı alanların bireysel olarak belirlenebilmesi için maskeleme ve tampon bölgelemeden oluşan hiyerarşik işlem adımları uygulanmıştır. Bu amaçla vektör veride büyüklüğü en büyük tepe alanına kadar olan nesneler maskelenerek farklı bir dosyaya kaydedilmiştir. En büyük tepe alanından büyük olan nesneler üzerinde kontrollü bir şekilde her yarım metrede bir tampon bölgeler oluşturularak nesnelere ait alanlar tekrar hesaplanmış ve kademeli olarak farklı dosyalara kaydedilmiştir. Bu işlem, tampon bölge boyutu 2m olana kadar devam ettirilmiştir. Son olarak farklı dosyalarda kaydedilmiş nesneler bir dosyada birleştirilerek test alanlarında yetiştirilen narenciye ağaçları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Elde edilen sonuçlar tüm alana yönelik hazırlanan referans veri yardımıyla piksel ve nesne tabanlı olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, önerilen yöntemin kontrollü olarak dikilmiş narenciye bahçelerindeki ağaçları tespit etmede çalışma alanları için yaklaşık %65-%90 arasında başarılı sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Yöntemin örnek alan, gölge, model ağaç vb. gibi kritik bilgilere ve karmaşık kurallara ihtiyaç duymaması çalışmanın sunduğu önemli katkılar olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Ağaç Bulma ve Tanıma, Hızlı Işınsal Simetri Dönüşümü, GeoEye-1, Narenciye ağacı

ABSTRACT

AUTOMATIC DETECTION AND DELINEATION OF TRESS FROM VERY-HIGH-SPATIAL-RESOLUTION SATELLITE IMAGES: A NEW APPROACH

In this study, a new approach is proposed to detect and delineate citrus trees from very-high-spatial resolution GeoEye-1 (50cm/pixel) images. Three test sites located in North-east Mersin have been selected. The GeoEye-1 images used are acquired as pasharpaned to 50cm/piksel spatial resolution. Images have 4 spectral bands that are blue, green, red, and near-infrared (nir). At first, NDVI has been applied to the images and vegetative areas are determined. Next, a masking procedure is applied to the images by Otsu method. Then, fast radial symmetry transform is applied to the nir band of the images and a new panchromatic image is produced. A threshold is determined on the new image channel based on the positive pixel values and a new mask is produced to determine symmetrical objects or regions in the image. Next, the generated mask is converted to the vector format. Then, to detect individual citrus trees a series of hierarchical process containg buffering and masking operations is applied to the vector map. To do that areas of objects that are equal or smaller than the maximum crown size have been masked and saved in a diffferent file. This process has continued until the size of buffer zone is 2m. Finally, the objects saved in different files are combined and a new vector map including individual citrus trees are combined into a file.

Results have been evaluated both pixel- and object-based level and it is indicated that the proposed approach has provided succesful accuracies between 65% and 90%. Since the method does not require any critical information such as sample area, shadow, model tree etc. or complicated rules, these can be considered as the most significant contributions.

Keywords: Detection and delineation of citrus trees, fast radial symmetry transform, high-spatial-resolution, citrus tree

1. GİRİŞ

Tarımsal üretime yönelik plan kararlarının hızlı ve güncel şekilde güvenilir olarak elde edilebilmesi, tarımda sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi açısından özellikle Türkiye gibi tarım ülkeleri için büyük önem taşımaktadır. Geleneksel tarım uygulamalarında başvurulan yöntemler, pahalı ve zaman alıcı olması nedeniyle günümüzde plan

kararlarının etkili şekilde alınabilmesinde yetersiz kalmaktadır. Uzaktan algılama teknolojilerinin büyük alanlar üzerinde rahatça uygulanabilmesi ve tekrar edilebilir olması, kullanıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Gelişen uydu teknolojileri ile birlikte arazi örtüsü ve kullanımına ilişkin bilgiler detaylı olarak algılanabilmekte, bu sayede hassas haritalar üretilebilmektedir.

Ağaç ve/veya ağaçlık alanlar, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden otomatik veya yarı otomatik yöntemlerle tespit edilmeye çalışılan konuların başında gelmektedir. Beslenme, ormancılık, barınma, CO2 depolama ve park ve bahçeler için yeşil alan olanağı sağlamada başlıca rezervuar olma özelliği taşımaları ağaçları dünya üzerindeki arazi örtüsü bileşenlerinin en önemli topoğrafik öğelerinden yapmaktadır. Diğer taraftan uydu görüntülerindeki çözünürlük seviyelerinin artması ile birlikte ortaya çıkan problemlerin giderilebilmesi ve daha hızlı ve güvenilir haritaların üretilebilmesi için otomatik yaklaşımlara olan talep de giderek önem kazanmaktadır.

Uydu görüntüleri veya hava fotoğraflarından ağaç tespiti, literatürde (i) ağaç tespiti (bulma) ve (ii) ağaç tepe alanı kenarlarının bulunması (tanıma) olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Ağaç tespiti, ağaç tepe noktasının bulunması anlamına gelirken tanıma, ağaç taçlarının kenarlarının çizilerek tanımlanmasını içermektedir (Ke ve Quackenbush, 2011a). Konu edilen iki yaklaşımın gerçekleştirilebilmesi için genellikle 3 farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; (i) tümden gelim, (ii) tüme varım (alan büyütme) ve (iii) model uygunluk yöntemleridir. İlk yöntem, görüntü pikselleri arasındaki farklılıkları inceleyerek ağaç taçları dışında kalan kenar veya vadileri araştırır. İkinci yaklaşımda ağaç taçlarına ait merkez noktalar bulunduktan sonra görüntüdeki radyometrik yoğunluk değerlerindeki düşüşe bakılarak her bir ağaç tacı çevresindeki lokal minimum değerler araştırılır. Üçüncü yöntem olan model belirleme yaklaşımı ise olası ağaçları bulabilmek için önce model ağaçlar belirler ve görüntüde bulunan nesneler ile model ağaçlar arasında en yüksek korelasyonu arar (Niccolai, vd., 2010, Ke ve Quackenbush, 2011b).

Yukarıda bahsedilen yöntemlerle ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Guegon, 1995 yılında yaptığı çalışmasında hava fotoğraflarından ağaç taçlarının bireysel olarak bulunmasına yönelik bir yaklaşım önermiştir. Çalışmada bitkisel alanlar vadi takibi algoritması ile maskelendikten sonra ağaç taçlarının bulunabilmesi için çoklu kurallar uygulanmıştır. Yöntemin %80 civarında doğruluk sağladığı gözlenmiştir. Pouliot vd. (2002), iğne yapraklı orman ağaçlarının yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarından tespiti için otomatik bir yöntem önermiştir. Yöntem, kural tabanlı bir sistemi takiben lokal maksimum noktaları bulmaya yarayan bir yaklaşıma dayanmaktadır. Yazarlar en yüksek %17.9 oranında tanıma hatası ve %91 oranında bulma doğruluğu elde etmeyi başarmıştır. Makalede doğruluğu arttırmak için ek bilgi ve çok yüksek çözünürlüklü görüntü kullanımının önemine dikkat çekilmektedir. Gougeon vd. nin 2003 yılında yayınladıkları makalede pankromatik Ikonos ve QuickBird uydu görüntülerinden bireysel ağaç tespiti yapmak amacıyla bir yazılım geliştirilmiştir. Sonuçlar, ağaç tacı belirlemede QuickBird uydu görüntüsünün yüksek mekânsal çözünürlüğü nedeniyle Ikonos'tan daha duyarlı olduğunu göstermiştir. Wang vd. (2004) tarafından önerilen yöntem, ağaçlara ait taç kenarlarının bulunabilmesi amacıyla kenar bulma ve ardından kontrollü watershed algoritması kullanımına dayanır. Yazarlar, yöntemin ümit vaat edici sonuçlar üretmesine karşın çeşitli varsayımlar, ölçek etkisi ve kenar bulma algoritmalarındaki yetersizlikler gibi nedenlerden kaynaklanan sorunları olduğunu vurgulamıştır. Aynı yıl Erikson (2004) tarafından hava fotoğrafları kullanılarak yapılan çalışmada ağaç türleri, ağaç taçlarının bölütlenmesi yoluyla sınıflandırılmıştır. Çalışmada yaklaşık %77 oranında doğruluk elde edilmiştir. Erikson ve Olofsson'un 2005 yılında yaptığı çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüklü hava fotoğrafları üzerinde bireysel ağaç tespitinde kullanılan 3 yöntem karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntemler; (i) model ağaç yöntemi, (ii) bulanık mantık yöntemi bulguları üzerinden tanımlanan kurallar yardımıyla alan büyütme yöntemi ve (iii) Brownian hareketi yoluyla alan büyütme yöntemidir. Sonuçlar, yöntemlerin her birinin %80'in üzerinde doğruluk ürettiğini ve bunun yanında büyük ağaç taçlarının küçüklere göre daha yüksek doğrulukta algılanma potansiyelini ortaya koymuştur. Chen vd. (2006) ağaçların bireysel olarak tespiti için LIDAR verisi kullanan yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntem, kontrol edilebilen watershed bölütleme yöntemi yoluyla görüntüdeki yerel maksimum değerlerini arayan bir yaklaşım içermektedir. Yöntem yoluyla %65 civarında doğruluk elde edildiği belirtilmiştir. Hirschmugl vd. (2007) ağaçları hava fotoğraflarından tespit eden yarı otomatik bir yöntem öne sürmüşlerdir. Çalışmada, ortofotoğraf ve sayısal yüzey modelleri üzerinde 3 boyutlu morfolojik algoritma, lokal maksimum ve 3 boyutlu blok tabanlı model yaklaşımları test edilmiştir. En yüksek sonucun 3 boyutlu blok model yaklaşımı tarafından sağlandığı görülmüştür. Tooke vd. (2009), kentsel bitki çeşitlerinin spektral karışım analizi ve karar ağaçları ile sınıflandırılmasını gerçekleştirerek ağaç türlerini belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada, yüksek çözünürlüklü QuickBird ve LIDAR verileri üzerinde hiyerarşik bir yaklaşım uygulanmış ve bu yaklaşım sonucunda %67 ile %100 arasında değişen doğruluklar elde edilmiştir. Niccolai vd. 2010 tarihli çalışmalarında ağaçların otomatik olarak bulunması ve sınıflandırılabilmesi için çok boyutlu model yöntemi ve bilgi tabanlı karar kuralları kullanan bir yöntem önermişlerdir. Çalışma sonucunda sırasıyla yaklaşık %91 ve %80 oranında ağaç bulma ve ağaç taç kenarlarına ait doğruluklar üretilmiştir. Yüksek çözünürlüklü pankromatik QuickBird uydu görüntülerinden ağaç tespitine yönelik olarak yapılan bir diğer çalışma Ke ve Quackenbush (2011b) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada QuickBird uydu görüntüsü üzerinde watershed bölütleme yöntemi, çekirdek pikseller yoluyla alan büyütme ve vadi takibi yöntemleri uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmış ve en yüksek doğruluğu %70 oranıyla alan büyütme yönteminin sağladığı sonucuna varılmıştır. Aksoy vd. (2011) yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden otomatik meyve bahçelerinin tespiti ve bölütlenmesi amacıyla kontrolsüz bir

yöntem önermişlerdir. Yöntem, tekrar eden dikim desenine bağlı olan bir doku modeline dayanmaktadır. Çalışmada, benzer dikim desenine sahip alanlar bir bölütleme algoritması yardımıyla tekrarlı bir biçimde birleştirilmektedir. Yazarlar, meyve bahçelerine ait sınırların ve meyve bahçeleri içindeki çeşitliliğin başarılı bir şekilde tespit edildiğini belirtmektedir. Bununla birlikte, yöntemden kaynaklanan yanlış tespitlerin yöntem sonrasında kullanılacak çeşitli işlemler yoluyla azaltılıp doğrulukların bu sayede iyileştirilebileceği savunulmaktadır. Sharfi vd. 2011 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada palmiye ağaçlarını yüksek mekânsal çözünürlüklü hava fotoğraflarından yarı otomatik bir yöntemle tespit etmeye çalışmışlardır. Önerilen yöntem, (i) kenar iyileştirme, (ii) görüntü bölütleme ve (iii) morfolojik analizler olmak üzere 3 ana bileşenden oluşmaktadır. Yazarlar, çalışmanın görüntü bölütleme aşamasında belirlenen eşik değerinin son derece önemli olduğunu ve sonuçları doğrudan etkilediğini vurgulamışlardır. Çalışmada, test alanlarında taç alanları kesişen ağaçlar bulunmaması koşuluyla yaklaşık %95'e varan başarılı sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir. Hava fotoğraflarından orman ağacı tespitine yönelik en kapsamlı çalışmalardan biri Larsen vd. (2011) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bu amaç için literatürde sıklıkla kullanılan 6 popüler algoritma test edilerek sonuçları karşılaştırılmıştır. Kullanılan algoritmalar arasında lokal maksimum değerlerin bulunması, vadi takibi, alan büyütme ve model ağaç gibi yöntemler yer almaktadır. Yazarlar 6 farklı yöntemin farklı orman durumları (yoğun, karmaşık, düzenli, izole ve nadir çekime sahip olmayan) üzerindeki etkisini detaylı şekilde ele almaktadır. Sonuçlar, hiçbir algoritmanın orman alanlarındaki ağaçları tespit etmede tek başına yeterli olmadığına ve mevcut algoritmaların ortak verilere uygulandığında sonuçlara etkisine ve ortak doğruluk analizi algoritmalarına ihtiyaç olduğuna dikkati çekmektedir. Bir diğer karşılaştırma çalışması Pu ve Landry (2012) tarafından 7 farklı kentsel ağaç türünü tespit etmek için Ikonos ve Wordview-2 uydu görüntülerine uygulanmıştır. Çalışmada lineer ayırım analizi ve sınıflama ve regresyon ağacı sınıflandırması algoritmalarını takiben adımsal bir maskeleme işlemi kullanılmıştır. Sonuçlar, Worldview-2 uydu görüntüsünün çözünürlük özelliklerinin daha gelişmiş olmasından dolayı %18 oranında bir iyileşme artışıyla Ikonos görüntüsünden daha yüksek sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Jing vd. (2012) hava fotoğrafları üzerinde çoklu ölçekli bölütleme algoritması kullanarak ağaç taç kenarlarını belirlemeyi hedeflemiştir. Yöntem, çoklu ölçekli filtreleme işlemini takip eden watershed görüntü bölütleme algoritmasını içermektedir. Çalışma sonucunda yüksek kalitede doğrulukların elde edildiği sonucuna varılmıştır. Konuya ilişkin bilinen son çalışma 2013 yılında Santoro vd. tarafından yapılmıştır. Çalışma, narenciye ağaçlarının GeoEye-1 uydu görüntüsünden otomatik sayımına ilişkin bir algoritma sunmaktadır. Yöntem, (i) yumuşatma, (ii) lokal minimum filtreleme, (iii) maskeleme ve (iv) mekânsal birleştirme operatörlerinden oluşan 4 farklı algoritma içermektedir. Yöntem yoluyla, uydu görüntüsünün hem mekânsal hem de spektral özelliklerini kullanmasından kaynaklanan yaklaşık 90%'a varan sonuçlar ürettiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, alanda farklı ağaç türlerinin de olması ve ölçekten kaynaklanan bazı eksikliklerin doğruluk üzerinde negatif etkisi olduğu vurgulanmıştır.

Konu ile ilgili bilinen en son ve kapsamlı değerlendirme çalışması, Ke ve Quackenbush (2011a) tarafından yayınlanmıştır. Yazarlar bu makalede ağaç tespitine yönelik analizlerine, görüntü çeşitliliği ve test alanlarının özelliklerine bağlı olarak yön vermişlerdir. Değerlendirmeler ışığında makalede yapılan birkaç önemli noktaya olan vurgu dikkat çekmektedir. Bu noktalar; çalışmalarda varsayımlardan kaynaklanan sınırlamalar, ağaç taç alan boyutunun görüntü çözünürlüğü ile olan kuvvetli ilişkisi, test alanlarının farklı özellikler taşımasından kaynaklanan karışıklıklar ve değerlendirme yöntemlerindeki eksiklikler olarak belirtilmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETİ

Çalışmada, Mersin ilinin kuzey-batı bölgesinde yer alan boyutları 500pikselx500piksel ve 350mx350m olan 3 adet test alanı kullanılmıştır (Şekil 1). Test alanlarının denizden yüksekliği ortalama 50m civarındadır. Seçilen test alanları, farklı ağaç boyları (3-7m) ve 1m ile 5m arasında değişen ağaç taç büyüklükleri ve farklı kapama oranları ile genç ve olgun narenciye ağaçları içermektedir. Bunun yanında test alanlarında sera ve silo gibi çeşitli bina tipleri de bulunmaktadır.

Çalışmada kullanılan çok bantlı GeoEye-1 görüntüleri 0.5m mekânsal çözünürlükte olup 15 Haziran 2009 tarihinde bulutsuz bir havada 16 bit radyometrik çözünürlükte kaydedilmiştir. Görüntüler, mavi (450-510 μm), yeşil (510-580 μm), kırmızı (655-690 μm) ve yakın-kızıl ötesi (780-920 μm) olmak üzere 4 adet spektral bant içermektedir. Uydu görüntülerine ait işlem düzeyi standart formattadır. Bu düzeyde görüntü radiometrik olarak düzeltilmiş ve yer kontrol noktası (YKN) kullanılmaksızın geometrik düzeltme işlemi standart harita projeksiyonu (UTM WGS 84)'na göre yapılmıştır. Çalışmada, spektral değerleri koruyabilmek için görüntüler üzerinde herhangi bir düzeltme işlemi uygulanmamıştır.

3. YÖNTEM

Çalışmada uygulanan yöntem, 4 ana başlık altında toplanmaktadır. Bu başlıklar; (i) bitkisel alanların tespiti, (ii) görüntülere hızlı ışınsal simetri dönüşümü (HISD) uygulanması, (iii) hiyerarşik işlem adımları ve (iv) parametre hassasiyeti ve doğruluk analizidir. İşlem adımlarına ait detaylar aşağıda sırasıyla belirtilmektedir.

(a) (b) (c)

Şekil 1. Test alanları (a,b,c)

3.1 Bitkisel Alanların Tespiti

Çalışmada, karışıklığı önlemek ve hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla görüntülerdeki bitkisel alanlar, güvenilirliği kanıtlanmış bir yöntem olan normalize bitki fark indeksi (NBFİ) (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) yardımıyla belirlenmiştir. Yöntem, keskinleştirilmiş görüntülere ait yakın kızıl ötesi bant ile kırmızı bant arasındaki farkın aynı görüntülere ait yakın kızıl ötesi bant ile kırmızın bandın toplamına oranı şeklinde hesaplanmaktadır. Üretilen NBFİ görüntülerinden bir maske üretmek için otomatik eşik belirleme yöntemi olan 'Otsu' yöntemi uygulanmıştır. Otsu yönteminde ideal eşik belirleme işlemi, NBFİ görüntülerine ait histogramlar yoluyla yapılmaktadır (Otsu, 1979). Bu sayede görüntülere ait yoğun bitkisel alanlar 1, diğer alanlar 0 değeri alacak şekilde maskeler üretilecektir.

3.2 Hızlı Işınsal Simetri Dönüşümü (HISD)

Yöntem, ilgili alanları ışınsal simetri ile bulabilmek için görüntüye ait değişim bilgisine dayanmaktadır. HISD yöntemi, merkez pikselin lokal komşuluğunu araştırmak yerine çevresinde olası simetrik nesneler oluşturabilmek için görüntüdeki tüm piksellerin katkısını araştırır. Hesaplamalar bir veya birden çok yarıçap değeri, $n \in N$, kullanılarak yapılabilir. Kullanılan yarıçap değerlerinin her biri yani n değeri, değişime ait ışınsal simetri oluşturmak için her bir noktaya uzaklığı belirtir. N değeri ise olası ışınsal simetrik nesnelere ait bir yarıçap serisini tanımlar. Sonuçta her bir n dizisi için her p noktasındaki değişim (g) değeri analiz edilerek yönelim kestirim görüntüsü (O_n) ve boyut kestirim görüntüsü (M_n) olmak üzere iki farklı görüntü elde edilmektedir. Bu tanıma göre ışınsal simetri dönüşümü yoluyla elde edilecek raster veri için aşağıdaki formül kullanılır (Eş.1):

$$S_n = F_n * A_n \tag{1}$$

Formülde yer alan ifadeler aşağıdaki eşitliklerde gösterildiği şekilde çözülmektedir (Eş. 2,3):

$$F_n(p) = \frac{M_n(p)}{k_n}\left(\frac{|\check{O}_n(p)|}{k_n}\right)^{\alpha}, \tag{2}$$

ve

$$\check{O}_n(p) = \begin{cases} O_n(p) & if\ O_n(p) < k_n \\ k_n & otherwise. \end{cases} \tag{3}$$

Formüllerdeki A_n iki boyutlu Gaussian'ı, α ışınsal sertlik parametresini, k_n farklı yarıçaplarda üretilecek M_n ve O_n görüntülerine ait normalizasyon işlemi için ölçek faktörünü tanımlamaktadır.

Yukarıdaki formül tanımlarına göre dönüşüm işlemini gerçekleştirebilmek için 4 farklı parametre tanımlanması gerekmektedir: (i) bir dizi yarıçap ($N=\{n1,n2,n3,...\}$), Gaussian filtresi (A_n), ışınsal sertlik parametresi (α) ve normalizasyon işlemi için gerekli ölçek faktörü (k_n). k_n değeri çoklu yarıçap dizisi için hesaplanabilse de eğer ilgili nesnelere ait yarıçap bilgisi mevcutsa hesaplamalar sadece bir dizi yarıçap için de yapılabilmektedir. A_n parametresi, önceden belirlenmiş standart sapma ve dizi büyüklüğünü temel alarak değişim etkisini genişletmek için kullanılır. α parametresi ışınsal simetri dönüşümüne ait ilgilenilen değeri belirlemek için kullanılır. k_n değeri ise aynı ölçekteki farklı yarıçaplar için simetrik nesnelere ait sonuçların değerlendirilebilmesinde önemli bir parametredir. HISD yöntemi ile ilgili detaylı bilgiye Loy and and Zelinsky'nin 2003 yılına ait çalışması kullanılarak ulaşılabilir.

3.3 Hiyerarşik İşlem Adımları

Çalışmanın bu aşamasında, HISD sonucunda üretilen raster veriden pozitif alanları ön plana çıkaran bir maske üretilmiştir. Üretilen maske, NBFİ sonucunda üretilen maske ile çakıştırılarak kesişen alanlara ait maske, vektör veri formatına dönüştürülmüş, bu sayede olası ağaçlık/çalılık alanlara ait sınırlar belirlenmiştir. Ağaçların vektörden

bireysel olarak algılanabilmesi için olası en büyük tepe alanı bilgisine ihtiyaç vardır. Bu bilgi kullanılarak öncelikle vektör veride bireysel olarak tespit edilen en büyük tepe alanına kadar olan kapalı poligonlar seçilerek ayrı bir dosyada tutulmuştur. Ardından, büyük veya küçük ağaç gruplarına ait sınırları belirten daha büyük poligonları, kendilerine oluşturan bireysel ağaçlara dönüştürebilmek için tampon bölgeleme ve maskeleme işlem adımları uygulanmıştır. Tampon bölgeleme işlemi, kullanıcı tarafından belirlenen aralıkta (0.5 piksel) önce iç yönde vektör veriye uygulanmış ardından, birbiriden ayrılabilen poligonlara veri tabanında yeni numaralar atanarak bu poligonların veri tabanında da bireyselliği sağlanmıştır. Bir sonra ki aşama, yeni üretilen bağımsız poligonların aynı büyüklükte dışa uygulanan bir tamponlama işlemi ile eski büyüklüklerine getirilmesi ve maskelenerek ayrı bir dosyada tutulmalarını sağlamaktır. Bu işlem, vektör verideki diğer ağaç gruplarına da tampon büyüklüğü belirli oranda büyütülerek belirlenen bir eşik değerine kadar uygulanmıştır. Son olarak, farklı dosyalara kaydedilen poligonlar bir dosyada birleştirilerek nihai bireysel ağaç haritası üretilmiştir. Bu işlem adımında veri tabanı güncellemesi, ağaçların bireysel olarak algılanabilmesinde büyük önem taşımaktadır.

3.4 Parametre Hassasiyeti ve Doğruluk Analizi

HISD'nin görüntüler üzerinde optimum parametre kombinasyonları kullanılarak uygulanabilmesini sağlamak için toplam 110 parametre kombinasyonu test edilmiştir. Analizler sonucunda görüntüler için optimum parametre kombinasyonlarının yarıçap dizisi, ışınsal sertlik parametresi ve değişim eşiği için sırasıyla [1 3 5], 10 ve 8 olduğu görülmüş ve HISD görüntüler üzerinde bu parametre kombinasyonlarında uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, aşağıda belirtilen eşitlikler yardımıyla (kesinlik (precision), geri çağırma (recall) ve f-skor) piksel ve nesne tabanlı olarak analiz edilmiştir (Eş. 4,5,6). Formüllerin içerdiği doğru-pozitif (DP) değeri, referans veri ile karşılaştırıldığında piksellere doğru atanmış değerleri, yanlış-pozitif (YP), yöntem sonucunda narenciye ağacı olarak atanmış fakat referansta bu atamayla uyuşmayan pikselleri ve yanlış-negatif (YN), referans veride olmasına karşın yöntem yoluyla bulunamayan pikselleri ifade etmektedir. F skoru ise tüm bileşenlerin kombinasyonu şeklinde değerlendirmek mümkündür.

$$Kesinlik = \frac{\|DP\|}{\|DP\|+\|YP\|} \tag{4}$$

$$Geri\ çağırma = \frac{\|DP\|}{\|DP\|+\|YN\|} \tag{5}$$

$$F_\beta = (1+\beta^2)\frac{kesinlik*geri\ çağırma}{\beta^2*kesinlik+geri\ çağırma} \tag{6}$$

Formüllerde yer alan $\|.\|$ ifadesi, her biri farklı sınıfa atanmış piksel sayısını belirtmektedir.β değeri ise negative olmayan sabit bir sayıdır.

4. TARTIŞMA

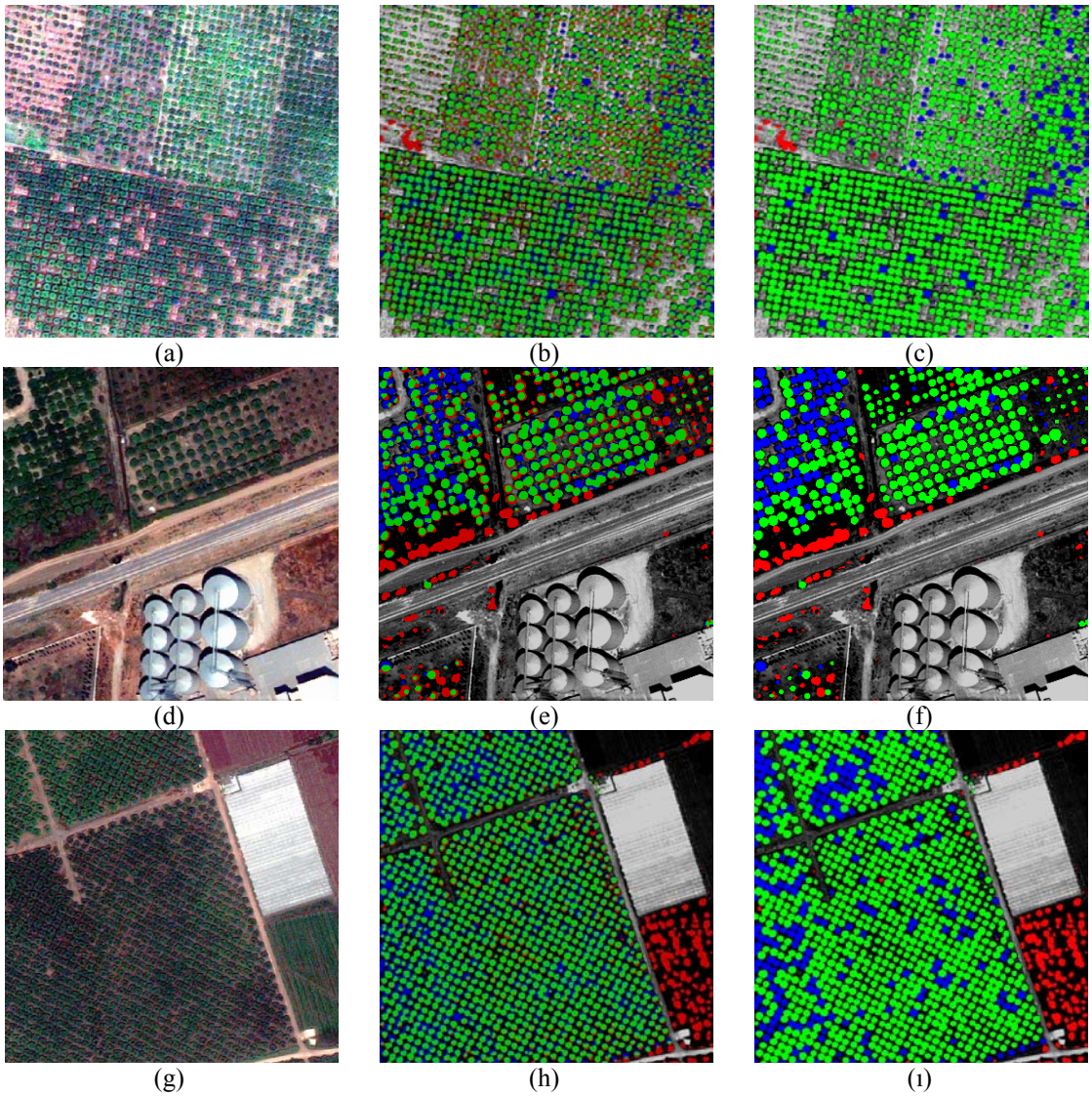
Şekil 2'de test alanları (a, d, g) ve piksel (b, e, h) ve nesne –tabanlı (c, f, ı) sonuçların test alanları ile üst üste çakıştırılması yoluyla üretilmiş görseller verilmektedir. Yeşil renk ile gösterilen yerler doğru-pozitif pikselleri, kırmızı ile gösterilenler yanlış-pozitif pikselleri ve mavi renk ile ifade edilenler ise yanlış-negatif piksel değerlerine işaret etmektedir. Yöntem sonucuna ilişkin nicel bulgular çizelge 1'de gösterilmektedir. Çizelge 1'e ait piksel tabanlı sonuçlar incelendiğinde alanlara ait doğrulukların %65 ile % 82 arasında değiştiği gözlenmektedir. En yüksek geri çağırma ve f-skor değerleri sırasıyla %82.6 ve %80 ile birinci test alanı için gözlenmiştir. Aynı test alanı %77.5 kesinlik değeri ile yüksek sayılabilecek bir sonuç ortaya koymuştur. Bunun nedeni; test alanında narenciye ağaçları dışında spektral karışmayı sağlayacak diğer önemli ağaç/çalı türlerinin ya da insan yapımı nesnelerin bulunmaması ve alanın düzenli dikim stratejisinden dolayı ağaç taçlarının birbirleriyle kesişmemesi ve ya kesişme oranının düşük olması olarak açıklanabilir. İlk test alanına ait ölçüm değerlerini takiben test alanı #3 için 82.2% doğruluk, 69.6% ve 75.4% f-skor değerleri kaydedilmiştir. Bu test alanında, alanda bulunan sera yapısının yöntem üzerindeki olası olumsuz etkisi, bitkisel alanlara uygulanan maskeleme yöntemi yardımıyla giderilebilse de seranın güney-batı kesinde ekili tarım ürünü, ağaçlık/çalılık alan gibi yanlış algılanarak doğruluk analizi için yanlış-pozitif değerler üretilmesine sebep olmuştur. Test alanı için bir diğer yanlış-negatif piksel değerleri, seranın kuzey-batı kesiminde yer alan yol ağaçlarıdır. Bu ağaç türleri narenciye ağaçlarından farklı özellik gösterdiği için referansta belirtilmemiş olmasına rağmen, yöntem sonucunda algılanmış ve sonuçlara yanlış-negatif piksel değerleri olarak yansımıştır. Bir diğer karışma, narenciye ağaç taçlarının test alanını belli bölgelerinde birbiriyle örtüşmesinden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan piksel- tabanlı değerlendirmelere ait en düşük sonuçlar 2. test alanı için gözlenmiştir. Bu alan için kesinlik, geri çağırma ve f-skor değerleri sırasıyla 64.7%, 69.6%, ve 66.6% olarak

hesaplanmıştır. Düşük ölçüm değerlerinin nedeni, test alanında taçları birbiriyle kesişen ve ötüşen ağaçların ve farklı ağaç türlerinin bulunmasıdır.

Çizelge 1. Test alanlarına ait piksel- ve nesne tabanlı sonuçlar

Görüntüler	Piksel Tabanlı Performans (%)			Nesne Tabanlı Performans (%)		
	Kesinlik	Geri çağırma	f-skoru	Kesinlik	Geri çağırma	f-skoru
#1	77.5	82.6	80	96.2	91.2	93.8
#2	64.7	68.6	66.6	69	67.7	68.4
#3	82.2	69.6	75.4	86.3	79.8	82.9

Çalışmada sonuçların nesne tabanlı olarak değerlendirilebilmesi için test alanlarında bulunan ağaçlar bir uzman tarafında elle sayısallaştırılmış ve referans veride bulunan ağaç tepe tacı içine düşen doğru piksel sınıflarına ait oran %60 ve üzeri ise ağacın doğru şekilde tespit edildiği kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, piksel-tabanlı değerlendirme yöntemi sonuçları ile karşılaştırıldığında, nesne-tabanlı sonuçların piksel-tabanlı sonuçları belli oranlarda arttırdığı gözlenmiştir. En yüksek değerler, ilk test alanı için sağlanmıştır. Test alanına ait kesinlik, geri çağırma ve f-skor değerleri sırasıyla %96.2, %91.2 ve %93.8 olarak hesaplanmıştır. Nesne tabanlı kaydedilen sonuçlar, piksel-tabanlı sonuçları yaklaşık % 19 (kesinlik), %9 (geri çağırma) ve %14 (f-skor) oranında arttırmıştır. Bu değerleri, 86.3% (kesinlik), 79.8% (geri çağırma), ve 82.9% (f-skor) ile üçüncü test alanına ait ölçüm değerleri takip etmektedir. Piksel-tabanlı sonuçlara benzer olarak en düşük sonuçlar, 2. test alanı için kaydedilmiştir. Nesne-tabanlı değerlendirme yöntemi sonuçlarının piksel-tabanlı sonuçlardan yüksek olmasının nedeni, referans ağaç tacı içine düşen piksel sınıflarına ait oranın %60 ve üzeri kriterini sağlaması durumunda ağaç tacı içine düşen yanlış sınıflanmış piksellerin de doğru olarak değerlendirmeye katılmasıdır.



Şekil 2. Test alanları (a, d, g) ve test alanları ile örtüşen piksel (b, e, h) ve nesne –tabanlı (c, f, ı) sonuçlar

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüklü optik uydu görüntülerinden narenciye ağaçlarının otomatik olarak tespitine yönelik yeni bir yaklaşım sunulmaktadır. Yöntem, uydu görüntülerine ait yakın-kızıl ötesi bant kullanılarak HISD yöntemi yoluyla görüntüye ait simetrik bölgelerin bulunmasının ardından ağaçların bireysel tespitine yönelik bir dizi hiyerarşik işlem adımı içermektedir. Elde edilen sonuçlar piksel- ve nesne tabanlı olarak değerlendirilmiş ve test alanları için yaklaşık %65 - %95 arasında doğruluk oranları elde edilmiştir. Düşük sonuçların, piksel tabanlı değerlendirme yaklaşımından, alanlarda bulunan farklı bitki türlerinden kaynaklanan spektral karışmalardan ve narenciye ağaçlarının tepe taç bölgelerinin birbiriyle kesişmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Önerilen yöntemin gölge, model ağaç vb. kritik bilgilere ve karmaşık kurallara ihtiyaç duymaması, yöntemin literatüre kazandırdığı avantajlar olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Aksoy, S., Yalniz, I.Z., Tasdemir, K.,2012, Automatic detection and segmentation of orchards using very high-resolution imagery, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50(8), 3117 - 3131.

Chen, Q., Baldocchi, Gong, P., Kelly, M. 2006, Isolating individual trees in savana woodland using small footprint lidar data, *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 72(8), 923-932.

Erikson, M., 2004, Species classification of individually segmented tree crowns in high-resolution aerial images using radiometric and morphologic image measures, *Remote Sensing of Environment*, 91, 469-477.

Erikson, M., Olofson, K. 2005, Comparison of three individual tree crown detection methods, *Machine Vision and Applications*, 61(4), 258-265.

Fieber, K.D., Davenport. I.J., Ferryman, J.M., Gurney, R.J., Walker, J.P. 2013, Analysis of full-waveform LIDAR data for classification of an orange orchard scene, *ISPRS Journal of Photogrametry and Remote Sensing*, 82(),63-82.

Gong, P., Howarth, P.J. 1992, Frequency-based contextual classification and grey-level vector reduction for land-use identification, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58,423–437.

Gong, P., Marceau, D., Howarth, P.J. 1992. "A comparison of spatial feature extraction algorithms for land-use mapping with SPOT HRV data." *Remote Sensing of Environment*, 40, 137–151. doi: 10.1016/0034-4257(92)90011-8

Gougeon, F., Cormier, R., Labrecque, P., Cole, B., Pitt, D., Leckie, D.. 2003, Individual tree crown (ITC) delineation on Ikonos and QuickBird imagery:the Cockburn island study, *25th Canadian Symposium on Remote Sensing*, Canada.

Gougeon, F.A. 1994, Comparison of possible multispectral classification schemes for tree crowns individually delineated on high resolution MEIS images, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 21,1-9.

Gougeon, F.A. 1995, A crown-following approach to the automatic delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 21(), 274-284.

Hájek, F. 2006, Object-oriented classification of Ikonos satellite data for the identification of tree species composition, *Journal of Forest Science*, 52(4), 181–187.

Hirschmugl, M., Ofner, M., Raggam, J., Schardt, M. 2007, Single tree detection in very high resolution remote sensing data, *Remote Sensing of Environment*, 110,533-544.

Jing, L., Hu, B., Noland, T., Li, J. 2012, An individual tree crown delineation method based on multi-scale segmentation of imagery, *ISPRS Journal of Photogrametry and Remote Sensing*,70, 88-98.

Ke, Y., Quackenbush J. L. 2011a, A review of methods for automatic individual tree-crown detection and delineation from passive remote sensing, *International Journal of Remote Sensing*, 32(17),4725-4747.

Ke, Y., Quackenbush J. L. 2011b., A comparison of tree methods for automatic tree crown detection delineation from high spatial resolution imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 32(16), 3625-3647.

Larsen, M., Erikson, M., Descombes, X., Perrin, G., Brandtbergs, T., Gougon, F. A. 2011, Comparison of six individual tree crown detection algorithms evaluated under varying forest conditions, *International Journal of Remote Sensing*, 32(20), 5827-5852.

Loy, G. and Zelinsky, A. 2003, Fast radial symmetry for detecting points of interest, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 25(8), 959-973.

Niccolai, A. M., Hohl, A., Niccolai, M., Oliver, C. D. 2010, Decision rule-based approach to automatic tree crown detection and size classification, *International Journal of Remote Sensing*, 31(12), 3089-3123.

Ok, A. O. 2013, Automated detection of arbitrarily shaped buildings in complex environments from monocular VHR optical satellite imagery, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51(3), 1701-1717.

Otsu, N. 1979. "A threshold selection method from grey-level histograms." *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 9, pp. 62–66.

Penã-barragán, M.J., Ngugi, M.K., Plant, R.E., Six, J. 2011, Object-based crop identification using multiple vegetation indices, textural features and crop phenology, *Remote Sensing of Environment*, 115(), 1301–1316.

Pouliot, D.A., King, D.J., Bell, F.W., Pitt, D.G. 2002, Automated tree crown detection and delineation in high-resolution digital camera imagery of coniferous forest regeneration, *Remote Sensing of Environment*, 82, 322-334.

Pu, R. and Landry, S. 2012, A comparative analysis of high spatial resolution IKONOS and WorldView-2 imagery for mapping urban tree species, *Remote Sensing of Environment*, 124, 516-533.

Santoro, F., Tarantino, E., Figorito, B., Gualano, S., D'Onghia, A.M. 2013, A tree counting algorithm for precision agriculture tasks, *International Journal of Digital Earth*, 6(1), 94-102.

Sharfi, H.Z.M, Hamdan, N., Sapiran, M. I. 2011, Semi-automatic detection and counting of oil palm trees from high spatial resolution airborne imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 32(8), 2095-2115.

Tooke, T.R., Coops, N.C., Goodwin, N.R., Voogt, J.A. 2009, Extracting urban vegetation characteristics using spectral mixture analysis and decision tree classifications, *Remote Sensing of Environment*, 113(), 398-407.

Voss, M., Sugumaran, R. 2008, Seasonal effect on tree species classification in an urban environment using hyperspectral data, LiDAR and an object-oriented approach, *Sensors* (8) 3020-3036.

Wang, L., Gong, P., Biging, S. G. 2004, Individual tree-crown delineation and treetop detection in high-spatial-resolution aerial imagery, *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 70(3), 351-357.

Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., Schirokauer, D. 2006, Object-based detailed vegetation mapping using high spatial resolution imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72, 799–811.