

ÇOK YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ HA GÖRÜNTÜLER NDEDEN OTOMATİK AÇ TESPİTİ

Mehmet Fatih Gürbüz, Mustafa Türker

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara, Türkiye, fatihgurbuz@gmail.com.tr, mturker@hacettepe.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Ormanlık Alanlar, Fotogrametri, Ortofoto, Sayısal Yüzey Modeli (SYM), Sayısal Arazi Modeli (SAM), Görüntü Bölütlemesi, Görüntü Sınıflandırma, Otomatik Aç Tespiti

ÖZET:

Bu çalışmada, insansız hava araçlarından (HA) elde edilen çok yüksek çözünürlüklü renkli görüntülerden üretilen ortofoto ve sayısal yüzey modeli (SYM) verilerinden otomatik aç tespiti için bir yaklaşım ortaya koyulmuştur. Yaklaşım, Hacettepe Üniversitesi Beytepe yerleşkesinde farklı özelliklere sahip dört alanda test edilmiştir. Görüntü verisi olarak sabit kanatlı bir HA ile havadan alınan görüntüler kullanılmıştır. Öncelikle görüntülerden otomatik eşleme tekniği ile SYM ve ortofoto üretilmiştir. Oluşturulan ortofotonun nesne-tabanlı yöntemle bölütlemesi ve sınıflandırması yapılarak aç alanları tespit edilmiştir. Sınıflandırma çıktısında hataların giderilmesi için açılma ve kapanma morfolojik filtrelemeler uygulanmıştır. Daha sonra, nesne-tabanlı sınıflandırma yöntemi ile tespit edilen her bir açın zirve noktası lokal maksimum bulma tekniği ile SYM verisinden otomatik olarak elde edilmiştir. Geliştirilen yaklaşımla otomatik olarak elde edilen açların konumları referans veri ile karşılaştırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, birinci test alanında % 96, ikinci test alanında % 82, üçüncü test alanında % 96 ve dördüncü test alanında % 47 oranında başarı elde edilmiştir. Görüntülerde yer alan açların yükseklikleri, yansıma değerleri ve yoğunluk durumları gibi faktörler ile bölütleme, sınıflandırma, morfolojik filtreleme ve aç zirve konumlarının tespiti için kullanılan algoritmalarda yer alan parametrelerin sonuçları etkilediği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, bu çalışmada sunulan yaklaşımın, kentsel ve kırsal alanlarda çok yüksek çözünürlüklü renkli HA görüntülerden açların otomatik olarak tespitinde, iyi bir potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

AUTOMATIC TREE DETECTION FROM VERY HIGH RESOLUTION UAV IMAGES

KEYWORDS: Forest Areas, Photogrammetry, Orthophoto, Digital Surface Model (DSM), Digital Terrain Model (DTM), Image Segmentation, Image Classification, Automatic Tree Detection

ABSTRACT:

In this study, an approach is presented for the tree detection from very high resolution color images and digital surface model (DSM) which were obtained from a fixed-winged unmanned aerial vehicle (UAV). The approach was tested on four study areas having different characteristics, which are located in the Beytepe campus of the Hacettepe University. As the image data, the aerial images collected using a fixed wing UAV were used. First, an orthophoto and a DSM were generated from the images that cover the test areas using an automatic image matching technique. The areas of the trees were then detected by means of object-based segmentation and classification of the generated orthophoto. To remove errors from the classification output, the opening and closing morphological filters were applied. Next, the highest points of the trees that were detected through object-based classification were automatically extracted from the DSM data using a local maximum detection method. The accuracy assessment was carried out by comparing the tree locations detected automatically using the developed approach with the reference data. Based on the results, the accuracy values computed were % 96 for the first test field (field #1), % 82 for the second test field (field #2), % 96 for the third test field (field #3), and % 47 for the fourth test field (field #4). The results show that the factors, such as the heights of the trees, the reflectance values, and the density as well as the parameter values for the algorithms used for the segmentation, classification, morphological filtering and tree top detection directly affect the results. The results obtained in this study illustrate that the developed approach for the automatic detection of the trees in urban and rural areas from very high resolution UAV imagery has good potential.

1. GİRİŞ

Orman alanlarının sınırları, açların türleri, sayıları, yükseklik ve konum bilgileri gibi bilgilerin tespiti için hava fotoğrafları, 3B kent modelleme, ormancılık ve tarım faaliyetleri gibi birçok uygulamaya olanak sağlamaktadır. Bu amaçla yapılan yersel ölçme yöntemleri oldukça fazla zaman ve maliyetli olduğu için, güncü kayıplarına neden olmaktadır (Yılmaz vd. 2015).

Aaçların yanı sıra orman alanlarının tespiti için yersel ölçüm tekniklerinin yanı sıra, LiDAR verileri, yersel lazer tarayıcılar, hava fotoğrafları ya da uydu görüntüleri vb. veriler kullanılarak otomatik ve yarı otomatik yöntemlerle tespit yapılması çalışmaları temel sorun olarak açların ya da orman alanlarının segmentasyonu ve yüksek doğrulukta tespitidir. Bu hususta çok sayıda algoritma geliştirilmiştir ve halen yeni algoritmaların

geli tirilmesi çalı malarına devam edilmektedir. Bu alandaki çalı malar da dikkat edildi inde, L DAR verisi kullanılarak renkli hava foto raflarında yer alan a açların yükseklik gibi yapısal özelliklerini belirlemeyi amaçlayan detaylı analizlerin yapıldı ı çalı malar mevcuttur. (Persson vd. 2002; Pyysalo vd. 2002; Suarez, 2003; Suarez vd. 2005; Litkey, 2007 ve Reitberger vd. 2007). Yine otomatik e le tirme tekni i ile elde edilen sayısal yüzey modeli (SYM) verisi kullanılarak renkli - kızılötesi hava foto raflarında yer alan a açların yo unluk ve kom uluk ili kisi gibi yapısal özelliklerini belirlemeyi amaçlayan çalı malar da bulunmaktadır (Wolf vd. 2007).

Bu çalı mada, insansız hava araçlarından (HA) elde edilen çok yüksek çözünürlüklü renkli (Kırmızı, Ye il, Mavi) görüntülerden üretilen ortofoto ve sayısal yüzey modeli (SYM) verilerinden otomatik a aç tespiti için bir yakla ım ortaya koyulmu tur. Uydu görüntüsü i leme yazılımları genel olarak piksel - tabanlı ya da nesne - tabanlı olmak üzere iki temel yöntemle dayalı olarak çalı maktadır. Nesne - tabanlı yöntemde ço unlukla görüntüdeki nesnelerin geometrik ekillerinden yararlanılırken piksel - tabanlı yöntemde ise görüntüyü olu turan piksellerin spektral yansıma de erlerinden yararlanılır. Uydu görüntülerinden a aç ve bina gibi nesnelerin çıkarılması çalı malarında nesne - tabanlı analizler daha çok tercih edilmektedir. Geometrik ekil baz alınarak yapılan çalı malarda nesne - tabanlı yakla ımlar piksel - tabanlı yakla ımlara göre do rulu u daha yüksek sonuçlar üretmektedir (Jähne, 2005 ve Nnam, 2012). Bu itibarla yakla ımın test edildi i alanlarında a açların nesne - tabanlı yöntemle segmentasyonu ve sınıflandırması yapılmı ve elde edilen sonuçlar görsel olarak analiz edilmi tir. Daha sonra, sınıflandırması yapılan görüntülerdeki a açların geometrik merkez noktaları ile zirve noktaları kar ıla tırılarak do ruluk analizleri yapılmı tur. Çalı mada, Agisoft Photoscan yazılımı ile HA görüntülerinden SYM (nokta bulutu) ve ortofoto üretimi, Lastools yazılımı ile de sayısal arazi modeli (SAM) olu turulmu tur. Normalize edilmi sayısal yüzey modeli (nSYM) olu turulması, morfolojik filtreleme, bazı editleme i lemleri ve do ruluk analizleri için ArcGIS ve PCI Geomatica yazılımları kullanılmı tur. Segmentasyon ve sınıflandırma i lemleri ile a aç zirve noktalarının tespiti (lokal maksimum tespiti) i lemleri ise eCognition yazılımı ile yapılmı tur.

2. ÇALI MA ALANI VE VER LER

ekil 1' de görüldü ü üzere Hacettepe Üniversitesi Beytepe Yerde kesine ait çalı ma alanının yakla ık koordinatları; 476741 E, 4413267 N (Kuzey batı), 476741 E, 4412803 N (Güney batı), 477410 E, 4413267 N (Kuzey do u) ve 477410 E, 4412803 N (Güney do u)' dir. (WGS84 UTM - Zone; 36N)

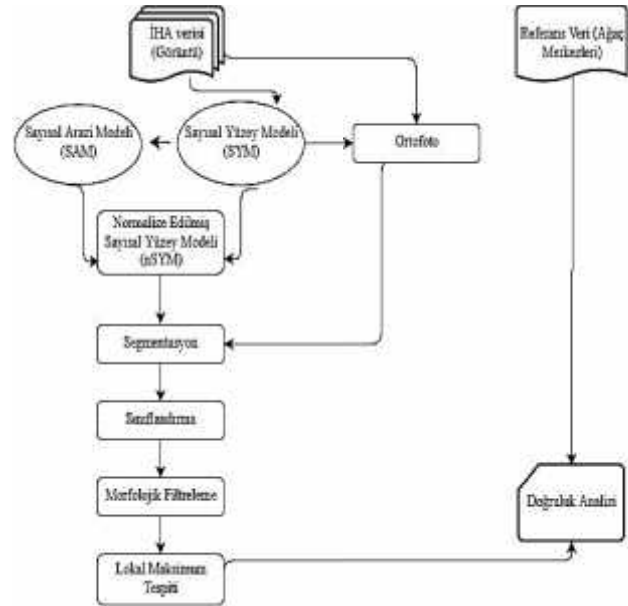


ekil 1. Çalı ma alanı

Görüntü olarak SmartPlanes sabit kanatlı insansız hava aracı (HA) ile yakla ık 90 m yüksekten çekilen 231 adet renkli (Kırmızı - K, Ye il - Y, Mavi - M) görüntü kullanılmı tur. HA ile elde edilen renkli görüntüler 18.3 mm odak uzaklı ına sahip modeli GR olan dijital kamera ile çekilmi tir. Elde edilen görüntünün boyutu; 4928 satır ve 3264 sütun olup görüntüdeki bir pikselin boyutu ise 4.784 x 4.784 μm ' dir. Bir pikselin arazide kapladığı alanı ifade eden konumsal çözünürlük ise 0.022 metre / piksel olup tüm görüntülerin yerde kapladığı toplam alan yakla ık olarak 24 hektardır.

3. YÖNTEM

Temel i lem adımları ekil 2' de verilmekte olan yöntem yedi ana a amadan olu maktadır. Bu a amalar unlardır; 1- Görüntülerden sayısal yüzey modeli (SYM) ve ortofoto üretilmesi, 2- Sayısal arazi modeli (SAM) ve normalize edilmi sayısal yüzey modeli (nSYM) elde edilmesi, 3- Görüntünün segmentasyonu i lemi, 4- Görüntü sınıflandırması i lemi, 5- Sınıflandırılmı görüntü üzerinde morfolojik filtreleme i lemleri, 6- Lokal maksimum tespiti ve 7- Do ruluk analizleri.



ekil 2. Yöntem Adımları

3.1 Ortofoto Olu turulması

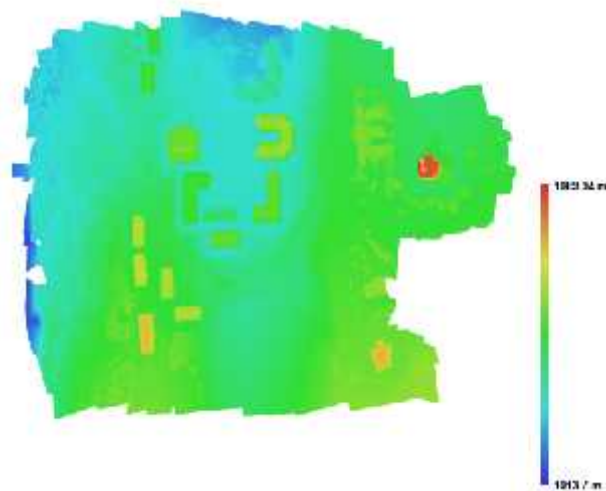
Önce, Agisoft Photoscan yazılımında, HA ile çekilen 231 adet hava foto rafının iç yöneltmesi yapılmı tur. Sonra, görüntüler ile yer koordinat sistemi arasındaki ili kiyi kurmak için dı yöneltme i lemine geçilmi tir. Çalı ma alanında foto raf alımı öncesi gerçekleştirilen jeodezik çalı malar kapsamında tesis edilen 17 adet fotogrametrik nirengi noktaları yardımıyla dengeleme i lemi yapılarak her foto rafa ait ı m demetinin araziye göre olan yöneltmesi ve konumu belirlenmi tir. Sonuç ürün olarak 0.022 m x 0.022 m piksel boyutlu ortofoto (ekil 3) olu turulmu tur.



ekil 3. Üretilen ortofoto

3.2 Sayısal Yüzey Modeli (SYM) Olu turulması

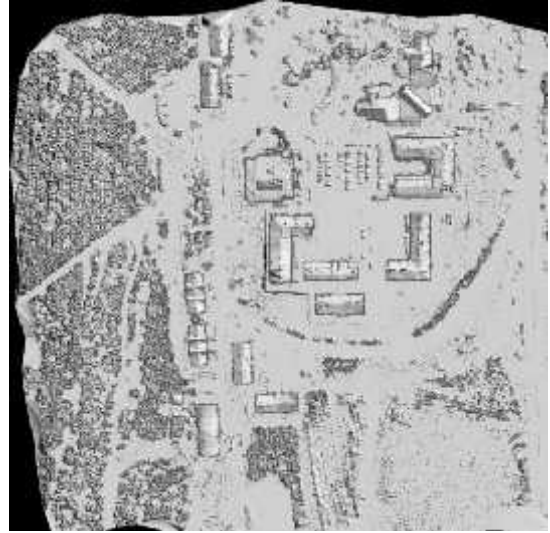
Bilindi i üzere, sayısal arazi modelinde (SAM) zemin üstünde yer alan a aç, bina, do al ve yapay tesisler vb. detaylar bulunmazlar. O nedenle bu model zemin üstü yükseklik detaylarını içermeyen yalnızca çıplak yeryüzü topo rafyasını yansıtan bir sayısal modeldir. Sayısal Yüzey Modelinde (SYM) ise sayısal arazi modelinden farklı olarak sadece zemin de il aynı zamanda zemin üstünde bulunan tüm do al ve yapay tesisler de veri olarak bulunur (Wolf vd. 2000; Egels vd. 2004 ve URL-1). Di er taraftan, normalize edilmi sayısal yüzey modelinde (nSYM) çıplak arazi yüzeyi haricindeki yükseklik verisi bulunmakta olup matematiksel olarak $nSYM = SYM - SAM$ olarak gösterilir ve elde edilen fark model normalize edilmi sayısal yüzey modelini verir (Wilson ve Gallant, 2000 ve Hashemi, 2008). Bu çalı mada SYM, Agisoft Photoscan yazılımı ile nokta bulutu eklindedir (yakla ık 37 milyon nokta) üretilmi tir. Üretilen nokta bulutunun çözünürlü ü 0.087733 m / piksel ve yo unlu u da 129.92 nokta / m² dir (ekil 4).



ekil 4. Üretilen nokta bulutu

Daha sonra, olu turulan nokta bulutu verisinden ArgGIS ve Lastools yazılımları ile sırasıyla SAM, SYM ve nSYM verileri elde edilmi tir. Elde edilen nSYM verisi ekil 5'te gösterilmektedir. Üretilen SYM' nin do rulu unu test etmek amacıyla çalı ma alanında yer alan bazı binaların en üst kö e

noktaları yersel ölçüm yöntemi ile ölçülmü ve elde edilen yükseklik verileri ile SYM' den okunan yükseklik verileri kar ıla tırılmı tir. Yapılan kar ıla tırmalar neticesinde aradaki farkın en fazla 5 cm oldu u tespit edilmi tir.



ekil 5. Normalize edilmi sayısal yüzey modeli (nSYM)

3.3 Segmentasyon

Olu turulan ortofoto görsel olarak incelenerek a aç yo unlu una ve büyüklü üne göre farklı özelliklere sahip 4 adet test alanı (#1.test alanı, #2.test alanı, #3.test alanı ve #4.test alanı) seçilmi tir. #1.test alanında yer alan a açlar farklı büyüklüklerde olup yo unluk nispeten azdır. #2.test alanında a açların büyük ço unlu u birbirine bitişik ekilde olup, yo unluk yüksektir. #3.test alanında yer alan a açların büyüklükleri yakla ık olarak aynı olup, yo unluk dü üktür. #4.test alanında ise a aç büyüklükleri ve yo unlukları farklı olup bu alanda ayrıca bina ve yol nesnelere de mevcuttur (ekil 6).

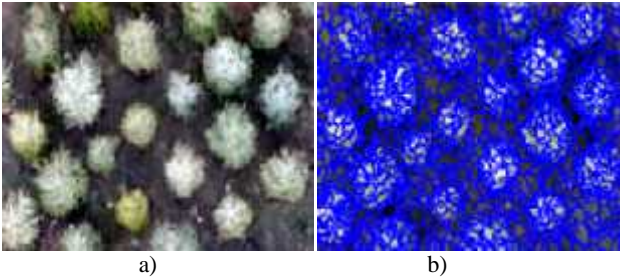


ekil 6. Test alanları; a) #1, b) #2, c) #3 ve d) #4

Segmentasyon i lemi için eCognition yazılımında yer alan "çok çözünürlüklü segmentasyon (multi resolution segmentation)" algoritması kullanılmı tir. Çok çözünürlüklü segmentasyon algoritması ile görüntüdeki nesnelere heterojenli i lokal olarak

minimize edilirken homojenli i maksimize edilir. Nesnelerin heterojen yapısı homojen hale getirilirken piksellerin komuluk ili kisi göz önüne alınarak benzer spektral ve mekânsal özellikler kriter olarak alınır (Trimble, 2014).

Bu algoritmada ölçek (scale), ekil (shape) ve yo unluk (compactness) olmak üzere üç temel parametre kriteri yer almaktadır. Bu çalı mada ekil ve yo unluk parametre de erleri sırasıyla 0.2 ve 0.5 olarak sabit alınarak ölçek parametresi de eri 10 ile 50 arasında de i tirilmi ve kullanılan her ölçek parametresi için elde edilen segmentasyon sonucunun kalitesi görsel olarak yorumlanmı tır. Önceki çalı malarda elde edilen sonuçlara göre ekil ve yo unluk parametreleri için sırasıyla 0.2 ve 0.5 de erlerinin daha iyi sonuçlar verdi i görülmü tür (Suarez, 2003 ve Shiba vd. 2006). Dolayısıyla, bu çalı mada da bu de erler kullanılmı tır. ekil 7' de #1.test alanı için elde edilen segmentasyon çıktısı görülmektedir.



ekil 7. #1.test alanından seçilen küçük bir alana ait: a) HA Görüntüsü ve b) Segmentasyon sonucu (ölçek parametresi de eri; 20)

3.4 Sınıflandırma

Segmentasyon i leminden sonra sınıflandırma i lemine geçilmi tır. Sınıflandırma i leminde önce tüm test alanlarında yer alan nesnelerin durumlarına göre zemin, a aç, bina ve yol ekinde sınıf tayini yapılarak görüntüden e itim alanı örnekleri seçilmi tır. Daha sonra, yazılımın sınıflandırma fonksiyonu kullanılarak görüntünün sınıflandırması i lemi yapılmı tır. Sınıflandırma i lemi, her test alanı için, ölçek parametre de eri 10 ile 50 arasında de i tirilerek (10, 20, 30, 40 ve 50) tekrarlanmı ve elde edilen sonuçlar görsel olarak de erlendirilmi tır.

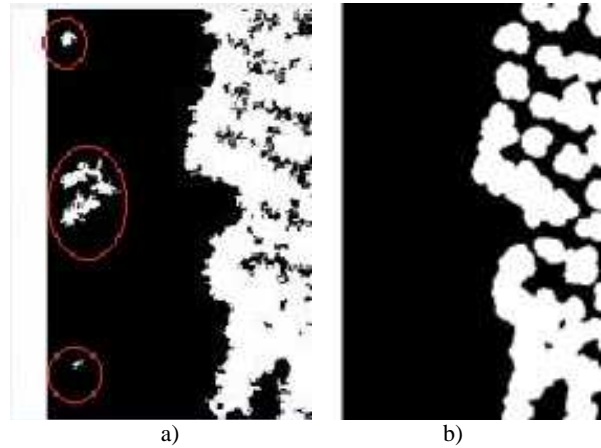
Sınıflandırmada, a aç sınıfını zemin sınıfından daha yüksek do rulukla ayırabilmek için, normalize edilmi sayısal yüzey modeli (nSYM) verisi de ek bant olarak kullanılmı tır. Dolayısıyla, özellikle görüntüde a aç olmayan ancak zeminde çimen gibi ye il tonda bulunan alanların yanlı sınıflandırılması engellenmi tır. Netice olarak tüm test alanlarında görsel olarak yapılan analizlerde; ölçek parametresi de erinin 20 – 30 arasında olmasının, bu çalı mada kullanılan test alanları için, daha ideal de erler oldu u sonucuna ula ılmı tır.

3.5 Morfolojik Filtreleme

Matematiksel morfoloji görüntülerdeki nesnelere görüntünün di er bölgelerinden ayırt etmek için kullanılabilir. Morfolojik operatörler iki bile ene ihtiyaç duyarlar. Bu bile enler; operatörün uygulanaca ı bir görüntü ve yapılanma elemanı denilen ve görüntüye uygulanan piksel grubudur. Yapılanma elemanları farklı ekillerde ve büyüklüklerde olabilirler (Jähne, 2005; Gonzalez vd. 2008 ve Shih, 2009). A inma (erosion) ve geni leme (dilation) temel morfolojik operatörler arasında yer almaktadır. A inma operatörü görüntüdeki nesnelere inceltmekte iken geni leme operatörü ise

a inma operatörünün tersine olarak nesnelere içindeki küçük bo luk ve çatlakları kapatarak nesnelere boyutlarını büyütmektedir. A inma ve geni leme operatörlerinin birbiri ardına kullanılması ile açılma (opening) ve kapanma (closing) isimli üst seviye operatörler geli tirilmi tır. (Gonzalez vd. 2004 ve Jähne, 2005). Matematiksel olarak ifade edecek olursak; ikili bir görüntü A ve yapılanma elemanı B ile gösterilirse; a inma operatörü $A \ominus B$, geni leme operatörü $A \oplus B$, açılma operatörü $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$ ve kapanma operatörü ise $A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$ ile göstermek mümkündür [URL-2].

Sınıflandırılmı görüntüler içerisinde bir takım istenmeyen bo luk alanlar, çıkıntılar ile parazitlerin oldu u görüldü ünden istenmeyen bu tür durumların temizlenmesi için sınıflandırma çıktılarında önce açılma sonra da kapanma filtreleri uygulanmı tır. Morfolojik filtreleme i leminde piksel sayısı 1 ile 50 arasında girilerek en iyi sonuç elde edilmeye çalı ılmı tır. Morfolojik filtreleme i lemleri ile sınıflandırma çıktılarında istenmeyen birçok çıkıntı ve parazitin temizlendi i görülmü tür. Özellikle yo un a açların bulundu u alanlarda (örn., #2. ve #4.test alanları) a aç nesnesinin di er nesnelere daha do ru ayrılabilmesi ve dolayısı ile, lokal maksimum piksellerin do ru tespitinde bu filtre operatörlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu sayede a aç alanları daha belirgin ve geometrik bir yapıya kavu tu undan bu alanlar üzerinde daha iyi analizler yapılabilecektir. #2.test alanında uygulanan morfolojik filtreleme sonuçları ekil 8' de örnek olarak gösterilmektedir.



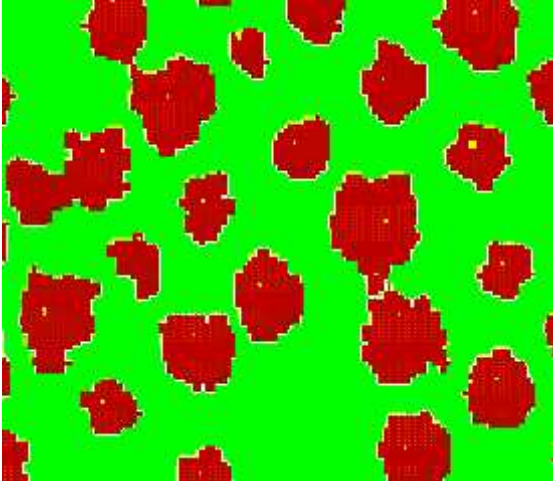
ekil 8. a) Sınıflandırma çıktısı. b) Sınıflandırma çıktısına sırasıyla Açılma Filtresi (30 piksel) ve Kapanma Filtresi (4 piksel) uygulanması

3.6 A aç Zirve Noktalarının Tespiti

eCognition yazılımında bölgesel olarak maksimum piksel de erini tespit eden (find local extrema) fonksiyon kullanılarak sınıflandırılması yapılan a açların, normalize edilmi sayısal yükseklik modeli (nSYM) yardımıyla, zirve noktaları otomatik olarak tespit edilmi tır. Bu fonksiyon ile, kullanıcı tarafından piksel sayısı girilerek olu turulan bir arama penceresi yardımıyla, komuluk ili kisi esasına göre, pencerenin kapsadı ı alan içinde yer alan yükseklik modeli verisinden maksimum ya da minimum piksel de erlerinin tespiti esasına göre, görüntüdeki nesnelere sınıflandırılabilir (Suarez vd. 2005).

Bu çalı mada, 1 ila 50 arasındaki de erler arama aralı ı de erleri olarak test edilmi ve elde edilen sonuçlara göre, her bir çalı ma alanı için, en ideal piksel boyutu, ilgili test alanında yer alan a açların ortalama yarıçap de erine göre (Örn., ekil 9' da 10 piksel) belirlenmi tır. Belirlenen arama penceresi içine

dü en nSYM de erinin maksimum oldu u pikseller otomatik olarak tespit edilmi tir.


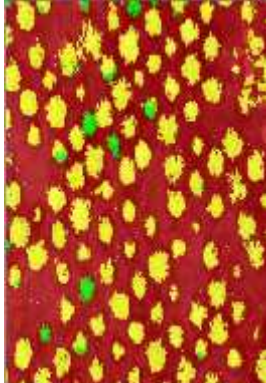



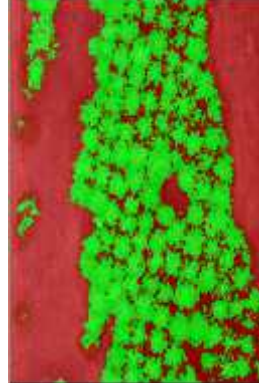

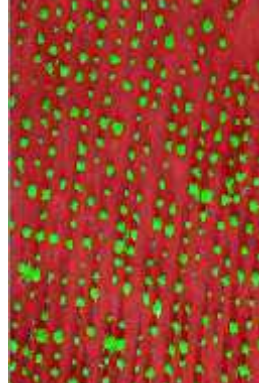

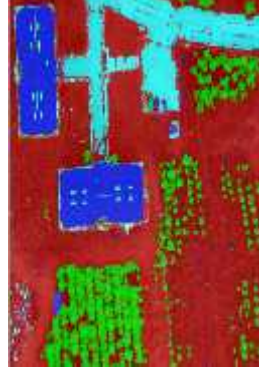
ekil 9. #1.test alanından seçilen küçük bir bölgeye ait sınıflandırma çıktısında “local extrema” fonksiyonu ile elde edilen a aç zirve noktaları

4. BULGULAR VE SONUÇLAR

Do ruluk analizleri için, a açların orta noktalarının a açların merkez konumlarını temsil etti i varsayımı ile, görüntüde her bir a acın orta noktasında manuel olarak bir nokta olu turulmu tur. Bu noktalar referans veri olarak kullanılmı tur. Daha sonra, olu turulan bu noktalar a açların merkezleri olarak kabul edilmi ve a açların ortalama çaplarına göre daire ekinde tampon bölgeler tanımlanmı tur. eCognition yazılımında lokal maksimum tespiti fonksiyonu kullanılarak, her bir a aç için, maksimum piksel de eri elde edilmi tir. Daha sonra, her bir a aç için, bu de erle a acın merkez konumu olarak belirlenmi olan referans de er arasındaki mesafe kar ıla tırılmı ve elde edilen sonuçlar oransal ve sayısal olarak analiz edilmi tir.

Test alanlarında elde edilen sınıflandırma sonuçları ekil 10’ da, do ruluk oranları ve farklar ise Tablo 1 ve Tablo 2’ de gösterilmektedir.

#1.Test alanı	
Ortofoto çıktısı	Sınıflandırma Çıktısı: Ölçek Parametresi; 20
	

#2.Test alanı	
Ortofoto çıktısı	Sınıflandırma Çıktısı: Ölçek Parametresi; 30
	
#3.Test alanı	
Ortofoto çıktısı	Sınıflandırma Çıktısı: Ölçek Parametresi; 20
	
#4.Test alanı	
Ortofoto çıktısı	Sınıflandırma Çıktısı: Ölçek Parametresi; 20
	

ekil 10. Test alanlarında elde edilen sınıflandırma sonuçları

Tablo 1. Test alanlarında tespit edilen a aç sayıları ve do ruluk oranları

Test Alanı	Toplam A aç Sayısı (Referans)	Toplam A aç Sayısı (Tespit Edilen)	Do ruluk Oranı
#1	119	115	% 96
#2	136	111	% 82
#3	270	259	% 96
#4	371	173	% 47

Tablo 2. Test alanlarında referans a aç merkezleri ile tespit edilen lokal maksimum noktaları arasındaki farklar

A aç Merkezden Olan Uzaklık (cm)	Toplam A aç Sayısı	Yüzdelik Dilimi
#1.Test alanı		
25 cm	68	% 59
50 cm	104	% 90
75 cm	112	% 97
100 cm	115	% 100
#2.Test alanı		
25 cm	24	% 22
50 cm	59	% 53
75 cm	91	% 82
100 cm	107	% 96
125 cm	108	% 97
150 cm	111	% 100
#3.Test alanı		
25 cm	39	% 15
50 cm	158	% 61
75 cm	235	% 91
100 cm	259	% 100
#4.Test alanı		
25 cm	7	% 4
50 cm	55	% 32
75 cm	114	% 66
100 cm	155	% 90
125 cm	166	% 96
150 cm	173	% 100

ekil 11’ de HA görüntülerinden olu turulan ortofoto üzerinde kırmızı daire içine alınan bölgede radyometrik ve spektral çözünürlü ün etkisi görülmektedir. Bu durum yakın yansıma de erine sahip zemin ve a aç nesnelerinin sınıflandırılmasında hataya neden olmaktadır. Bu nedenle, radyometrik ve spektral çözünürlü ü daha yüksek olan kameralar ile daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Yine de bu çalı madan elde edilen sonuçlar çözünürlü ün, kullanım amacı do rultusunda, oldukça yeterli oldu unu göstermi tir.



ekil 11. HA ile çekilen hava foto rafında çözünürlü ün etkisi

Bu çalı mada Agisoft Photoscan yazılımı kullanılarak elde edilen ortofotoda birtakım bozuk alanların oldu u görülmü tür. Örne in; ekil 12’ de #1.test alanından seçilen bir bölgede görüldü ü üzere görüntüde yer alan a aç nesnelerinin ortofotoda bozuldu u (kırmızı renkli daire içindeki alanlar) görülmektedir. Bu durum; görüntülerdeki a aç nesnelerinin konumsal do rulu unda, a açların sınıflandırmasında ve zemin ile olu an karı ıklık nedeniyle a aç merkezlerinin tespitinde bir miktar hataya neden olaca ndan do ruluk analizlerinde do ruluk oranı da bir miktar dü mektedir. Bu hatanın, Agisoft Photoscan yazılımının SYM olu turulması için kullandı ı görüntü e le tirme ve otomatik korelasyon algoritmalarından kaynaklandı ı dü ünülmektedir. Zira SYM do rulu u ortofoto do rulu unu etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle ortofoto ve SYM üretimi i lemleri için daha profesyonel yazılımların kullanılması tercih edilebilir. Ayrıca, varsa LiDAR verisinden elde edilen SYM bu tür çalı malarda kullanılabilir. Ancak bu yönde yapılacak olan tercihler aynı zamanda ekstra maliyet anlamına da geldi inden bu yönde bir karar kullanım amacına göre alınmalıdır.

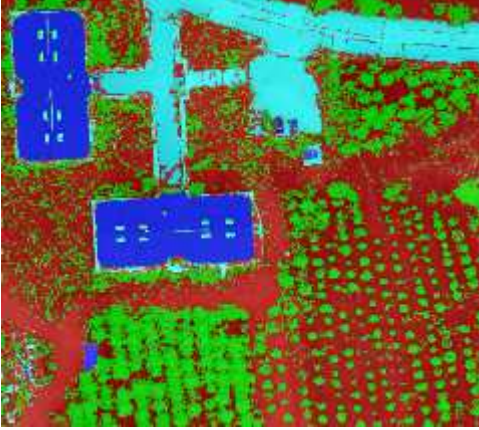


ekil 12. a) Orijinal görüntü ve b) Ortofotoda bozuk alanlar

Segmentasyon i leminin yapıldı ı eCognition yazılımındaki çok çözünürlüklü segmentasyon fonksiyonu parametrelerinden “ölçek”, “ ekil” ve “yo unluk” parametrelerinin ye il alanların tespitinde önem arz etti i görülmü tür. Dolayısıyla, yapılacak benzer çalı malarda bu parametrelere ait do ru de erlerin seçilmesi elde edilecek do ruluk oranı için oldukça önemlidir. Bu çalı mada görüntünün otomatik sınıflandırması i lemi de eCognition yazılımı ile yapılmı tür. Sınıflandırma i leminde özellikle de i ik ölçek parametreleri ile elde edilen segmentasyon sonuçlarının sınıflandırmaya etkisi test edilmi tir. Bu nedenle, gerçekte tirilecek benzer çalı malarda görüntülerde yer alan nesnelerin çe itleri ile yapıları dikkate alınarak parametre seçimi kullanım amacına uygun olarak yapılmalıdır.

Bu çalı mada, sınıflandırma i leminde HA görüntüsünün üç bandına (K, Y, M) ek olarak nSYM verisi de kullanılmı tür. Görüntülerden a aç tespiti ile ilgili çalı malarda yükseklik

bilgisinin kullanımı önem arz etti inden nSYM verisinin do rulu u önemlidir. Bu nedenle, nSYM verisinin üretilmesinde kullanılan yöntem ile ilgili parametrelerin ve parametre değerlerinin özenle seçilmesi gerekmektedir. Yine, sınıflandırmada K, Y ve M bantlara ek olarak bir yakın kızıl ötesi (YKÖ) bandın kullanılmasının sınıflandırma do rulu una önemli etkisi olacaktır. Bu çalı mada, a aç sınıfının tespiti için, nSYM verisinde yükseklik değeri 0.50 m' den büyük olacak şekilde bir e ik değeri uygulanmıştır. Bu sayede a aç sınıfı ile a aç harici ye il bitkilerin (Örn; çimenlik alanlar) karı masının önüne geçilmiştir. Bu etkiden dolayı #4.test alanında bazı kısımlarda çimenlik alanların yanlışlıkla a aç olarak sınıflandırıldı ı görülmektedir (ekil 13).



ekil 13. E ik değeri uygulanmadan elde edilen sınıflandırma sonucu

Ancak #4.test alanı için elde edilen sınıflandırma sonucuna dikkat edildi inde görüntüde yer alan bazı a açların zemin olarak sınıflandırıldı ı görülmektedir. Bunun nedeni, bahsi geçen e ik değeri (0.50 m) dü ük yüksekli e sahip a açlar ile di er ye il bitkiler arasında spektral örtü me olmasıdır. Dolayısı ile, bu test alanı için yapılan do ruluk analizinde ba rı oranının % 47 seviyesinde kaldı ı görülmü tür (Tablo 1). Bu nedenle, sonuçları direkt etkileyecek olmasından dolayı yükseklik e ik değeri dikkatlice seçilmesi gerekir.

ekil 14' de görülece i üzere; sınıflandırılmı görüntülerde bir takım istenmeyen bo luk alanlar, çıkıntılar ya da parazitler bulunmakta olup bunların giderilmesi için sınıflandırma çıktılarına morfolojik açılma ve kapanma filtreleri uygulanmıştır. Özellikle yo un a açların bulunduğu alanlarda (#2. ve #4.test alanları) a aç nesnesinin di er nesnelere daha do ru ayrılabilmesi için, do ru lokal maksimum piksellerin tespitinde morfolojik açılma ve kapanma filtrelerinin kullanılması gerekir. Ayrıca, görüntüye uygulanan filtre boyutunun (piksel boyutu) yüksek seçilmesi durumunda bazı a açlar kaybolacağından filtre boyutu çok dikkatli seçilmelidir. Örne in; ekil 8' de görülece i üzere, #2.test alanında morfolojik filtreleme öncesinde sınıflandırılmı görüntüde yer alan kırmızı daire içerisinde gösterilen a açlar filtreleme sonrasında silinmiştir. Filtreleme sonucu yok olan bu a açlar elde edilecek do ruluk değeri düşürecektir. Bu nedenle morfolojik filtre uygulanmasının gerekli oldu u ancak, yukarıda belirtildi i üzere, filtre boyutunun dikkatli seçilmesi gerekti i sonucuna varılmıştır.



ekil 14. A aç sınıfında istenmeyen bo luk alanlar ve çıkıntılar

A açların zirve noktalarının tespitinde eCognition yazılımının "find local extrema" fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon ile lokal olarak her bir a aç alanında nSYM verisinden en yüksek değere sahip piksel ya da piksellerin tespiti yapıldı ndan fonksiyon içerisinde bulunan arama aralı mın uygun bir değeri olarak belirlenmesi gerekir. Bu çalı mada kullanılan test alanları için en uygun arama aralı ı değeri #1.test alanı için 10, #2.test alanı için 13, #3.test alanı için 20 ve #4.test alanı için 5 olarak belirlenmiştir. ekil 15' de gösterildi i üzere, bazı a açlarda lokal maksimum tespiti yapılamamı ve gerçekte zemin olan bazı alanlarda lokal maksimum noktasının tespit edildi i görülmü tür. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlara göre, nSYM verisi ile kullanılan fonksiyon için belirlenecek arama aralı ı değeri do rulu u etkiledi i sonucuna ula ılmıştır.



ekil 15. Tampon alanın (siyah daire) dışında kalan ve a aç olmayan alanda tespit edilen lokal maksimum nokta mavi renkli daire ile, görüntüde yer alan ancak tespit edilemeyen a aç ise kırmızı renkli daire ile gösterilmektedir

Do ruluk analizleri için, görüntü üzerinde her bir a açın geometrik orta noktasına manuel olarak bir nokta atılmış ve bu noktalar referans veri olarak kabul edilerek, her bir test alanında yer alan a açların yaklaşık büyüklüklerine göre, a aç tepe noktası merkez alınarak daire ekinde tampon bölgeler tanımlanmıştır. Daha sonra, oluşturulan tampon alanların içine dü en lokal maksimum piksel değerleri ile a aç merkez noktalarının birbirine göre konumu ve sayısı üzerinden analizler yapılmıştır. Ancak bazı durumlarda lokal maksimum noktalarının tampon alanın dışında kaldı ı görülmü tür. Örne in; ekil 16' da tampon alanı gösteren siyah renkteki dairenin dışında kalan alanda lokal maksimum noktası tespit edilmiştir (mavi renkli noktalar) ancak bu nokta belirlenen tampon alanın dışında kaldı ndan bu a aç değeri dikkatli seçilmeye alınmamıştır. Dolayısı ile, bu durum do ruluk oranını düşürmü tür. Bu çalı mada, test alanlarında bulunan a açların tümü için ortak bir tampon değeri tespit edildi inden bu şekilde hataların oluştu u görülmü tür. Bu nedenle, tampon alanı

büyükölü ünün her bir a açın büyükölü ü nispetinde belirlenmesi sonuçların do rulu nu artıracaktır.



ekil 16. A aç tampon alanları (siyah daireler) dı nda kalan lokal maksimum noktaları

Do ruluk analizleri yapılırken bazı ekstrem durumlara da kar ıla ılmı tür. Örne in; ekil 17' de kırmızı renkle gösterilen dairelerin içerisinde yer alan lokal maksimum noktalarının tampon alan içerisindeki konumlarına göre hangi a aç a ait olduklarının tespitinin otomatik olarak yapılması zordur. Dolayısıyla, böyle durumların çözömlenmesi ve do ru karara varılabilmesi için yöntemin geli tirilmesi gerekir.



ekil 17. Lokal maksimum noktalarının (mavi noktalar) birden fazla a aç a ait tampon alanların (siyah daireler) kesi im bölgelerinde yer alması

Çalı ma alanında yer alan a açların yükseklikleri, yansıma de erleri ve konumsal olarak birbirlerine olan yakınlıkları gibi faktörlerin de elde edilen sonuçları do rudan etkiledi i görölmü tür. Özellikle heterojen yapıda olan ve farklı yükseklik de erlerini içeren sık a açlıklı alanlarda do ruluk oranı dü mektedir. Örne in, do ruluk oranının bu durumda olan #2.test alanında % 82 ve #4.test alanında ise % 47 oldu u görölmektedir. A aç yo unlu u az olan ya da homojen alanlarda ise elde edilen sonuçların daha iyi oldu u görölmü tür. Örne in; bu durumda olan #1. ve #3.test alanlarında do ruluk oranlarının % 96 oldu u görölmektedir. Dolayısı ile, önerilen a aç tespiti yakla ımının yo un olmayan alanlarda daha iyi sonuç verdi i görölmü tür.

Elde edilen sonuçlar, uçak ya da uydu görüntülerine nazaran daha dü ük maliyetli olan HA görüntülerden a açların otomatik olarak tespit edilebilece i ve bu çalı mada elde edilen test sonuçlarına göre, do ruluk oranlarının da oldukça yeterli düzeyde olabilece i sonucunu göstermektedir. Açıklandı ı üzere, #4.test alanında bulunan bazı a açların boylarının seçilen yükseklik e ik de eri olan 0.50 m' nin altında olması sebebiyle sonuçların do ruluk seviyesi dü mü tür. Ancak, böyle durumlar için geli tirilecek farklı yöntemler ya da e ik de erinin uyarlanabilir olarak belirlenmesi gibi metotlarla sonuçlar iyile tirilebilir. Bu çalı mada sunulan yöntem ile özellikle

homojen yapıda olan ormanlık alanlarda, a aç tespiti ba arılı bir ekilde yapılabilir. Ayrıca, önerilen yöntem yersel ölçme metotlarına nazaran daha etkin ve dü ük maliyetli olma avantajına da sahiptir.

KAYNAKLAR

Egels, Y., Kasser, M., 2004. *Digital photogrammetry*, CRC Press.

Gonzalez, R. C., Woods, R. E., 2008. *Digital Image Processing*, 3th ed., Pearson Prentice Hall Press.

Gonzalez, R. C., Woods, R. E., Eddins, 2004. *Digital Image Processing Using Matlab*, Pearson Education. Inc. Upper Saddle River, New Jersey.

Hashemi, S. A. M., 2008. Automatic peaks extraction from Normalized Digital Surface Model (NDSM), *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII. Part B3a.

Jähne, B., 2005. *Digital Image Processing*, 6th ed., Springer Berlin Heidelberg Press.

Litkey, P., Rönnholm, P., Lumme, J., Liang, X., 2007. Waveform features for tree identification, *In: Proceedings of ISPRS Workshop on Laser Scanning and SilviLaser Espoo*, Finland: 258-263.

Nnam, U. G., 2012. *Comparison of Pixel based and Object based Image Classification for Mapping Urban Greenery in Uwani, Enugu, DPR 762*. Department of Geoinformatics and Surveying, University of Nigeria, Enugu Campus.

Persson, A., Holmgren, J., Söderman, U., 2002. Detecting and measuring individual trees using an airborne laser scanner, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68(9).

Pyysalo, U., Hyypä, H., 2002. Reconstructing Tree Crowns from Laser Scanner Data for Feature Extraction, *In ISPRS Commission III, Symposium*, September 9 - 13, 2002, Graz, Austria.

Reitberger, J., Krzystek, P., Heurich, M., Stilla, U., 2007. Single tree detection in forest areas with high-density LiDAR data, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36: 139-144.

Shiba, M., Itaya, A., 2006. Using eCognition for improved forest management and monitoring systems in precision forestry, *Proceedings International Precision Forestry Symposium, Stellenbosch University, South Africa*.

Shih, F. Y., 2009. *Image processing and mathematical morphology: fundamentals and applications*, CRC Press.

Suarez, J. C., Ontiveros, C., Smith, S., Snape, S., 2005. Use of airborne LiDAR and aerial photography in the estimation of individual tree heights in forestry, *Computers & Geosciences*, Vol 31: 253-262.

Suarez, J. C., 2003. *Tree counting analysis using eCognition*.

Trimble, 2014. *eCognition Developer Reference Book*.

URL-1, http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_elevation_model

URL-2, http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_morphology
Wilson, J. P., Gallant, J. C., 2000. *Terrain analysis: principles and applications*, John Wiley and Sons, Inc.: New York

Wolf, B. M., Heipke, C., 2007. *Automatic extraction and delineation of single trees from remote sensing data*, Mach. Vision Appl., 18(5):317–330.

Wolf, Paul R., Dewitt, Bon A., Wilkinson, Benjamin E., 2000. *Elements of Photogrammetry: with applications in GIS*, Vol. 3. New York: McGraw-Hill.

Yılmaz, V., Güngör, O., Kadio ulları, A. ., 2015. Görüntü leme Teknikleri ile A açların Boy, Tepe Çapı ve Tepe Hacimlerinin Belirlenmesi, *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*.