

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN YOL BELİRLEME AMACI İLE GELİŞTİRİLMİŞ BİR YAKLAŞIM

A. Erener¹, S. Düzgün²

¹Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Konya. erener_metu@hotmail.com

²Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara. duzgun@metu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yolların belirlenmesi amacıyla bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım, yolların belirlenmesinde, birbirlerine destekleyici bilgi sağlayan spektral özelliklerle beraber mekânsal özelliklerin de kullanımını içermektedir. Algoritmada ilk olarak bitki örtüsü alanları, Normalleştirilmiş Farklar Bitki İndeksi (NFBİ) ile belirlenmiştir. Gölge alanlar ise, YIQ uzayında renkliğin parlaklık değerine oranı ile belirlenmiştir. Belirlenen bu bitki örtüsü ve gölge alanları uydu verisinden maskelenerek çıkartılmış ve görüntüde genel olarak bina ve yolları içeren insan yapısı alanların kalması sağlanmıştır. Maskelenmiş bu görüntü daha sonra ortalamaya göre kaydırma (mean shift) algoritması ile segmentlere ayrılmıştır. Segmentasyon algoritması uygulanmış bu görüntüde hangi parçaların yol, hangilerinin bina olduğunu anlamak için ilk olarak mekânsal inceltme (thinning) algoritması kullanılmış daha sonra, inceltmiş her bir bölümün uzunluğu, gözlemsel olarak belirlenmiş bina uzunluğu eşik değeri ile karşılaştırılmıştır. “Bu eşik değerinden uzun olan her bir bölüm büyük olasılıkla yolları temsil etmektedir” ilkesine dayanarak yollar belirlenmiştir. Yöntem, Quickbird uydu görüntüsünde, birbirinden farklılık gösteren dört farklı şehir alanında test edilmiştir. Algoritma sonucu üretilen ve yolları gösteren hücresel görüntü, daha sonra doğruluk değerlendirmesine tabi tutulmuştur. Doğruluk analizinde, her bir çalışma alanı için sayısallaştırılarak oluşturulmuş yol haritaları kullanılmıştır. Yapılan doğruluk analizi sonucunda Yol belirleme yüzdesi (YBY) ve kalite yüzdesi (KY) oranlarının sırasıyla 84.57-67.2 ve 62.58-39.8 arasında değiştiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Yol belirleme, Uydu Görüntüsü, Bölütleme, Normalleştirilmiş Farklar Bitki İndeksi.

ABSTRACT

This study involves presentation of a method developed for extraction of roads from high resolution satellite images. The proposed approach exploits spectral properties in conjunction with spatial properties, both of which actually provide complementary information to each other. The algorithm involves first determination of vegetated regions by using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and detection of shadow regions by using chromaticity to intensity ratio in YIQ color space. The vegetation and the shadow areas are masked from the original image where rest of the image consists of man-made areas only. The masked image is segmented by using mean shift segmentation. In order to determine which segment is road or building, each segment is first thinned using morphological operations and then its length is compared to a threshold which is specified according to the empirical length of the buildings. Based on the assumption that, long segments most probably represent roads, the roads are determined. The method is tested at four different urban patterns. The result map is then assessed by accuracy analysis. In the accuracy analysis the manually digitized maps are used for each region. The result of the accuracy analysis shows that the road detection (RDP) and quality percent (QP) measurements ranges between 84.57-67.2 and 62.58-39.8, respectively

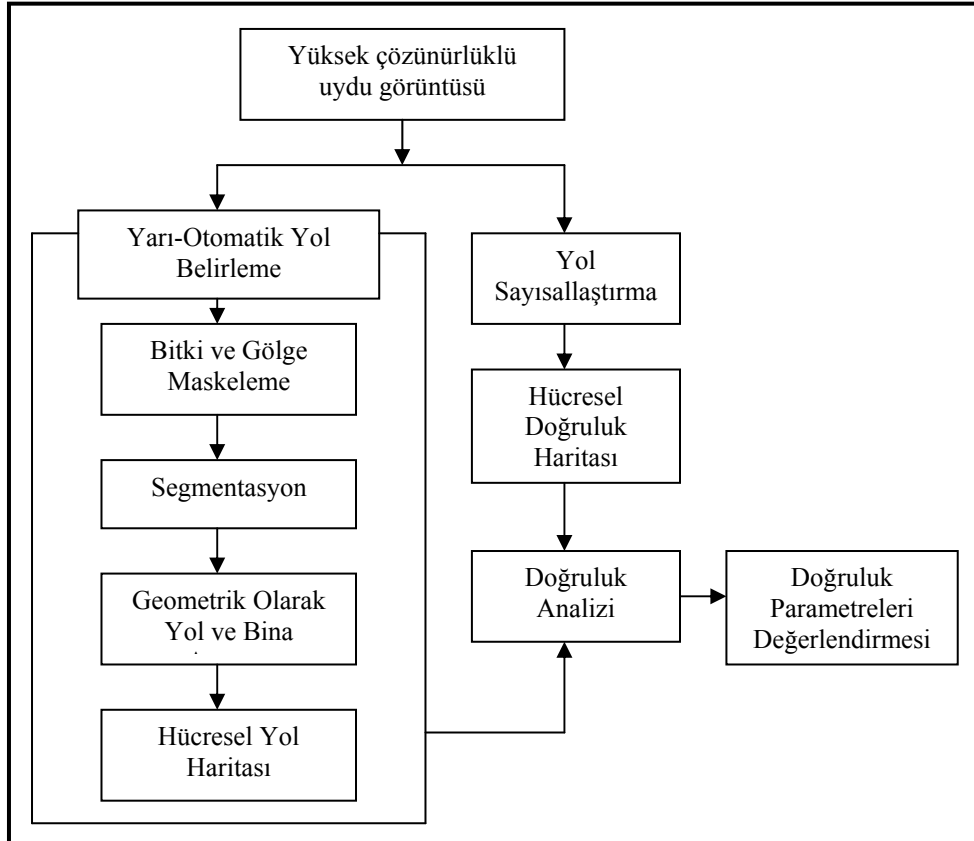
Keywords: Road Extraction, Remote sensing images, Segmentation, Normalized Difference Vegetation Index

1. GİRİŞ

Kentsel alanlar, nüfusun artması yanında, özellikle yeni yapıların, yolların, binaların yapımı ile hızla değişmekte olup, bu değişimle beraber kentsel alanlara ait haritaların güncellenme problemi ortaya çıkmaktadır. Yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin elde edilmesi ile bina, yol ve birçok obje hakkında daha detaylı bilgi elde etme olanağı doğmuştur. Geleneksel olarak, hava fotoğraflarından ve uydu görüntülerinden kentsel alanlara ait coğrafi detaylar operatör aracılığı ile manüel olarak çıkarılmaktadır. Fakat bu yöntemin zaman alması ve ekonomik olmamasından dolayı verim o kadar yüksek olmamaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda özellikle coğrafi bilgi teknolojileri uygulamalarında, yarı ya da tam otomatik obje çıkarımı insan etkisini minimuma indirmek ve daha hızlı sonuca ulaşmak açısından önemli bir konu haline gelmiştir (Sümer ve Türker, 2008). Kentsel alanlara ait belirlenmesi istenen en önemli objeler arasında genel olarak bina ve yolların elde edilmesi yer almaktadır. Yolların otomatik olarak uydu görüntülerinden belirlenmesi genel olarak, trafik yönetimi gerektiren çalışmalarda, yangın alanlarına ulaşım çalışmalarda, polis arabalarında GPS kullanımı gerektiren uygulamalarda, yolların kısa sürede belirlenmesini gerektiren çalışmalarda, arazide meydana gelen zamansal değişimin tespitinde veya otomatik harita üretimi gibi birçok farklı

uygulamada önemli olmaktadır. Uydu görüntülerinden yolların otomatik ve yarı otomatik olarak tayin edilebilmesi için farklı birçok yöntem önerilmektedir. Önerilen yöntemlerin geniş bir özeti Mena, 2003 ün yaptığı çalışmada bulunmaktadır. Otomatik ve yarı otomatik yol belirleme algoritmaları genel olarak, filtreleme ve kenar belirleme metotları (Zheng ve ark., 1998; Zhao ve ark. 2002; Wang ve ark., 2005; Gecen ve Sarp, 2007); sınıflandırma metotları (Ruisheng ve Yun, 2003; Cui ve ark., 2008; Mokhtarzade ve ark., 2008); dalga boyuna dayalı metotlar (Zhu ve ark., 2002; Zhang ve Couloigner, 2004); yılan (Snake) metotları (Gruen, ve Li, 1997; Trinder et al. 1997; Steger (1998); Laptev ve ark., 2000; Haitao ve ark., 2008; Özkaya, 2009), bulanık mantık metotları (Bacher ve Mayer, 2005).

Uzunluk, genişlik, eğrilik gibi geometrik özellikler yolların belirlenebilmesi için bilgi sağlamaktadır. Birçok algoritma bu geometrik özelliklerden faydalanarak yolları belirlemeye çalışmaktadır. Bu çalışmada da, yolların uzunluk özelliğinin yanında spektral yansıma özelliklerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla algoritmada ilk olarak bitki ve gölge olan alanlar belirlenerek maskelenmiştir. Geride kalan insan yapımı objelerden bina ile yolların ayrımı için ise öncelikle maskelenmiş görüntüye segmentasyon algoritması uygulanarak spektral olarak farklılık gösteren objeler ayrılmıştır. Daha sonra ayrılan her bölüme inceltme (thinning) algoritması uygulanarak uzunluk farklılığı araştırılmıştır. Görsel olarak belirlenen bina uzunluğundan yollar daha uzun olacağından, uygulanan bir eşik değeri ile yollar belirlenmiştir. Geliştirilen algoritma, yüksek çözünürlüğe sahip Quickbird uydu görüntüsüne uygulanmıştır. Uydu görüntüsü üzerinde farklı yapıya sahip yolların bulunduğu şehir alanından kesitler alınmış ve birbirinden farklılık gösteren dört farklı alanda algoritma test edilmiştir. Algoritma sonucu üretilen ve yolları gösteren hücresel görüntü, daha sonra doğruluk değerlendirmesine tabi tutulmuştur. Doğruluk analizinde, her bir çalışma alanı için sayısallaştırılarak oluşturulmuş yol haritaları kullanılmıştır. Yapılan analiz sonuçları, algoritmanın yolları yeterli doğrulukla belirlediğini göstermiştir.



Şekil 1. Geliştirilen yol belirleme algoritması için uygulanan işlem adımları

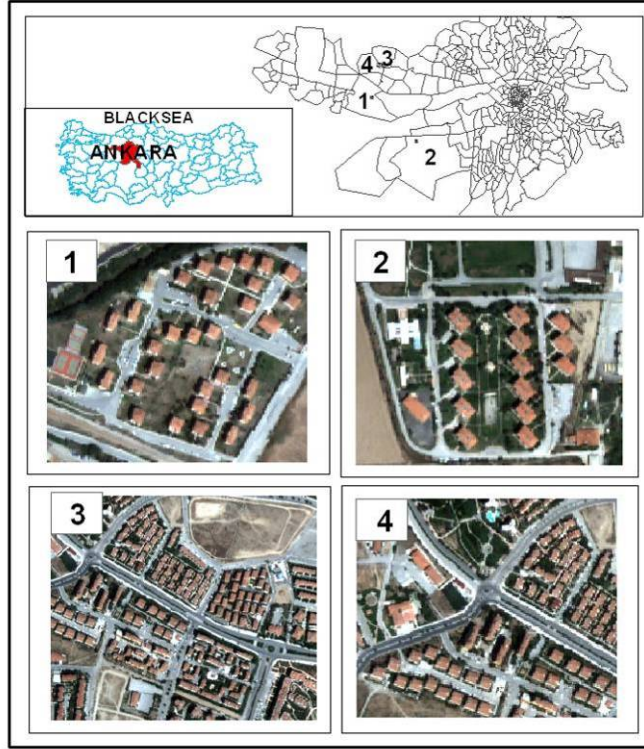
2. METOT

Önerilen yarı otomatik yol belirleme algoritması temel olarak dört ana adımda gerçekleştirilmektedir (Şekil 1). İlk olarak alandaki bitki ve gölge alanlar belirlenerek orijinal görüntüden maskelenmiştir. Daha sonra bu maskelenmiş görüntüye segmentasyon algoritması uygulanmıştır. Böylelikle, insan

yapımı alanlar spektral yansıma farklarına göre bölümlenmiş olmaktadır. Daha sonra ise, yola ait geometrik özelliklerden faydalanılarak yol ve binaların ayrımı yapılmıştır. Son olarak ise belirlenmiş olan yolların doğruluğu analiz edilmiştir. Doğruluk analizi için orijinal yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünden ilk olarak sayısallaştırma yapılmış ve elde edilen vektör yol haritasının altında kalan hücresel alanlar orijinal görüntüde maskelenerek hücresel doğruluk haritası elde edilmiştir. Hücresel doğruluk haritası ile algoritma sonunda elde edilen hücresel yol haritası karşılaştırılarak, örtüşen ve örtüşmeyen alanlar hücresel olarak belirlenmiştir. Geliştirilmiş olan algoritmanın ana adımları aşağıda verilmektedir (Şekil 1).

3. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETİ

Geliştirilen algoritma, yüksek çözünürlüğe sahip Quickbird uydu görüntüsüne uygulanmıştır. Quickbird uydu görüntüsü 2.4 m mekansal çözünürlüğe sahip çok spektrallı (R, G, B, NIR) banda ve 0.6 m mekansal çözünürlüğe sahip pankromatik banda sahiptir. Ankara'ya ait alınan uydu görüntüsü 2002 yılına aittir. Uydu görüntüsü üzerinde farklı yoğunluğa ve yol ağı yapısına sahip alanlardan kesitler alınmış ve birbirinden farklılık gösteren dört alanda algoritma test edilmiştir (Şekil 2). Seçilen test alanları Şekil 2'de gösterilmektedir. Buna göre: (1) Erler Mahallesi, (2) Ortadoğu Mahallesi, (3)Kardelen Mahallesi, (4) Yeni Batı Mahallesi'dir. İlk iki test alanına ait uydu görüntüsündeki yollar mahalle arasındaki tali yolları gösterirken, 3. ve 4. test alanları daha büyük bir alan kaplamasından dolayı, ara ve tali yolların yanında ana yolları ve kavşakları da içermektedir.



Şekil 2. Uygulama için belirlenen dört test alanı ve bu alanların Quickbird uydu görüntüleri

4. UYGULAMA

Otomatik yol belirleme algoritmasının ilk adımı bitki ve gölge olan alanların orijinal yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünden belirlenmesidir. Bitki olan alanlar yakın kızıl ötesini yüksek oranda yansıtırlarken, kırmızı bant spektral aralığını soğurmaktadır. Bu özelliklere dayanarak, alandaki bitki örtüsünün sayısal olarak belirlenmesi için normalleştirilmiş farklar bitki indeksi (NFBİ) yöntemi kullanılmıştır. NFBİ yöntemi aşağıda verilen denklem ile belirlenmektedir.

$$NFBİ = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

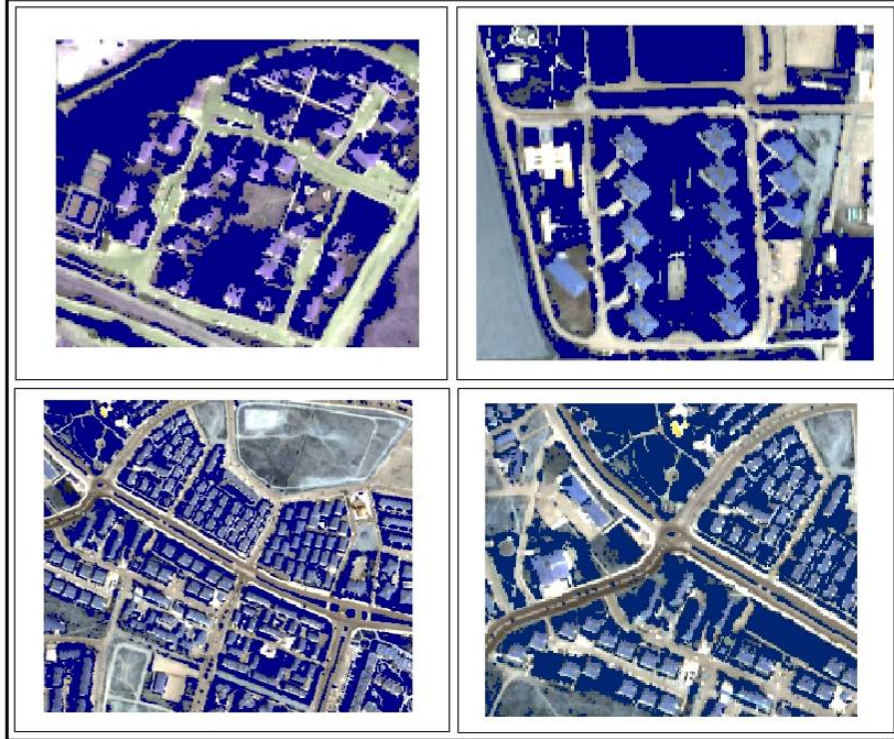
Bu denkleme göre ρ_{NIR} yakın kızıl ötesi banda ait yansımaya değerleri, ρ_{RED} Kırmızı banda ait yansımaya değerleridir (Denk. 1).

Bu yöntem sonucunda görüntüden elde edilen indeks değeri ne kadar yüksek ise, o bölgede o kadar fazla oranda bitki var demektir (Jensen, 1996). NFBİ yöntemi sonucu elde edilen görüntünün histogramı iki kısımdır (biri bitki için, diğeri geri kalan alanlar için). Bu görüntüyü uygun olarak ayırmak için Otsu metodu kullanılmıştır. Otsu metodu, iki-moda sahip histograma sahip görüntünün iki farklı sınıfa otomatik olarak ayrılabilmesi için, en uygun eşik değerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Bu eşik değeri farklı sınıflar arasındaki değişim oranını artırırken, aynı sınıf içindeki değişim oranının azaltılmasını sağlar.

Görüntüdeki gölge alanların belirlenmesi için, görüntü RGB renk uzayından YIQ renk uzayına dönüştürülmüştür. YIQ renk uzayının avantajı gri tonlama bilgisi renk verisinden ayrılmış olmasıdır, böylelikle aynı sinyal hem renkli hem de siyah beyaz setler için kullanılabilir (Mathworks, 2010). Bu YIQ renk uzayında ilk bileşen (Y) parlaklığı, ikinci bileşen (I) rengin tonunu ve üçüncü bileşende (Q) renk doygunluğunu ifade etmektedir. Burada ilk bileşen olan parlaklık gri tonları bilgisini, son iki bileşende renk bilgisini tutmaktadır. Gölge alanlar, I'nın Y'ye oranında yüksek değerler vermektedir. Buna göre aşağıdaki formül kullanılarak, gölge alanlar Otsu Metodu'nun otomatik olarak belirlediği eşik değerine göre belirlenmiştir.

$$\text{Gölge Alanlar} = \frac{I}{Y} \quad (2)$$

Belirlenmiş olan bitki ve gölge alanlar görüntüden maskelenerek, çoğunluğu insan yapımı olan yapıların görüntüde kalması sağlanmıştır. Bitki ve gölge alanlar için oluşturulan maskeler birleştirilerek, ilgili test alanı uydu görüntüsü üzerine çakıştırılmış ve Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Test alanlarına ait uydu görüntüleri üzerine giydirilmiş bitki ve gölge maskeleri

Maskelenmiş olan görüntüye daha sonra, Mean-Shift segmentasyon algoritması uygulanmış ve böylelikle görüntü segmentlere ayrılmıştır. Algoritma detaylı olarak Comaniciu ve Meer, 2002 ve Aytakin, ve ark., 2010 'da açıklanmıştır. Mean-Shift prosedürü Parzen window metodu olarak bilinen, kernel dağılım tahmini metodundan doğmuştur. Bu prosedürün ana amacı dağılımın yerel maksimum (dağılım modları) değerlerinin bulunması işlemine dayanmaktadır (Kybic, 2007). Yerel maksimum

değerlerinin bulunması sırasında üzerinden geçilen örneklem noktaları, daha sonra belirlenen modun “çekim bölgelerini” oluşturmaktadır (Comaniciu ve ark. 2002). Çekim bölgeleri de daha sonra segmentasyon için kullanılmaktadır (Özdarıcı ve Ok, 2007). Bir görüntü iki boyutlu hücrelerden oluşan matristen ve her hücre için yansıma değerini içeren spektral bilgiden oluşmaktadır. Buradaki matris, mekânsal uzay olarak bilinirken, spektral bilgi mesafe uzayı olarak bilinmektedir. Mekânsal uzay ve mesafe uzayı farklı doğaya sahip olduklarından uygun olarak beraber normalize edilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle, iki simetrik kernelin çarpımı olan çok değişkenli kernel aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Comaniciu ve ark., 2002):

$$K_{h_s, h_r}(x) = \frac{C}{h_s^2 h_r^p} k\left(\left\|\frac{x^s}{h_s}\right\|^2\right) k\left(\left\|\frac{x^r}{h_r}\right\|^2\right) \quad (3)$$

Burada x^s özellik vektörünün mekânsal bileşenini ve x^r de özellik vektörünün spektral bileşenini oluşturmaktadır. $k(x)$ her iki bileşen için aynı profildir. h_s ve h_r uzaysal ve spektral kısımlar için gerekli kernelin boyutları ve C ise normalizasyon katsayısıdır. Genel olarak normal dağılımlı kernel iyi sonuç verdiği için sadece kernelin boyutlarının (h_s ve h_r) tanımlanması gereklidir. Bu parametreler, esas alınan objenin boyutu ve mekândaki değişkenliği ile ilişkilidir. Bu parametrelerin obje boyutuna göre küçük seçilmesi fazla segmentasyona neden olur ki bu objenin tüm detaylarının ortaya çıkmasına ve büyük seçilmesi ise az segmentasyona yani objenin detayının kaybolmasına neden olmaktadır.

Çalışmada Mean Shift segmentasyon algoritması EDISON (Edge Detection and Image SegmentatiON) adlı bir program kullanılarak uygulanmıştır. Algoritmanın doğru bilgi üretmesi için minimum alan ve kernel boyu bilgisi için farklı bileşimler denenmiş ve görsel olarak sonuçlar karşılaştırıldıktan sonra en iyi sonucu veren parametreler belirlenmiştir. Buna göre en küçük bölge 20 hücre olarak ve kernel boyu $h = (7, 6.5)$ olarak uygulanmıştır.

Segmentasyon uygulanan görüntü sonucunda birbirinden farklı objelerin her biri, farklı bir segment olarak etiketlenmiştir. Yolların binalara göre daha uzun ve ince olacağı yaklaşımı ile her bir segmentin şekil özeliği tek tek analiz edilmiştir. Bunun için ilk olarak her bir segment için kapama ve açma morfolojik operasyonları uygulanmış ve boşluklar doldurulmuştur. Daha sonra ise her bir segment için inceltme (thinning) (Lam et al. 1992) algoritması kullanılarak, bir hücre genişliğinde segment iskeleti elde edilmiştir. İteratif olan inceltme algoritması, görüntü dokusundaki bağlanırlık bilgisini koruyan hücre silme kriterine dayanmaktadır (Lam et al. 1992). Hücreler, geride bir hücre genişliğinde iskelet kalıncaya kadar ve belirli ölçütler sağlanıncaya kadar iteratif olarak silinmektedir. Geride kalan her bir segment iskeletindeki hücre sayısı, o segmentin boyuna eşittir. Bu uzunluklarının dağılımı segmentlerin yol ya da bina olarak etiketlenmesi için değerlendirilebilir. Gözlemsel olarak görüntüden bina uzunluğunun alacağı maksimum değere göre, bir eşik değeri belirlenmiş ve bu eşik değeri uygulanarak segmentler yol ya da bina olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada tüm test alanları için 130 piksel değeri eşik değeri olarak belirlenmiş ve eşik değerinden uzun olan iskelet ağları yol olarak sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak, her test alanı için elde edilen yol ağları, orijinal uydu görüntüsü üzerine oturtularak Şekil 4’te sunulmaktadır.

Buna göre görsel olarak test alanları için analiz sonucu incelendiğinde, ana yolların büyük bir kısmının elde edildiği görülmüştür. Fakat 2. test alanının kuzeyinde bulunan yolun bir bölümü, 3. test alanının kuzey doğu kısmındaki ara yolun bir bölümü belirlenememiştir. Bunun nedeni, alana ait alınan uydu görüntüsünde yolun o kısımlardaki yansıma değerlerinin biraz daha koyu tonlu yansıma değerleri vermesi dolayısı ile bu bölümlerin gölge analizin maskeleye adımında maskelenmiş olması olabilir. Bunun yanında, yollarla benzer yansıma özelliği taşıyan test alanı 4’ün kuzey doğusunda bulunan park alanları veya test alanı 3’ün kuzey batısında bulunan boş toprak alanlarda yol olarak sınıflandırılmıştır. Bu negatiflikler yanında, test alanı 3 teki gibi büyük kavşaklar, ana yollar, test alanı 4 teki gibi büyük çift yollar, tali yolların bir bölümü, test alanı 1 ve 2 deki gibi binalara ait bazı ince yollar ve ara yollar yanında ev önlerinde bulunan park alanları dâhil mahalle arası yollarda başarı ile belirlenebilmiştir.

5. DOĞRULUK ANALİZİ

Önerilen yaklaşım sonucu elde edilen yol alanlarının, ne kadar doğrulukla bulunduğunu hesaplayabilmek için, hücre tabanlı doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi değerlendirmesinde algoritma sonucu belirlenen yol ağları ile referans yol ağları karşılaştırılmıştır. Referans yol ağlarını elde etmek için ilk olarak, test alanlarına ait uydu görüntüleri sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma sonucunda elde edilen poligon verisi, test alanlarına ait uydu görüntüleri ile aynı boyut ve hücre büyüklüğüne sahip olacak şekilde hücre formatına dönüştürülmüştür. Bu veri daha sonra, algoritma sonucunda elde edilen veriye benzer olarak, yol olan alanlara 1 ve yol olmayan alanlara ise 0 atanarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 4. Algoritma sonucu her test alanı için elde edilen yol ağları

Referans yol ağları ile her bir test alanı için algoritma sonucunda elde edilen sonuç verisi karşılaştırılarak karşılaştırılmış ve dört ölçü değeri (Doğru Pozitif - DP, Doğru Negatif - DN, Yanlış Pozitif - YP ve Yanlış Negatif - YN) hesaplanmıştır (Shufelt ve McKeown, 1993). Doğru Pozitif (DP), hem önerilen yöntem sonucunda hem de referans veride yol olarak belirlenen alanlardır. Doğru Negatif (DN), referans veride bulunan fakat algoritma sonucu elde edilemeyen yol alanlarını temsil etmektedir. Yanlış Pozitif (YP), referans veride bulunmayan fakat önerilen yöntem sonucunda yol olarak belirlenen alanları temsil etmektedir. Bu değerler kullanılarak Ayrılma katsayısı (AK), Kaçırma katsayısı (KK), Yol belirleme yüzdesi (YBY) ve Kalite yüzdesi (KY) aşağıda verilen şekilde hesaplanmıştır.

- $AK = YP / DP$
- $KK = DN / DP$
- $YBY = 100 * DP / (DP + DN)$
- $KY = 100 * DP / (DP + DN + YP)$

AK algoritma tarafından yanlışlıkla yol olarak bulunan alanların, algoritma tarafından doğru olarak bulunan yol alanlarına oranıdır. KK, algoritma tarafından kaçırılan yol alanların, algoritma tarafından doğru olarak bulunan yol alanlarına oranını göstermektedir. YBY, algoritma tarafından doğru bulunan yol alanlarının yer gereğinde bulunan tüm yol alanlarına olan yüzde oranını göstermektedir. KY ise, yaklaşımın performansının toplam ölçümünü göstermektedir. Her bir test alanı için elde edilen doğruluk değerlendirme sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Doğruluk analizi sonucunda elde edilen değerlerden AK ve KK oranlarının düşük olması, algoritmanın iyi çalıştığının göstergesidir. AK oranının düşük olması, algoritma tarafından yol olarak bulunan fakat referans veride yol olmayan bu alanların daha düşük oranda olması anlamına gelmektedir. Buna göre 1 ve 4. test alanları sırasıyla en düşük AK değerine sahiptir. KK oranının düşük olması ise, referans veride bulunan yolların, daha çoğunun algoritma tarafından bulunması demektir. Buna göre de yine 1. ve 4. test alanları düşük KK değerlerine sahipken, 2. ve 3. test alanları daha yüksek KK oranına sahiptir.

Tablo 1. Her bir test alanı için doğruluk değerlendirmesi

Test Alanı	Hücre Sayısı			Oran (%)			
	DP	YP	DN	AK	KK	YBY	KY
1	4553	1891	831	0.41	0.18	84.57	62.58
2	4259	2998	2078	0.7	0.48	67.2	45.63
3	14329	16291	5427	1.14	0.37	72.53	39.8
4	137280	133990	28320	0.98	0.21	82.90	45.82

Doğruluk analizi sonucunda elde edilen değerlerden YBY ve KY oranlarının yüksek olması ise algoritmanın performansının iyi olduğunu göstermektedir. Hücresel doğruluk analizi sonucunda görülmüştür ki YBY ve KY oranları sırasıyla 84.57-67.2 ve 62.58-39.8 arasında değişmektedir ve en yüksek YBY ve KY değerleri 1. alanı için elde edilmiştir. Bunun nedeni algoritmanın, 1. test alanında, daha yüksek oranda referans veride bulunan yol objelerini belirleyebilmiş olmasıdır. Yine, 4. test alanı da 82.90 ile oldukça yüksek bir YBY oranına sahiptir. 3. test alanına yüksek bir YBY vermesine rağmen düşük bir KY vermektedir. Bunun nedeni ise bu alanda yol ağları iyi şekilde belirlenmesine rağmen YP' lerin yüksek olmasıdır. Yani 3. test alanı için model sonunda, yol olmayan ve alanın güney doğusunda bulunan toprak alanın da, yol olarak sınıflandırılmasıdır. 2. ve 4. test alanları içinde yine 3. test alanına benzer bir durum söz konusu olduğundan, KY oranları 1. test alanına göre düşüktür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geliştirilen yaklaşım, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yolların belirlenmesi amacıyla birbirlerine destekleyici bilgi sağlayan spektral özelliklerle beraber mekânsal özelliklerin de kullanımını içermesi bakımından literatürdeki yol belirleme çalışmalarına katkıda bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, önerilen algoritmanın, yolların yarı otomatik olarak belirlenmesinde iyi bir sonuç verdiği görülmüştür. Algoritma sonucu elde edilen yol ağları incelendiğinde, en çok hatanın, yollara benzer yansıma gösteren toprak alanlarının da yol olarak sınıflandırılmasından kaynaklandığı görülmüştür. Algoritmayı iyileştirmek açısından yol ve toprak alanların ayırt edilmesi için literatürde geçen indeksler incelenerek algoritmaya dâhil edilebilir. Ayrıca algortmada uygulanan segmentasyon yöntemi, sonuçlar için oldukça önem arz etmektedir. Farklı algortmaya sahip segmentasyon yöntemleri ile algoritmanın performansı ileriki çalışmalarda test edilebilir. Algoritmanın içeriği dışında doğruluk analizi için kullanılan yer gerçeği verisinin hazırlanması da bu analizlerin değerlendirmesinde, oldukça kritik bir rol oynamaktadır. Bu iyileştirmeler ve öneriler dışında, trafik yönetimi, yangın, otomatik harita üretimi gibi yolların kısa sürede belirlenmesini gerektiren birçok uygulama için, geliştirilen algoritma ile oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Elektrik ve Elektronik Mühendisliğinde bulunan, Yrd. Doç. Dr. İlkay Ulusoy ve özellikle Arş. Gör. Orsan Aytekin'e geliştirilen algortmadaki işbirlikleri ve sonsuz destekleri için teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Tekin, Ö., Erener, A., Ulusoy, İ., Düzgün, H.S.B., 2010, Unsupervised Building Detection in Complex Urban Environments from Multi Spectral Satellite Imagery. International Journal of Remote Sensing. Basım Aşamasında.

- Bacher, U., Mayer, H.,** 2005, Automatic Road Extraction from Multispectral High Resolution Satellite Images. Object Extraction for 3D City Models, Road Databases and Traffic Monitoring - Concepts, Algorithms and Evaluation , 36(3/24), 29- 34. Vienna, Austria: the ISPRS Workshop CMRT.
- Comaniciu, D. Meer P.,** 2002, Mean shift: A robust approach toward feature space analysis. IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 24, 603–619.
- Cui, N., Qin Y.A., Bofeng L., Shaoming Z.,** 2008, Road Extraction From High-Resolution Remote Sensing Image Based On Phase Classification. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B3b. Beijing 2008
- Geçen, R., Sarp G.,** 2007, Yüksek Ve Düşük Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Yolların Tayini. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongres, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon
- Gruen, A., Li H.H,** 1997, Semi-automatic linear feature extraction by dynamic programming and LSB-Snakes, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,1997, 63(8): 985-995.
- Haitao, Z., Zhou X., Qing Z.,** 2008, Research On Road Extraction Semi-Automatically From High Resolution Remote Sensing Images. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B3b. Beijing 2008
- Jensen, J.R.,** 1996, Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective. 182-185.
- Kybic, J.,** 2007, Mean Shift Segmentation, lecture notes winter semester 2007. <http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/33DZOzima2007/slidy/meanShiftSeg.pdf> (03.06.2010)
- Lam, L., Lee S.W., Wuen C. Y.,** 1992, Thinning Methodologies-A Comprehensive Survey. IEEE TrPAMI, 14(9), 869-885.
- Laptev, I., Mayer H., Lindeberg T., Eckstein W.,** 2000, Automatic extraction of roads from aerial images based on scale-space and snakes. Technical report CVAP240,ISRN KTH/NA/P-00/06-SE, March 2000.
- Mathworks,** 2010, Documentation, Image Processing Toolbox. En son 3 Haziran 2010da bakılmıştır. <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/f8-20792.html>
- Mena, J.B.,** 2003, State of the art on automatic road extraction for GIS update: a novel classification. Pattern Recognition Letters, 24, 3037–3058
- Mokhtarzade, M., Valadan Zoej M. J., Ebadi H.,** 2008, Automatic Road Extraction From High Resolution Satellite Images Using Neural Networks, Texture Analysis, Fuzzy Clustering And Genetic Algorithms. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B3b. Beijing 2008
- Özdarıcı, A., Ok A. Ö.,** 2007, Mean-Shift Segmentasyon Algoritması Destekli “En Büyük Olasılık” Sınıflandırma Yöntemi Kullanılarak Tarım Alanlarının Sınıflandırılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon
- Özkaya, M.,** 2009, Road Extraction From High-Resolution Satellite Images. Ms. Thesis, Middle East Technical University.
- Ruisheng, W. Yun Z.,** 2003, Extraction of urban road network using Quickbird Pansharped Multispectral and Panchromatic Imagery by Performing Edge-Aided Post-Classification. http://www.geoict.net/Resources/Publications/RW_UNB_GRSS_2003.pdf (03.06.2010)
- Shufelt, A.A. Mckeown D.M.,** 1993, Fusion of Monocular Cues to Detect Man-Made Structures in Aerial Imagery. CVGIP: Image Understanding, 57(3), 307-330.
- Steger, C.** 1998, An Unbiased Detector of Curvilinear Structures. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(2), 113-125.
- Sümer, E. Türker M.,** 2008, Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Genetik Algoritma Yaklaşımı ile Bina Tespiti. Temmuz 2008, Sayı 140. www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/77ad541b6b5bc48_ek.pdf (20.07.2010)
- Trinder, J.C., Wang Y.D., Sowmya A.,** 1997, Artificial Intelligence in 3D Feature Extraction[A]. Automatic Extraction of Man-made Objects from Aerial and Space Images (2) [C]. Basel: Birkhaeuser Verlag. 1997, pp.257-265
- Wang, L., Qin, Q., Du, S., Chen, D., ve Tao, J.,** 2005, Road Extraction from Remote Sensing Image Based on Multi-Resoluition Analysis. 31st. International Symposium on Remote Sensing of Environment - Global Monitoring for Sustainability and Security. Saint Petersburg, Russian.
- Zhang, Q., Couloigner, I.,** 2004, Automatic Road Change Detection and GIS Updating from High Spatial Remotely-Sensed Imagery. Geo-Spatial Information Science, 89-95.
- Zhao, H., Kumagai, J., Nakagawa, M., Shibasaki, R.,** 2002, Semi-Automatic Road Extraction from High-Resolution Satellite Image. ISPRS. Photogrammetric Computer Vision , A-406.
- Zheng, J., Liu, G.-J., Coppa, I.** 1998, Linear Geo-spatial feature extraction from remotely sensed digital imagery using conjugate transformation. 9th Australian Remote Sensing and Photogrammetry Conference. 6401.
- Zhu Y.H., Jiang T.,** 2000, Extraction Method of Roads Information in Remote Sensing Image Based on Two - Dimensional Wavelet Transform. Mine Surveying, 2002(3), 30.