

UYDU GÖRÜNTÜLERİNDE KIYI ŞERİDİNİN TESPİTİ İÇİN GÜRBÜZ BİR YÖNTEM

A ROBUST APPROACH FOR SHORELINE DETECTION IN SATELLITE IMAGERY

Ümit Ruşen Aktaş, Gülcan Can, Fatoş T. Yarman Vural

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
{rusen.gulcan,vural}@ceng.metu.edu.tr

ÖZETÇE

Çok bantlı uydu görüntülerinde kıyı şeridi tespiti için genellikle yansıma değerlerine dayalı eşikleme yöntemleri bölütleme ile birlikte kullanılmaktadır. Bu yöntem kara ile denizi yüksek bir doğruluk oranı ile ayırmakla birlikte, hata payı kıyı şeridine yakın hücrelere (piksellere) yığılmakta ve kıyı şeridinde yer alan gemi, iskele, mendirek vb. nesnelere bulunmasını güçleştirmektedir. Dört bantlı uydu verilerinde gölge ve suyun yansıma değerlerinin yakın olması nedeniyle karıştırıldığı bilinen bir sorunsaldır. Bu durum, kıyı şeridi tespitinde güvenilir olmayan sonuçlara neden olabilmektedir. Ayrıca yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama verilerinin bölütlenmesinde karşılaşılan sorunlar, su alanlarının sınırlarını saptarken, hatalı sonuçlar doğurabilmektedir. Bu çalışmada, daha gürbüz bir kıyı şeridi çıkartma algoritması olarak iki aşamalı bir bölütleme taktiği önerilmektedir. İlk aşamada yansıma değerleri üzerinden bölütleme yapılmakta ve kenar bilgisi gözetilerek bölütlerin bir kısmı birleştirilmektedir. Ardından bölütleme ile hücreye dayalı elde edilmiş su çıktısı birleştirilmektedir. Böylelikle kıyı şeridinin elde edilmesinde iyileştirme sağlanmıştır. Ayrıca, kıyı şeridine özgü hassas bir performans ölçütü önerilmiştir.

ABSTRACT

Shoreline extraction algorithms from multispectral imagery depend on threshold selection over spectral values and segmentation in general. Although this gives high performance values for water delineation, error is accumulated on pixels near shoreline and makes detection of nearby ships, docks etc. very hard. Water-shadow spectral mixing is a well-studied problem as only four bands available. This mixing brings up untrustworthy shoreline results. Furthermore, problems due to segmentation of high-resolution remote sensing imagery tend to make shoreline detection results erroneous. In this study, a robust two-staged shoreline extraction algorithm is proposed. At first stage, segmentation over spectral values is applied, and then, some segments are combined according to edge information. As second part of the algorithm, pixel-based water information is integrated. This way, shoreline extraction technique is improved. Additionally, a sensitive and representative performance metric is introduced for shoreline extraction.

1. GİRİŞ

Doğal alanlardaki ve yerleşim alanlarındaki değişimlerin gözlemlenmesi, alanların farklı kullanım amaçları için planlanması gibi gereksinimler, uydu görüntülerinde yapılan kesin ve hassas kıyı tespitlerini değerli kılmaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan 4 bantlı uydu görüntülerinde su alanlarının analizi genellikle yakın kızılötesi bantın yansıma değeri veya yeşil bant ile yakın kızılötesi bantın normalize edilmiş fark su indisi (NDWI) incelenerek gerçekleştirilmektedir [1,2]. Su alanları, yakın kızılötesi bantta sifira yakın yansıma verdiği için yeşil bant ile fark alındığında yeşil alan veya toprak alanlardan ayrıştırılabilmektedir [2]. Ancak, IKONOS verilerinde NDWI indisiyle tespit yapılmaya çalışıldığında bazı yerleşim alanları ile su karışabilmektedir. LANDSAT gibi SWIR bantı içeren uydu verileri için yeni bir indis önerilmiş olsa da IKONOS, QUICKBIRD, GEOEYE gibi dört bantlı uydu verileri için bu indis uygulanamamaktadır [3]. Ayrıca, bu yaklaşımlar, su-gölge karıştırılması sorunsalına çözüm getirememektedir. Bu çalışmada, IKONOS verileri için yakın kızılötesi bant dinamik eşikleme uygulanırken, GEOEYE verileri için NDWI sonucu üzerine dinamik eşikleme yapıp su hücreleri elde edilmiştir.

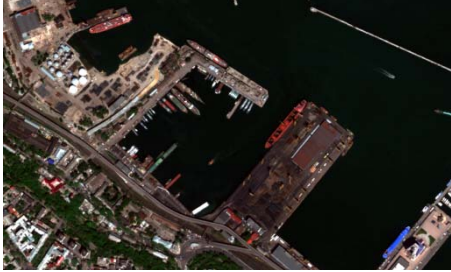
Literatürde yalnızca yansıma değerlerine dayanan hücre tabanlı tespitlerin yerini bölüt tabanlı çalışmalar almaya başlamıştır [4]. Bölütlemeye dayalı algoritmalar, sonuçların parçalı olması olasılığını düşürmekte, ve genel anlamda daha bütünsel sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte, bölütler özellikle kıyılarda, gölgeler ve su gibi birbirine benzeyen alanların birleşmesine sebep olabilmektedir. Literatürde çok kullanılan ortalama kaydırma (*meanshift*) algoritması kullanılarak, kıyı çizgilerini mümkün olduğunca koruyan bir bölütleme algoritması geliştirilmiştir [5]. İlk aşamada, görüntüler, yansıma değerlerine bakılarak bölütlenmektedir. Kenarları gözetmeyen bu bölütleme maskesinde, bölütler arası sınırlara ve bölütlerin özneliklerine dayalı bir birleştirme işlemi uygulanmaktadır. Bu birleştirme işleminin püf noktası, iki bölüt arasındaki alanın *döndürülebilir süzgeç (steerable filter)* sonuçlarına bakılmasıdır [6]. Döndürülebilir süzgeç sonuçları, kabataslak bir su çıktısı üzerinden bulunmaktadır. Döndürülebilir süzgeç, en yüksek tepkiyi açık ve koyu bölgeleri ayıran sınırlarda verdiği için, kıyı çizgileri üzerinde yüksek ve devamlı bir sırt elde edilmektedir. Döndürülebilir süzgeç çıktıları üzerinden de, Doğru Parçası Tespit Edicisi (Line Segment Detector: LSD) kullanılarak çizgiler bulunmaktadır [7]. Bu çizgiler döndürülebilir süzgeç çıktısının üzerine eklenerek var olan kenar bilgisini güçlendirmektedir. Bu çalışmada kullanılan veri seti bir sonraki başlıkta, algoritmada izlenen adımlar ve ayrıntıları üçüncü kısımda aktarılmaktadır. Kıyı tespiti için kullanılan performans ölçütleri ile yeni önerilen ölçütün tanımı ise dördüncü kısımda yer almaktadır. Önerilen yöntemle dair sonuçlar, işlenmemiş bölütleme kullanan yöntem ile kıyaslanmış ve performans değerleri tablo halinde sunulmuştur.

Bu çalışma HAVELSAN tarafından desteklenmektedir.

978-1-4673-0056-8/12/\$26.00 ©2012 IEEE

2. VERİ SETİ

Sahil şeridinde gemi içeren limanların bulunduğu iki IKONOS ve yedi GEOEYE çok bantlı görüntüsü veri seti olarak kullanılmıştır. Çalışılan tüm görüntüler 2 metre çözünürlüğe sahiptir. Ancak, iki uydunun verileri arasında yansıma farklılıkları göze çarpmaktadır. Şekil 1'de örnek bir GEOEYE verisi bulunmaktadır.

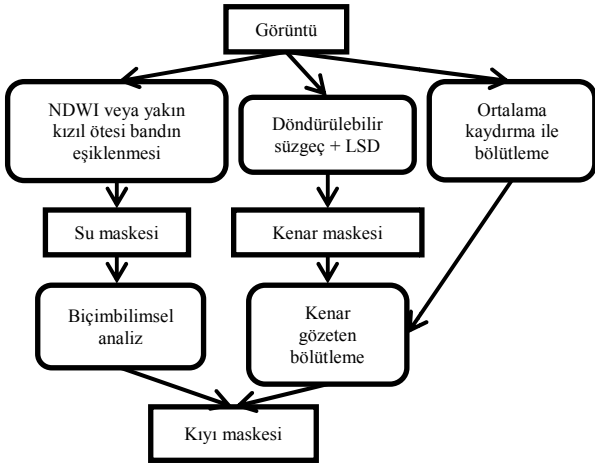


Şekil 1: GEOEYE örnek veri (RGB hali)

Tüm görüntülere ait doğruluk referans verileri elle çizilerek hazırlanmıştır. Bu referans verilerinde kıyı şeridi hassas bir şekilde işaretlenmiştir.

3. ALGORİTMA

Algoritmanın akışı genel hatları ile Şekil 2'de ifade edilmiştir. Her adımın açıklaması aşağıdaki alt başlıklarda anlatılmıştır.



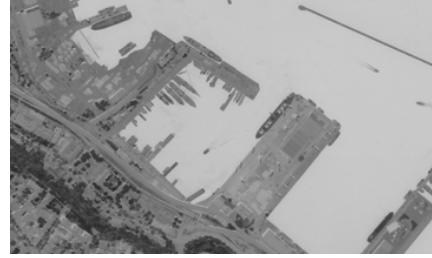
Şekil 2: Algoritmanın adımları

3.1. Suyun Tespiti

Literatürde, çoğu çalışmada eşik değeri elde edilen veri setine göre optimize edilmiş belli bir sabit olarak benimsenmektedir. Ancak bu durum, algoritmanın genel geçer olmasını önlemekte ve farklı verilerde düşük performans göstermesine yol açmaktadır. Bu çalışmada, suyun tespiti için dinamik eşikleme yöntemi kullanılmıştır. Veri setinde kullanılan iki farklı uydu verisi için iki ayrı yöntem uygulanmıştır. IKONOS verileri için [8]'de izlenilmiş olan yakın kızılötesi bandın dinamik eşiklenmesine gidilmiştir. GEOEYE verileri için ise McFeeters tarafından önerilmiş olan NDWI indisi uygulanmış [2] ve çıkan gri düzey görüntüde Otsu'nun eşikleme yöntemi kullanılmıştır [9].

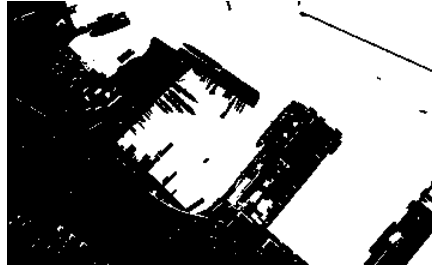
$$NDWI = \frac{Yeşil - YakınKızılÖtesi}{Yeşil + YakınKızılÖtesi} \quad (1)$$

Şekil 1'deki örnek veriye ait NDWI çıktısı Şekil 3'te sunulmuştur. NDWI çıktısının eşiklenmesi ile elde edilen su-kara ayırımı maskesi ise Şekil 4'te sunulmuştur.



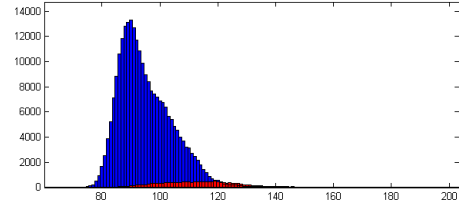
Şekil 3: Örnek verinin NDWI çıktısı

Kıyı çizgisi etrafındaki bantta eşiklenmiş NDWI sonucundan doğruluk referans verisinin çıkarılmasıyla taslak bir gölge maskesi elde edilmiştir. Bu adım, gölge-su alanlarının spektral değerlerinin kıyaslanması amacıyla yapılmıştır.



Şekil 4: Örnek verinin eşiklenmiş NDWI sonucu

Şekil 5'te eşiklenmiş NDWI sonucundaki su ve gölge alanlarının yakın kızılötesi bandı histogramı görülmektedir.



Şekil 5: Su(M)-gölge(K) yakın kızılötesi histogramı

Görüldüğü gibi, gölge ile suyun yansıma değerleri birbirlerine çok yakın çıkmaktadır. Ayrıca, gölge alanlarının standart sapma değeri bütün bantlarda suya göre çok daha fazla çıkmaktadır.

3.2. Döndürülebilir Süzgeçle Kıyı Tespiti

İlk olarak, ortalama kaydırma algoritması kullanılarak, küçük parçalara ayrılmış bir bölütleme çıktısı elde edilmektedir. Ortalama kaydırma algoritması, kırmızı-yeşil-mavi yansıma değerleri üzerinde, uzamsal aralık = 3, spektral aralık = 3, en küçük bölge alanı = 100/çözünürlük parametreleriyle çalıştırılmıştır. Bu noktada, suya özel, kenar bilgisini koruyan bir bölütleme çıktısı elde etmek üzere çalışılmaktadır. Algoritmanın ayrıntıları aşağıda verilmektedir.

- 1) NDWI çıktısı döndürülebilir süzgeçten geçirilerek, açıktan koyuya geçişin belirgin olduğu kıyı şeridi ve bu gibi yerlerde yüksek tepki veren bir sonuç alınmaktadır. Bu çıktı üzerinde kenar parçası bulma (LSD) algoritması ile çizgiler bulunarak, düz ve yüksek tepki veren sırtlar belirginleştirilmektedir. Örnek veriye ait döndürülebilir süzgeç ve doğru parçası çıktıları Şekil 6'de görülebilir. Elde edilen sonuç, korunması gereken kenarların bilgisini vermektedir.
- 2) Komşu olan her bir bölüt ikilisine, renk bilgilerine ve aralarındaki sınıra ait hücrelerin döndürülebilir süzgeç çıktısındaki tepki değerlerine göre bir puan verilmektedir. w_1 , w_2 ve w_3 bu puanların ağırlıklarını ifade etmekte olup, hepsine eşit değerler atanmıştır.
- 3) Verilen puanların 100 basamaklı histogramı çıkartılarak, ikililere ait puanların dağılımı incelenmektedir. Veri setinden de bir kesme noktası öğrenilmektedir.

$$Puan_{xy} = w_1 (O_x - O_y) + w_2 (D_x - D_y) + w_3 (S_{xy}), x, y \in B \quad (2)$$

Yukarıdaki denklemde şu notasyon kullanılmıştır:

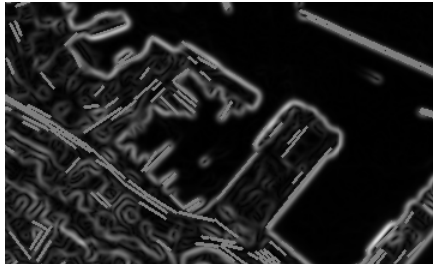
B = Tüm bölütlerin kümesi
 O_x = x bölütüne ait ortalama yansıma değeri
 D_x = x bölütünün ortalama döndürülebilir filtre tepkisi
 S_{xy} = x ve y bölütleri arasındaki sınırın ortalama döndürülebilir filtre tepkisi

- 4) Belirlenen sınır noktasının altında kalan tüm bölüt ikilileri birleştirilerek daha büyük bölütler elde edilmesi sağlanmaktadır.

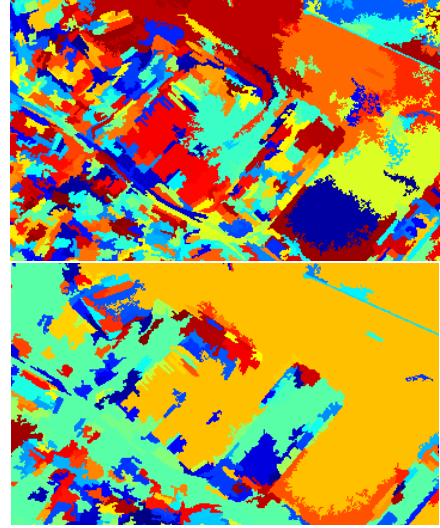
Algoritmanın çalışması sonucunda birleştirilen bölütler, yansıma değerleri açısından birbirine benzeyen, ve yüksek bir döndürülebilir süzgeç tepkisiyle ayrılmayan bölütlerdir. Örnek veriye ait ham bölütleme çıktısı ve kenar bilgisine göre işlenmiş hali Şekil 7'de görülebilir.

3.3. Su Sonucunun Bölütleme Çıktısı ile Birleştirilmesi

Su tespiti yapıldıktan sonra, ilgi bölgesi haricinde olan su parçaları biçimbilimsel yöntemlerle elenmektedir. Bu aşamada alan kıstası kullanılmıştır. Kenar gözetim bölütleme elde edildikten sonra, her bölütteki su oranı incelenmiştir. Bölütteki hücreye dayalı işlenmiş su çıktısı %95 veya üzerinde ise tüm bölüt su olarak işaretlenmektedir. Bu oran deneme yanılma yöntemi ile elde edilmiştir.



Şekil 6: Döndürülebilir süzgeç + doğru parçası çıktıları içeren maske



Şekil 7: Üstte ham bölütleme, altta kenar bilgisine göre işlenmiş bölütleme çıktısı

4. PERFORMANS ÖLÇÜTÜ

Sistemin performansını kıyılar üzerinden hesaplayabilmek için, kıyı şeridi etrafında 100 hücrelik bir bantta klasik kesinlik, geri getirme ve doğruluk ölçütleri uygulanmıştır. Bunlara ek olarak, yeni bir performans ölçütü getirilmiştir. Bu mekanizma, suyun ne kadarının bulunduğundan çok, kıyıların ne kadar hassas bulunabildiğini ölçmektedir. Her bir kıyı noktasının, algoritma sonucuna göre en yakın bulunan kıyı noktasına uzaklığı ölçülmüş, ve bu uzaklığın ortalama değeri her görüntü için hesaplanmıştır. Bu ölçüt, Kıyı Çizgisi Doğruluğu (KÇD) olarak adlandırılmıştır. Matematiksel ifadesi aşağıda verilmektedir:

$$ortKıyıHatası = \frac{\sum_{i \in S} f(i)}{N_S} \quad (3)$$

Yukarıdaki ifadede,

$$f(i) = |x(i) - x(j)|,$$

j , test maskesindeki kıyı çizgisi üzerinde i hücresine en yakın hücreye karşılık gelmektedir.

S , doğruluk referans verisindeki kıyı şeridini oluşturan hücrelerin kümesidir. N_S ise, S 'de bulunan hücre sayısıdır.

KÇD, bulunan kıyı şeritlerinin gerçekten ne kadar saptığını görmek için tasarlanmıştır. Dolayısıyla, bulunan suyun büyüklüğünün ölçüt üzerinde bir yanlılığı yaratmasının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Küçük değerler, hata payının daha az olduğunu göstermektedir.



Şekil 8: Örnek görüntü için hazırlanmış doğruluk referans maskesi

Tablo 1: Karşılaştırmalı performans değerleri

Veri	Kesinlik		Geri getirme		Doğruluk		Ort. Kıyı Kayması (Hücre)	
	Kıyı-1	Kıyı-2	Kıyı-1	Kıyı-2	Kıyı-1	Kıyı-2	Kıyı-1	Kıyı-2
Geo-1	99.28	99.37	82.23	80.11	95.23	94.71	4.87	5.09
Geo-2	99.87	99.83	87.36	88.77	97.94	98.17	7.35	5.92
Geo-3	99.40	99.27	82.92	83.37	96.88	96.95	11.78	7.05
Geo-4	99.25	98.82	79.54	85.97	96.27	97.33	14.35	12.05
Geo-5	88.92	88.93	85.56	86.59	97.92	97.98	21.32	20.81
Geo-6	99.60	99.23	83.10	86.20	96.91	97.41	12.85	10.65
Geo-7	99.89	99.81	84.84	85.75	96.80	96.97	7.62	7.23
Iko-1	98.31	99.89	94.66	94.77	98.58	98.60	3.29	3.06
Iko-2	99.86	99.91	90.67	90.67	97.29	97.30	4.67	4.46

5. SONUÇLAR

Verisetindeki görüntülere ait kesinlik, geri getirme, doğruluk ve KÇD sonuçları Tablo 1’de verilmektedir. Karşılaştırmak üzere, algoritma iki farklı bölütleme çıktısı ile çalıştırılmıştır. Kıyı-1, ham ve çok parçalı ortalama kaydırma bölütleme çıktısı ile; Kıyı-2 ise, bu makalenin ana katkısı olan döndürülebilir süzgeç kullanan bölütleme algoritmasının çıktısı ile çalıştırılmıştır. Geo-2 örnek verisine ait doğruluk referans verisi Şekil 8’de verilmiştir.

Önerilen algoritma, kesinlik ölçütüne göre kesin bir gelişme sağlayamamakla birlikte, diğer üç ölçüte göre belirgin bir ilerleme sağlamıştır. Özellikle geri getirme oranlarından anlaşılacağı üzere, geliştirilmiş yöntem, kıyılarda kaçırılan bazı su bölütlerinin yakalanmasını sağlamıştır. Geo-1 görüntüsünde doğal bir alan olduğunu ve kıyılarda doğrusal bölgelerin bulunmadığını, bunun da yöntemin çalışmasını güçleştirdiğini belirtmek gerekir.

Şekil 9-10’da da görüldüğü üzere, önerilen algoritmanın ham bölütleme çıktısıyla çalışmaya kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiği gözle de teyit edilebilmektedir. Kıyı şeridi, daha ayrıntılı ve gerçeğe daha yakın bir şekilde bulunabilmektedir.

Kıyıya yakın ve yüzeyinde pürüzlenme ve dalgalanma olan su alanlarında, yansımaya değişimlerinden dolayı, su çıktısı gürültülü sonuçlar vermektedir. İlk algoritmayla bu bölütler ayrı ve küçük parçalar halinde bulunduğu için, buralar genelde su olarak işaretlenememektedir. Önerilen algoritmada, bu bölütlerle daha büyük ve homojen su kütleleri arasında yüksek bir döndürülebilir süzgeç tepkisi çıkmamaktadır. Böylece, bu bölütler otomatik olarak birleştirilmekte ve gürültülerin etkisi azaltılmaktadır.

Yeni önerilmiş olan KÇD ölçütünün, insanın görsel algısına daha çok hitap ettiği görülmüştür. Diğer tüm ölçütlere nazaran, KÇD’nin Geo-2 örnek verisi için, iki yöntemin hata payları arasında daha bariz bir fark bulunduğu gözlenmektedir. Bu da önerilen ölçütün, kıyı şeridi sonuçlarının gerçeğe yakınlığının değerlendirilmesinde daha gürbüz olduğunu ortaya koymaktadır.

İleriki çalışmalarda, gemilerdeki gölgeler sebebiyle oluşan hataları elemek için çokgen oturtma yöntemiyle iyileştirilmeye gidilmesi hedeflenmektedir. Histogramlarda uygulanan sabit kesme noktasının ise küresel bir karar fonksiyonuyla değiştirilmesi de düşünülmektedir.

6. İTHAF

Bu çalışma, bizi değerli fikirleriyle motive eden arkadaşımız, Şehit Binbaşı Mithat Çolak’ın anısına adanmıştır.



Şekil 9: Geo-2 için Kıyı-1 sonucu



Şekil 10: Geo-2 için Kıyı-2 sonucu

7. KAYNAKÇA

- [1] Bowker, D.E., Davis, R.E., Myrick, D.L., Stacy, K., and Jones, W.T., "Spectral Reflectances of Natural Targets for use in Remote Sensing Studies," *NASA Ref. Pub.*, 1139, 1985.
- [2] McFeeters, S.K., "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features," *International Journal of Remote Sensing*, 17(7):1425-1432, 1996.
- [3] Xu H.; "Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery," *International Journal of Remote Sensing*, 27(14):3025-3033, 2006.
- [4] Kaichang Di, Ruijin Ma, Jue Wang, Ron Li. "Automatic shoreline extraction from high-resolution IKONOS satellite imagery," *In Proceedings of the 2003 annual national conference on Digital government research, Boston, MA*, 130:1-4, 2003.
- [5] Comaniciu, D.; Meer, P.; "Mean shift: a robust approach toward feature space analysis," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 24(5):603-619, May 2002.
- [6] Freeman, W.T.; Adelson, E.H.; "The design and use of steerable filters," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 13(9):891-906, 1991.
- [7] von Gioi, R.G.; Jakubowicz, J.; Morel, J.-M.; Randall, G.; "LSD: A Fast Line Segment Detector with a False Detection Control," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 32(4):722-732, April 2010.
- [8] Bayram, U.; Can, G.; Yuksel, B.; Duzgun, S.; Yalabik, N.; "Unsupervised land use - land cover classification for multispectral images," *Signal Processing and Communications Applications (SIU), 2011 IEEE 19th Conference on*, 574-577, 2011.
- [9] Otsu, N.; "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, 9(1):62-66, Jan. 1979.