

RASTGELE ORMAN YÖNTEMİ KULLANILARAK KIYI ÇİZGİSİ ÇIKARIMI STANBUL ÖRNEĞİ

Fırat Erdem^a, Mustafa Andaç Derinpınar^a, Rouhollah Nasirzadehdizaji^a, Selen Oy^b, Dursun Zafer Seker^c, Bülent Bayram^a

^a Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, 34220 Davutpaşa İstanbul, Türkiye - (firat.erdem, mustafa.andac.derinpınar, rouhollah.nasirzadehdizaji)@std.yildiz.edu.tr, bayram@yildiz.edu.tr

^b Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, 07058 Antalya, selenoy171@gmail.com

^c İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, seker@itu.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Rastgele Orman Yöntemi, kıyı çizgisi çıkartma, Landsat-8, Uzaktan Algılama.

ÖZET:

Çevrenin korunması ve sürdürülebilir kıyı geliştirme hedeflerine ulaşmak için kıyı alanlarının izlenmesi gerekmektedir. Doğal çevre yönetimi, afet yönetimi, kıyı erozyonu incelemeleri, katı madde taşıması ve kıyı morfolojilerinin modellenmesi gibi farklı alanlarda kıyı çizgisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, kıyı çizgilerinin özellikle uydu görüntülerinden çıkarılması için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Rastgele Orman algoritması geliştirilen bu tekniklerden bir tanesidir. Rastgele Orman Algoritması, karar ağaçlarına dayanan bir makine öğrenme metodudur. Karar ağaçları, eğitim verilerinin sınıflarını analiz eder ve test verilerinin hangi sınıfa ait olduğunu eğitim verilerinden çıkarttı. Kurallara göre belirler. Sunulan çalışmada Terkos bölgesi, "Sürdürülebilir Kıyı Alanı İzleme Modeli için İnsansız Hava Araçları-LIDAR Teknolojilerinin Entegrasyonu- Üç Boyutlu Otomatik Kıyı Çizgisi Çıkartılması ve Analizi: İstanbul-Terkos Örneği" başlıklı TÜBİTAK Projesi (Proje No: 115Y718) kapsamında önerilen yöntemin kullanılması amacıyla çalışılma alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, Terkos Gölü ve gölün hemen yakınında yer alan bölgedeki Karadeniz sahilindeki kıyı çizgileri, 22 Temmuz 2016 tarihinde alınan Landsat-8 uydu görüntüsüne Rastgele Orman sınıflandırma yöntemi kullanılarak çıkarılmıştır. Uygulamada öncelikle uydu görüntüsüne ön işleme uygulanmıştır. Rastgele Orman algoritması ile sınıflandırma işlemi için MATLAB platformu kullanılmıştır. Rastgele Orman algoritması çalışılma bölgelerine ait görüntülerin farklı bant setlerine uygulanarak, sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonucunda kara ve su sınıfları olmak üzere ikili görüntüler elde edilmiştir. Uygulanan bant setleri NIR, R-G-B ve R-G-B-NIR'dir. Terkos Gölü'ne ait elde edilen kıyı çizgilerinin doğruluklarını analiz etmek için elle sayısallaştırılan kıyı çizgileri referans alınarak alansal ve kıyı çizgisi bazında karşılaştırılmıştır. Sonuçlara bakıldığında, kıyı çizgisi çıkarımında yakın kızıl ötesi bandını içeren görüntülerin en az hatalı sonucu verdiğini görülmüştür.

COASTLINE EXTRACTION BY USING RANDOM FOREST METHOD; A CASE STUDY OF ISTANBUL

KEYWORDS: Random Forest Classifier, Shoreline extraction, Landsat-8, Remote Sensing

ABSTRACT:

Coastal monitoring plays a vital role in environmental planning and hazard management related issues. Moreover, it is to ensure the protection of the environment and the achievement of sustainable coastal management strategies. Since shorelines are basic data for natural environment management, disaster management, coastal erosion studies, modelling of sediment transport and coastal morphodynamics, various techniques have been developed to extract coastlines, especially from satellite images. Random Forest classifier is one of these techniques which is used in this study for shoreline extraction purpose. This algorithm is a machine learning method based on decision trees. Decision trees analyse classes of training data creates rules for classification. In the present study, Terkos region has been used for the purpose of using the proposed method within the scope of "TUBITAK Project (Project No: 115Y718) titled" Integration of Unmanned Aerial Vehicles for Sustainable Coastal Zone Monitoring Model - Three Dimensional Automatic Coastline Extraction and Analysis: Istanbul-Terkos Example ". In this study, proposed Random Forest algorithm has been implemented to extract the shoreline of the Black Sea in the region near Terkos Lake and the shoreline of Lake Terkos from Landsat-8 image taken on 22 July 2016. The Landsat-8 image has been pre-processed before applying of Random Forest algorithm. The MATLAB environment was used for classification. To obtain land and water-body classes, the Random Forest method has been applied to three different band sets which are NIR, R-G-B and R-G-B-NIR. Manually digitized shorelines have been used for accuracy assessment. Areal and shoreline based evaluations have been done for Lake Terkos and Black Sea shoreline. According to accuracy assessment results, satisfactory results have been achieved by the proposed method. It has been seen once that most accurate results were obtained with data sets containing NIR band.

1. GİRİŞ

Atmosfer, hidrosfer ve yerkürenin birbirleri ile etkileşimi

içerisinde oldukları yegâne alanlar olan kıyı bölgelerindeki koşulların büyük bir bölümünün, yıllık, mevsimsel ve hatta günlük olarak insan etkisinde veya fırtına ve iklim değişikliği

gibi doğal kaynaklı de i ime u raması, bu de i imlerin belirli bölgelerde ve zamanlarda, belirli periyodlarla izlenerek saptanmasını gerektirir. Doğal gelişim ve çevresel koruma açısından oldukça önemli olan bu i imlerin klasik yöntemlerle yapılmasının oldukça zaman alıcı olması nedeniyle, uzaktan algılama teknolojileri yaygın olarak kullanılabilir (Bayram, vd., 2017). Kıyı de i imlerinin izlenmesi on yıllar boyu ara tırmaların konusu olmuştur (Dornbusch vd., 2006; Marques, 2006; Pierre ve Lahousse, 2006; Benumof ve Griggs, 1999). Kara ile denizin sürekli etkileşim içinde olduğu kıyı alanları en çok tehdit altında olan eko-sistemlerden biridir. Kıyı alanları artan nüfus, şehirleşme ile artan bir oranda insan tehdidi altındadır ve eko-sistemi tehdit etmektedir (Bendell ve Wan, 2011). Uluslararası Coğrafya Veri Komitesi'ne göre kıyı alanları yeryüzündeki en önemli 27 doğal zenginliklerden biridir (Li vd., 2001). Bu nedenle kıyı alanlarının periyodik olarak izlenmesi ve de i imlerin analiz edilmesi gerekmektedir.

Kıyı çizgisi çıkartmaya ve kıyı alanlarının izlenmesine yönelik önerilen yöntemler temel olarak yersel ölçüler, fotogrametrik yöntemler, uzaktan algılama verileri ve teknikleri kullanılarak geliştirilmiştir (Gens, 2010). Optik uzaktan algılama verileri kullanılarak kıyıları belirlemek için güncel, doğru, zamansal ve güvenilir bilgiler elde edilebilir (Kutser, vd., 2012). Uzaktan algılama tekniği ile kıyı alanlarının izlenmesi, yersel ölçümler ile yapılması olanaksız anlık ve zamansal verilerin elde edilmesi olanaklıdır (Trochta, vd., 2015). 30m mekânsal çözünürlüğe sahip Landsat görüntüleri, kıyı alanlarının izlenmesi için oldukça uygundur (Robert, et al., 2004). Piksel ve nesne-tabanlı görüntü işleme yöntemleri uydu verilerinden kıyı çizgisi çıkartmak amacıyla kullanılmaktadır (Machado, vd., 2014; Song, vd., 2014). Kontrolsüz sınıflandırma teknikleri (ISODATA-Iterative Self Organized Data Analysis) (Guariglia, vd., 2006), su indeksleri (NDWI) (Zheng, vd., 2011), e i ken ve morfolojik filtreleme teknikleri (Pardo-Pascual, vd., 2012), Wavelet dönüşümü (Yu, vd., 2013), aktif kontur modeli (Shmitt, vd., 2015), genetik algoritma temelli yöntemler (Yousef ve İftekharuddin, 2014), parçacık sürü optimizasyonu (PSO) (Bayram-a, vd., 2016), Mean-shift bölütleme (Bayram-b, vd., 2016), nesne-tabanlı bulanık sınıflandırma yöntemleri (Bayram, vd., 2013; Bayram, vd., 2008), normalleştirilmiş kesme yaklaşımı (Ding ve Li, 2014) kıyı çizgisi çıkartmaya yönelik önerilen yöntemlere örnek olarak verilebilir. Sunulan çalışmada Rastgele Orman (RO) sınıflandırma algoritması (Breiman, 2001) kullanılarak 2016 yılına ait Landsat-8 görüntüsünden çalışılma alanı olarak seçilen Terkos Gölü kıyı çizgisi ve gölün Karadeniz'e komşu olduğu yerde kıyı çizgisi çıkartılmıştır.

2. ÇALIŞILMA ALANI

Çalışılma alanı İstanbul-Terkos Gölünün kuzeyinde kalan yaklaşık 30 km uzunluğundaki Karadeniz kıyısıdır. Terkos Gölü, tüm Türkiye'deki ebeke suyuna ismini vermiş ilk içme suyu kaynağıdır. Göl İstanbul su sistemi içinde Avrupa yakasının yaklaşık yüzde 95'ini, tüm İstanbul'un su ihtiyacının ise yaklaşık yüzde 40'ını karşılamakta olan en önemli su kaynaklarından birisidir. Terkos Gölü, Karadeniz kıyısında dalga ve akıntı etkilerinin yanı sıra bilimsel yöntemlere dayanmayan kum alımları ve hatalı kıyı tahkimatları nedeniyle Karadeniz'in tuzlu suyunun nüfuz etme riskiyle karşılaşmaktadır. Terkos kıyı alanı doğal ve insan temelli nedenlerden dolayı erozyon ve göl ve denizin birleşme tehdidi altındadır. Terkos kıyı alanı 1883 yılında inşaat edilen Terkos Gölü Barajı Havzası ile Karadeniz kıyısı arasında kalan Karaburun-Ormanlı bölgesinde bulunmaktadır. Çalışılma alanı ekil 1'de verilmiştir.



ekil 1. Çalışılma alanı

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışılma 22 Temmuz 2016 tarihine ait Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Landsat-8 görüntüsünün özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (Landsat-8, 2017). Görüntüye öncelikle atmosferik düzeltme yapılmıştır.

Tablo 1. Landsat-8 görüntüsünün özellikleri (Landsat-8, 2017)

Bantlar	Özellikleri	Spektral aralık (nm)
Bant 1	30m Coastal/Aerosol	435-452
Bant 2	30m Blue	452-512
Bant 3	30m Green	533-590
Bant 4	30m Red	636-673
Bant 5	30m NIR	851-879
Bant 6	100m TIR-1	1060-1119
Bant 7	100m TIR-2	1150-1251
Bant 8	30m SWIR-2	2107-2294
Bant 9	15m Pan	503-676
	30m Cirrus	1363-1384

Rastgele Orman sınıflandırma algoritması, temelinde karar ağaçları olan bir makine öğrenmesi yöntemidir. (Breiman, 2001). Öğrenme temelli yöntemlerde, eğitim verileri kullanılır. Bu nedenle kontrollü sınıflandırma yöntemleridir.

Karar ağaçları, eğitim verilerinin sınıflarını analiz eder ve test verilerinin hangi sınıfa ait olduğunu eğitim verilerinden çıkarttığı kurallara göre belirler. Bu kurallar çok sayıda eğitim verisi üzerinden oluşturulmaktadır.

Rastgele Orman algoritmasında kullanıcıdan iki parametre istenir. Bunlar, ağaç sayısı (N) ve ağ yapısının oluşturulması için her düğümde kullanılacak de i ken sayısı m'dir (Breiman, 2001). Parametreler seçildikten sonra test için ayrı bir veri seti yoksa eğitim veri setinin 2/3'ü öğrenme verisi (inBag), 1/3'ü test verisi (Out-of-Bag (OOB)) olarak belirlenir. Her ağ için bootstrap tekniği kullanılarak önyüklemeli örneklem oluşturulur. Örneklemelerin inBag ve OOB verileri ayrılır. Sonra her bir örneklem için ağ geliştirmişler. Her düğümde tüm de i kenler arasından m sayıda rastgele seçilen de i kenler kullanılarak en iyi dallanma belirlenir. Bu işlem için CART (Classification and Regression Tree) algoritması kullanılır (He, vd., 2015; Pal, 2005). CART algoritması en iyi dallı belirlemek için formül (1) de verilen GINI indeksini kullanır (Pal, 2005).

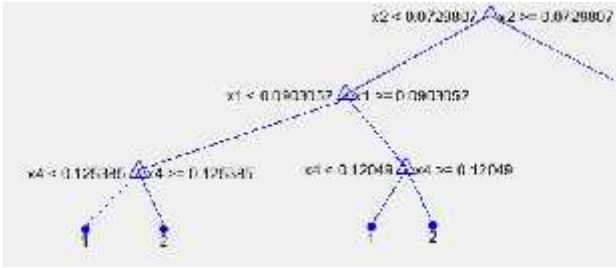
$$\sum_{j=1}^m (f(C_i, T_j) / |T_j|) (f(C_j, T_i) / |T_i|) \quad (1)$$

Denklemden T eğitim veri setini, C_i pikselin ait olduğu sınıfı, f(C_i, T_j) / |T_j| seçilen pikselin C_i sınıfına ait olma olasılığını gösterir (Pal, 2005). GINI indeksi her düğümdeki örneklerin homojenliğini ölçer. Algoritma, her düğümde rastgele seçtiği de i kenler için GINI indeksini hesaplar. GINI indeksinin küçük olduğu de i ken seçerek diğer düğümde geçer. GINI

indeksinin sıfır olması durumunda ilgili tüm tamamen homojendir ve dallanma orada biter (Pal, 2005). Böylelikle ağaçların ağırlıklarının belirlenmesi için Out-of-Bag (OOB) test verileri kullanılır. OOB test verileri her bir ağaca yerleştirilir. Karar ağaçları her bir pikseli sınıflandırır. Sınıflandırma sonucuna göre her bir ağaç için OOB hatası hesaplanır. OOB hatası düşük olan ağaç yüksek ağırlık alırken OOB hatası yüksek olan ağaç düşük ağırlık alır (Akman, 2010).

Görüntüdeki tüm pikseller için her bir karar ağacına göre sınıflandırma oyu kullanılır. Bir piksel için en çok oyu alan sınıf o piksele atanır. Sunulan çalışmada MATLAB yazılımının 2014b sürümü kullanılmıştır. Su alanları ve kara alanları olmak üzere iki sınıf belirlenmiş ve bu sınıflara ait eğitim pikselleri kaydedilmiştir. Rastgele Orman algoritmasında ağaçların oluşturulması için TreeBagger fonksiyonu kullanılmıştır. Algoritmanın parametreleri olan ağaç sayısı ve derinlik sayısı 25 ve 2 olarak seçilmiştir ve tüm bant-setleri için aynı parametreler kullanılmıştır. Uygulanan bant setleri sırasıyla R,G,B, NIR; NIR ve R,G,B'dir.

Görüntüdeki her piksel oluşturulan karar ağaçlarına yerleştirilerek pikselin ait olduğu sınıf belirlenmiştir. Bu işlem için Matlab yazılımının Predict fonksiyonu kullanılmıştır. Örnek karar ağacı ekil 2'de verilmiştir.



ekil 2. Üretilen karar ağacı örneği

Terkos Gölü için elde edilen sonuç ikili (binary) görüntüler ekil 3,4 ve 5'de gösterilmektedir.



ekil 3. R, G, B, NIR bantları kullanılarak üretilen ikili görüntü.



ekil 4. NIR bant kullanılarak üretilen ikili görüntü.



ekil 5. R,G,B bantları kullanılarak üretilen ikili görüntü.

4. DO RULUK ANALİZİ

Do ruluk analizi için elde edilen kıyı çizgisi ile elle sayısallaştırılan kıyı çizgisi karşılaştırılmıştır. Bu amaç için Sayısal Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi (DSAS-Digital Shoreline Analysis System) kullanılmıştır. (Himmelstoss, 2009; Thieler vd., 2009). DSAS referans bir veri ile istenilen kıyı çizgisini belirlemek amacıyla geliştirilmiş bir araçtır (Jayson-Quashigah, vd, 2013). Çalışmada DSAS'ın Net Kıyı Çizgisi Hareketi (Net Shoreline Movement (NSM)) modülü kullanılmıştır. Referans ve değerlendirilecek kıyı çizgisi arasında tanımlanan aralıklardaki kesitler boyunca dik uzaklıkların ölçülmesi ile kıyı çizgileri arasındaki farklar belirlenmiştir (Oyedotun, 2014).

Terkos Gölü'ne ait elde edilen kıyı çizgisi görüntülerinin do ruluklarını analiz etmek için alan karşılaştırması yapılmıştır. Bunun için öncelikle Terkos Gölü'nün sınırları elle sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma sonucu vektör veri olarak kapalı bir poligon elde edilmiştir (ekil 6).



ekil 6. Elle sayısallaştırma sonucu

Elde edilen poligonun alanı hesaplanarak referans alan bulunmu tur. Referans alan 31,068 km² dir. Sonuç kıyı çizgisi görüntüleri de vektör formata çevrilerek alan hesaplanmıştır. Hesaplanan bu alanlar, elle sayısalla tırma sonucu üretilen alandan çıkartılarak alan farkları hesaplanmıştır. (Tablo 2.)

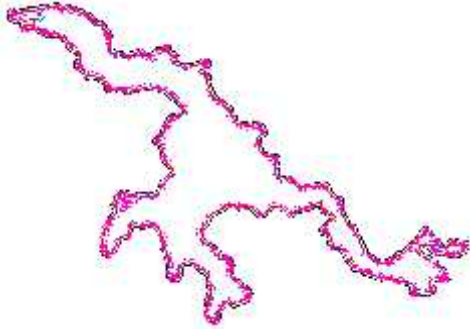
Tablo 2. Rastgele orman algoritması uygulanarak elde edilen sonuçların alanları ve referans alandan farkları.

Veri seti	Alan (km ²)	Alan Farkı (km ²)
RGBNIR	30.506	0.562
RGB	29.665	1.403
NIR	30.519	0.549

DSAS'da do ruluk analizi uygulayabilmek için ana hat' a (baseline) ihtiyaç duyulmaktadır. Ana hat üretmek için elle sayısalla tırılan kıyı çizgilerine 100 metrelik tampon uygulanmıştır. Ana hat olu turulduktan sonra 30 m'de bir olacak ekilde kesitler kıyı çizgisine dik do rultuda üretilmiştir. Kesit çizgilerinin boyları göl kıyı çizgisi için 250 m, Karadeniz kıyı çizgisi için 500 m olarak seçilmiştir (ekil 7 ve ekil 8).



ekil 7. Kırmızı: Elle sayısalla tırma sonucu, Ye il: Kırmızı, ye il, mavi ve kırmızı ötesi bantlar ile üretilen kıyı çizgisi, Pembe: Kesitler, Siyah: Ana hat.



ekil 8. Kırmızı: Elle sayısalla tırma sonucu, Mavi: Kırmızı, ye il, mavi ve kırmızı ötesi bantlar ile üretilen kıyı çizgisi, Pembe: Kesitler, Siyah: Ana hat.

Sonuçlar ve referans kıyı çizgisi arasındaki dik mesafe farklarının ortalama hata ve karesel ortalama hata de erleri (2) ve (3) formülleri (Zhang, vd., 2013) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$O \quad H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i| \quad (2)$$

$$K \quad O \quad H = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

Göl kıyı çizgisi için hesaplanan ortalama ve karesel ortalama

hatalar Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Göl kıyı çizgisi için Rastgele Orman algoritması sonucu üretilen kıyı çizgilerinin ortalama ve karesel ortalama hataları.

Veri seti	Ortalama Hata (m)	Karesel Ortalama Hata (m)
RGBNIR	9.92	23.38
RGB	20.86	63.34
NIR	9.68	23.41

Karadeniz kıyı çizgisi için hesaplanan ortalama ve karesel ortalama hatalar Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Karadeniz kıyı çizgisi için Rastgele Orman algoritması sonucu üretilen kıyı çizgilerinin ortalama ve karesel ortalama hataları.

Veri seti	Ortalama Hata (m)	Karesel Ortalama Hata (m)
RGBNIR	3.45	14.93
RGB	195.44	103.54
NIR	3.78	14.85

5. SONUÇLAR

Önerilen Rastgele Orman algoritması kullanılması sonucunda ve elle sayısalla tırma ile elde edilen sonuçlar üç farklı veri seti için karıla tırıldı nda: R,G,B,NIR bant seti ve yalnızca NIR bantının kullanılmasıyla elde edilen farklar sırasıyla 0.56 ve 0.55 km² çıkmıştır. Terkos Gölü R,G,B,NIR ve NIR veri seti için hesaplanan karesel ortalama hatalar sırasıyla 23.38 ve 23.42 m olarak bir piksel boyutundan daha küçük olarak elde edilmiştir. Burada 68.62 km uzunlu unda olan göl çevresi için toplam 2236 kesit bazında elle sayısalla tırma verisi ile elde edilen sonuçlar karıla tırılmıştır. Benzer ekilde 27.78 km uzunlu undaki Terkos kıyı eridi için yapılan do ruluk analizi incelendi inde toplam 884 kesitte R,G,B,NIR ve NIR veri seti karesel ortalama hatalar (14.93 m ve 14.85 m) ve ½ piksel büyüklü ünde hesaplanmıştır. Buradan göl ve deniz kıyı çizgisinde olu an farklılı nı suyun içeri inden kaynaklandı ı sonucuna ula ılmıştır.

Kıyı çizgisi çıkartma ile ilgili tüm çalı malarda NIR bantının avantajları bilinmektedir. Sunulan çalı mada bu bir kez daha ortaya konmu tur. Yine Rastgele Orman sınıflandırıcısı ile Landsat-8 görüntüsünden kıyı çizgisi elde edilebilmiştir. Çalı manın bir sonraki a masında 20 yıllık zaman farkına, be yıl periyoda sahip Landsat görüntüleri kullanılarak elde edilen kıyı çizgileri bölgedeki dalga ve rüzgar verileri ile bütünle tirilecek, katı madde ta nım ve kıyı çizgisi modeli üretilecektir.

TE EKKÜR

Sunulan çalı ma TÜB TAK tarafından "Sürdürülebilir Kıyı Alanı zleme Modeli için nsansız Hava Araçları-Lidar Teknolojilerinin Entegrasyonu- Üç Boyutlu Otomatik Kıyı Çizgisi Çıkartılması Ve Analizi: stanbul-Terkos Örne i" başlıklı TÜB TAK Projesi (Proje No: 115Y718) kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aedla, R., Dwarakish, G. S., Reddy, D. V., 2015. Automatic Shoreline Detection and Change Detection Analysis of Netravati-GurpurRivermouth Using Histogram Equalization and Adaptive Thresholding Techniques. *International Conference on Water Resource, Coastal and Ocean Engineering*. Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 563–570.
- Akman, M., 2010. Veri Madencili ine Genel Bakı ve Random Forests Yönteminin ncelenmesi: Sa lık Alanında Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A., Nouri, N., 2007. Coastline change detection using remote sensing. *Int. J. Environ. Sci. Tech*,4(1),pp.61-66.
- Bayram B., Acar U., Seker D. Z., Ari A., 2008. A Novel Algorithm for Coast Line Fitting Through A Case Study Over Bosphorus. *Journal of Coastal Research*, 24(4), pp. 983–991.
- Bayram B., Seker D. Z., Acar U., Yuksel Y., Guner A. H. A., Cetin, I., 2013. An Integrated Approach to Temporal Monitoring of the Shoreline and Basin of Terkos Lake. *Journal of Coastal Research*, 29(6), pp. 1427-1435.
- Bayram B., Demir N., Ogurlu M., Catal R. H., Seker D. Z., 2016. 3D Shoreline Extraction Using Orthophoto-Maps and LIDAR. In: *37 th Asian Conference on Remote Sensing*, 17-21 October 2016, Sri Lanka, Colombo, pp.1-5.
- Bayram B., Av ar E. Ö., eker D. Z., Kayı A., Erdo an M., Eker O., Janpaule I., Çatal R. H., 2017. The Role Of National And International Geospatial Data Sources n Coastal Zone Management. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(1), pp. 383-391.
- Bayram, B., Seker, D. Z., Acar, U., Yuksel, Y., Guner, A. H., 2013. An Integrated Approach to Temporal Monitoring of the Shoreline and Basin of Terkos Lake. *Journal of Coastal Research*,29(6),pp.1427–1435.
- Bayram, B., Demir, N., eker, D. Z., Ogurlu, M., Oy, S., Bozkurt, S., nce, A., 2016. Mean_shift Yöntemi ile LIDAR-Intensity Verilerinden Kıyı Çizgisi Çıkartılması. Dünya CBS Günü, 24-25 Kasım 2016 stanbul, Bildiri Özetleri Kitabı, s.43.
- Bendell, L. I., Wan, P. C., 2011. Application of aerial photography in combination with gis for coastal management at small spatial scales: a case study of shellfish aquaculture. *Journal of Coastal Conservation*, 15(4), pp. 417–431.
- Benumof, B. T., Griggs, G. B., 1999. The dependence of seacliff erosion rates on cliff material properties and physical processes: San Diego County, California, *Shore Beach*, 67(4), pp.29–41.
- Breiman, L., 2001. Random forests. *Machine learning*, 45(1), pp.5-32.
- Ding, X., Li, X., 2014. Coastline Detection in SAR Images Using Multiscale Normalized Cut Segmentation. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International*, Quebec City, Canada pp. 4447-4449.
- Dornbusch, U., Robinson, D. A., Moses, C. A., Williams, R. B. G., 2006. Chalk coast erosion and its contribution to the shingle budget in East Sussex, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 144, pp. 215–230.
- Gens, R., 2010. Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring. *International Journal of Remote Sensing*,31(7),pp.1819–1836.
- Guariglia, A., Buonamassa, A., Losurdo, A., Saladino, R., Trivigno, M. L., Zaccagnino, A., 2006. A multisource approach for coastline mapping & identification of the shoreline changes. *Annals of Geophysics*, 49(1), pp. 295–304.
- He, J., Harris, J. R., Sawada, M., Behnia, P., 2015. A comparison of classification algorithms using Landsat-7 and Landsat-8 data for mapping lithology in Canada's Arctic. *International Journal of Remote Sensing*, 36(8), pp. 2252-2276.
- Himmelstoss, E. A., 2009. DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide. In Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L. and Ergul, A. (Eds.) Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 -An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change. U.S. Geological Survey Open-File Report, 2008-1278.
- Jayson-Quashigah, P. N., Addo, K. A., Kodzo, K. S., 2013. Medium resolution satellite imagery as a tool for monitoring shoreline change. Case study of the Eastern coast of Ghana, *Journal of Coastal Research*, 65(sp1), pp. 511-516.
- Kutser, T., Paavel, B. C., Verpoorter, C., Kauer, T., Vahtmäe, E., 2012. Remote sensing of water quality in optically complex lakes. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial, Information Sciences*, Vol. XXXIX-B8,pp.165-169.
- Landsat-8, <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-overview/> (Last Updated: April 3, 2017)
- Li, R., K. Di., R. Ma., 2001. A Comparative Study of Shoreline Mapping Techniques. In: *4th International Symposium on Computer Mapping and GIS for Coastal Zone Management*, 18-20 June 2001, Halifax, Nova Scotia, Canada.
- Machado C. A. S., Beltrame A. M. K., Shinohara E. J., Giannotti M. A., Durieux L., Nobrega T. M. Q., Quintanilha J. A., 2014. Identifying concentrated areas of trip generators from high spatial resolution satellite images using object-based classification techniques. *Applied Geography*, 53, pp. 271-283.
- Marques, F. M. S. F., 2006. Rates, patterns, timing and magnitude-frequency of cliff retreat phenomena. A case study on the west coast of Portugal. *Zeitschrift für Geomorphologie-Supplementbände*,144,pp.231–257.
- Oyedotun, T. D. T., 2014. Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis. *Geomorphological Techniques*, Chap. 3, Sec. 2.2 (2014), 12.
- Pal, M., 2005. Random forest classifier for remote sensing classification. *International Journal of Remote Sensing*, 26(1), pp.217-222.
- Pardo-Pascual J. E., Almonacid-Caballer J., Ruiz L. A., Palomar-Vázquez J., 2012. Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision. *Remote Sensing of Environment*, 123, pp. 1–

11.

Pierre, G., Lahousse, P., 2006. The role of groundwater in cliff instability: an example at Cape Blanc-Nez (Pas-de-Calais, France). *Earth Surf. Process. Landforms*, 31(1), pp. 31–45.

Robert, K. V., Xiaoming, Q., Michael, R., McKayb, L., Minerb, J., Czajkowskic, K., Savinod, J., Bridgeman, T., 2004. Phycocyanin detection from LANDSAT TM data for mapping cyanobacterial blooms in Lake Erie. *Remote Sensing of Environment*, 89(3), pp. 381–392.

Schmitt, M., Lingyun, W., Xiao X. Z., 2015. Automatic Coastline Detection in Non-locally Filtered TANDEM-X Data. In: *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2015, IEEE Xplore. IGARSS 2015*, 26.-31. Jul. 2015, Mailand, Italien. pp. 1036-1039.

Song C., Huang B., Ke L., Richards K. S., 2015. Remote sensing of alpine lake water environment changes on the Tibetan Plateau and surroundings: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92. pp. 26–37.

Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., Ergul, A., 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change. *U.S. Geological Survey Open-File Report*. pp. 2008-1278.

Trochta J. T., Mouw C. B., Moore T. S., 2015. Remote sensing of physical cycles in Lake Superior using a spatio-temporal analysis of optical water typologies. *Remote Sensing of Environment*, 171. pp. 149–161.

Yousef A., Iftekharruddin K., 2014. Shoreline extraction from the fusion of LiDAR DEM data and aerial images using mutual information and genetic algorithms. In: *2014 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. Beijing, China, pp. 1007–1014.

Yu S., Mou Y., Xu d., You X., Zhou L., Zeng W., 2013. A New Algorithm for Shoreline Extraction from Satellite Imagery with Non-Separable Wavelet and Level Set Method. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 3(1), pp. 158-163.

Zhang, T., Yang, X., Hu, S., Su, F., 2013. Extraction of coastline in aquaculture coast from multispectral remote sensing images: Object-based region growing integrating edge detection. *Remote sensing*, 5(9), pp. 4470-4487.

Zheng G., Peng L., Tao G., Wang C., 2011. Remote sensing analysis of Bohai Bay West Coast shoreline changes. In: *Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services (ICSDM), 2011 IEEE International Conference on*, Fuzhou, China, pp.549-552.