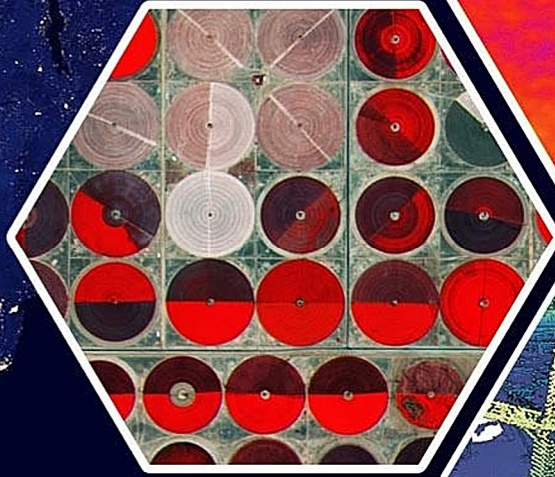
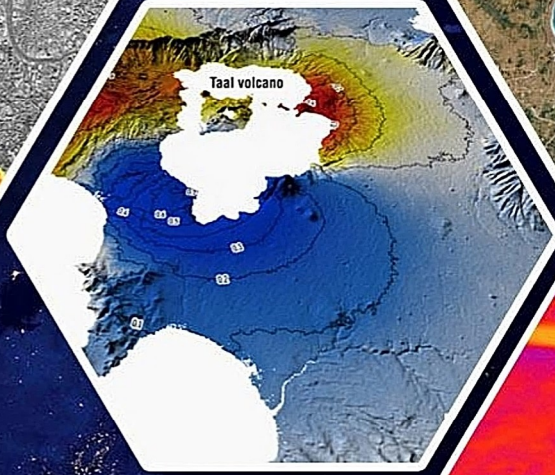
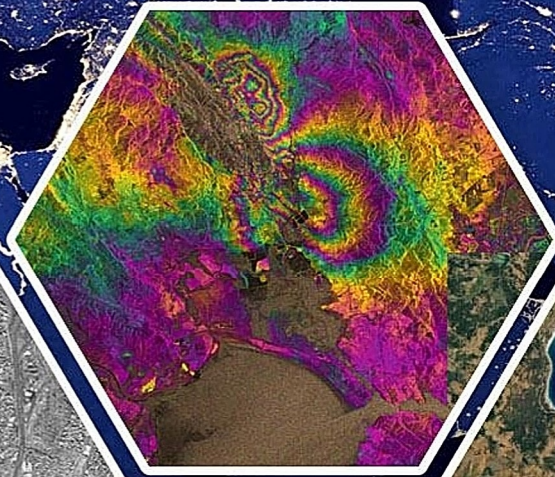
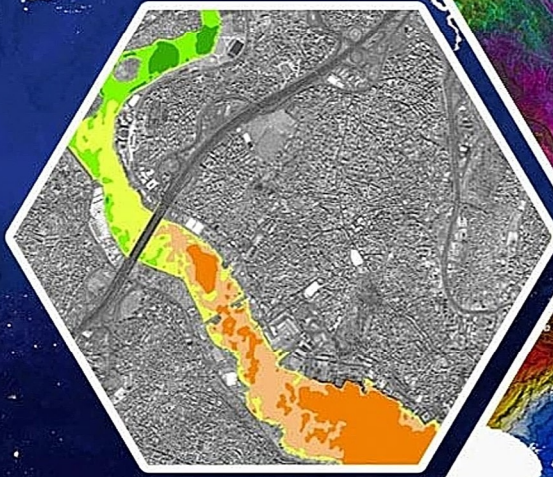
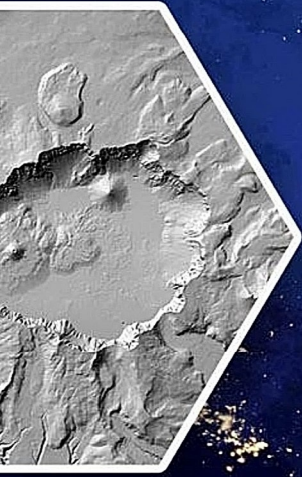


Turkish Journal of REMOTE SENSING

Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi



Vol/Cilt:3
Issue/Sayı:1
June/Haziran, 2021

e-ISSN: 2687-4997



Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi



Dergi Hakkında

Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi (TUZAL) bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak Uzaktan Algılama alanındaki yeniliklerle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan ve Uluslararası İndeks ve Veri tabanlarında taranan bir dergidir.

Amaç & Kapsam

TUZAL Dergisi,

- ✚ Uzaktan Algılama alanında ulusal ve uluslararası gelişmeleri Harita, jeoloji, Çevre, Elektrik ve Elektronik, Bilgisayar vb. mühendislik alanı ile ilgilenen bilim insanlarının bilgisine sunmak,
- ✚ Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan bilim insanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katılımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,
- ✚ Türkiye'nin teknolojik ve ekonomik kalkınmasında rol oynayabilecek Uzaktan Algılama teknolojilerine ilişkin sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması açısından büyük önem taşıyan kurumlar arası işbirliğinin başlatılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmak,
- ✚ Türkçe'nin Uzaktan Algılama alanında bilim dili olarak geliştirilmesini ve yabancı sözcüklerden arındırılmasını özendirmek amaçlarına sahiptir.

Dergisinin kapsamı;

- ✓ Temel Uzaktan Algılama Uygulamaları,
- ✓ RADAR/SAR/LIDAR,
- ✓ Hiperspektral uzaktan algılama,
- ✓ Görüntü sınıflandırma ve analiz yöntemleri,
- ✓ Radyometrik düzeltme için atmosferik modellemenin geliştirilmesi,
- ✓ Küresel modelleme, izleme ve sürdürülebilir kalkınma için küresel veri tabanı ve değişim göstergelerinin belirlenmesi,
- ✓ Laboratuvar ve yerinde test yöntemleri kullanarak veri ve bilginin kontrolü,
- ✓ Uzaktan algılama ve CBS yöntemlerinin entegrasyonu,
- ✓ Afet ve risk etkilerinin azaltılması için bilgi desteği: erken uyarı sistemleri, etki değerlendirmesi, izleme, esneklik ve risk azaltma çalışmaları,
- ✓ Çevre kirliliği: değerlendirme ve etki çalışmaları,
- ✓ Jeoloji, Joemorfoloji ve Pedolojide Yeryüzü Bilimi Uygulamaların ile uzaktan algılanmış girdilerin entegrasyonu,
- ✓ Sürdürülebilir tarımsal üretim ve tarımın korunması için tarım ürünlerinin büyümesinin çok boyutlu izlenmesi,
- ✓ İklim değişikliği çalışmaları,
- ✓ Arazi kullanımı/örtüsünün küresel ve bölgesel dinamikleri, biyo-çeşitlilik, bozulma,
- ✓ Çölleşme ve kuraklık çalışmaları,
- ✓ Topraklar, bitki örtüsü ve iç, kıyı ve okyanus sularında karbon akıları,
- ✓ Su kalitesi çalışmaları vb.

Yayınlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı(Haziran-Aralık)

ISSN

2687-4997

WEB

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal>

İletişim

osmanorhan44@gmail.com / osmanorhan@mersin.edu.tr / tuzaldergisi@gmail.com



Turkish Journal of Remote Sensing



About Journal

Turkish Journal of Remote Sensing publishes studies related to innovation in the field of Remote Sensing parallel to the developments in science and technology and indexed in the International Index and database.

Aim & Scope

The Journal,

- ✚ To present to the knowledge of National and international developments in the field of Remote Sensing to scientists related with Geomatics, Geology, Environment, Electric and Electronic, Computer etc. engineering fields.
- ✚ To provide an easily accessible, broadly attended discussion environment that will strengthen and accelerate the sharing of knowledge and experience between scientists, researchers, engineers and other practitioners who engage in direct or indirect activities with the subject, and create an opportunity to disseminate them,
- ✚ Turkey's technological and economic development in the problems related to remote sensing technology that can more effectively play a role of great importance in terms of inter-agency cooperation to be initiated and resolved to contribute to the development,
- ✚ It has the aim of encouraging the development of Turkish as a scientific language in the field of Remote Sensing and to be free from foreign words.

Scope of The Journal;

- ✓ Basic remote sensing applications,
- ✓ RADAR/SAR/LIDAR,
- ✓ Hyperspectral remote sensing,
- ✓ Image classification and analysis methods,
- ✓ Development of atmospheric modelling for radiometric correction,
- ✓ Determine global database and alteration indicator for global modelling, monitoring and sustainable development,
- ✓ Data and information control using laboratory and in-situ tests,
- ✓ Integration of remote sensing and CBS methods,
- ✓ Information utility for rescuing disaster and risk effects: Early warning systems, impact evaluation, monitoring, flexiably and risk reducing studies,
- ✓ Environment pollution: Evaluation and effect studies,
- ✓ Integration of Earth science applications in Geology, Geomorphology and Pedology with remote sensing data
- ✓ Multidimensional monitoring of growth of agricultural goods for sustainable agricultural production and protection of agriculture
- ✓ Climate change studies,
- ✓ Land use/ Dynamics of global and regional land, biodiversity, deterioration,
- ✓ Carbon amount in Earth, plant cover and in shore, ocean waters,
- ✓ Water quality studies etc.

Publication frequency

Biannual (June-December)

ISSN

2687-4997

WEB

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal>

Contact

osmanorhan44@gmail.com / osmanorhan@mersin.edu.tr / tuzaldergisi@gmail.com



Turkish Journal of Remote Sensing



EDİTÖR / EDITOR

Assist. Prof. Dr. Osman ORHAN

Mersin University, FBE / Remote Sensing and Geographic Information Systems
Mersin

EDİTÖR YARDIMCILARI / DEPUTY EDITOR

Assist. Prof. Dr. Resul ÇÖMERT

Gümüşhane University, Faculty of Engineering and Natural Sciences/ Geomatics Engineering
Gümüşhane

EDİTÖR KURULU / EDITORIAL BOARD

- Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER, İstanbul Technical University
- Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU, İstanbul Technical University
- Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU, Gebze Technical University
- Prof. Dr. Semih EKERCİN, Aksaray University
- Prof. Dr. Ömer MUTLUOĞLU, Konya Technical University
- Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK, Aksaray University
- Assoc. Prof. Dr. Uğur AVDAN, Eskişehir Technical University
- Assoc. Prof. Dr. Saygın ABDİKAN, Bülent Ecevit University
- Assoc. Prof. Dr. Enes YİĞİT, Karamanoğlu Mehmet Bey University
- Assoc. Prof. Dr. Murat UYSAL, Afyon Kocatepe University
- Assist. Prof. Dr. Akif DURDU, Konya Technical University
- Assist. Prof. Dr. Mustafa YALÇIN, Afyon Kocatepe University
- Assist. Prof. Dr. Lutfiye KARASAKA, Konya Technical University
- Assist. Prof. Dr. Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU, Aksaray University
- Assist. Prof. Dr. Nizar POLAT, Harran University
- Assist. Prof. Dr. Mehmet Ali DERELİ, Giresun University
- Dr. Ali İhsan ŞEKERTEKİN, Çukurova University
- Dr. Mustafa ÜSTÜNER, Artvin Çoruh University

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

- Prof. Dr. Murat YAKAR, Mersin University
- Prof. Dr. Ferruh YILDIZ, Konya Technical University
- Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ, Aksaray University
- Prof. Dr. Caner ÖZDEMİR, Mersin University
- Prof. Dr. İbrahim YILMAZ, Afyon Kocatepe University

TUZAL Dergisi Dil Editörleri / TUZAL Journal Language Editors

Assist. Prof. Dr. Pınar KARAKUŞ

Osmaniye Korkut Ata University, Geomatics Engineering /Osmaniye

Res. Ast. Merve Kolikpınar

Ardahan University, Department of Turkish Language and Literature / Ardahan

Mizanpaj

Res. Asst. Ahmet Tarık TORUN

Aksaray University, Geomatics Engineering /Aksaray

Res. Asst. Hasan Bilgehan MAKİNECİ

Konya Technical University, Geomatics Engineering /Konya

Res. Asst. Aydın ALPTEKİN

Mersin University, Geological Engineering /Mersin

İçindekiler

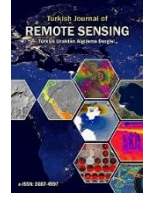
Contents

Araştırma Makaleleri;

Research Articles;

S. No

-
- 01- *Aktarımlı Öğrenme ile SENTINEL-2 Görüntülerinden Kıyı Çizgisi Bölütlemesi*
(Shoreline Segmentation from SENTINEL-2 Imagery by Transfer Learning)
Selennur Karagöl, Bülent Bayram, Fırat Erdem & Tolga Bakırman
- 08- *How do Sentinel-1 SAR images match with the existing maps*
(Sentinel-1 SAR görüntüleri mevcut haritalarla nasıl eşleşir)
Tevfik Fikret Horzum, Nusret Demir & Ali Kılçık
- 14- *Bathymetry analysis with use of Sentinel-2 images*
(Sentinel-2 görüntülerinin kullanımıyla batimetri analizi)
Hakan Uzakara & Nusret Demir
- 21- *Detection of Archaeological Sites Using Remote Sensing in The Cilicia Pedias (Kilikya Pedias'ta Uzaktan Algılama Kullanılarak Arkeolojik Yerleşim Tespiti)*
Faris Demir
- 28- *HEC-RAS İle Taşkın Modelleme ve Sentinel-2 Uzaktan Algılama Görüntüsünden Taşkın Hasar Analizi: Diyarbakır İli Çakmak Deresi Çınar Bölgesi Örneği*
(Flood Modeling with HEC-RAS and Flood Damage Analysis from Sentinel-2 Remote Sensing Image: Example of Çakmak Creek (Çınar Region) in Diyarbakır)
Yunus Tektaş & Nizar Polat



Aktarımlı Öğrenme ile SENTINEL-2 Görüntülerinden Kıyı Çizgisi Bölütlemesi

Selennur Karagöl^{*1}, Bülent Bayram², Fırat Erdem³, Tolga Bakırman⁴

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve CBS Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

³Eskişehir, Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye

⁴İstanbul Teknik Üniversitesi, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Derin Öğrenme
Aktarımlı Öğrenme
Kıyı Çizgisi Çıkartma
SENTINEL-2
LANDSAT-8

ÖZ

Kıyı çizgileri küresel ısınma, nüfus artışı, çevre kirliliği, kentleşme etkileriyle sürekli değişir. Doğal ve antropojenik etkilerle meydana gelen değişiklikleri tespit etmek için kıyı alanlarının izlenmesi gerekmektedir. Kıyı alanlarındaki değişimlerin sürdürülebilir bir şekilde izlenmesi, kıyı kaynak yönetimi, çevresel koruma ve planlama açısından oldukça önemli rol oynamaktadır. Uydu görüntüleri bu amaç için doğru, güvenilir, zamansal ve güncel bilgiler sağlamaktadır. Derin öğrenme(DL) ve aktarımlı öğrenme(TL) yaklaşımları kıyı çizgisi çıkartılmasında yeni olanaklar sağlamaktadır. Sunulan çalışmada, SENTINEL-2 görüntülerinden aktarımlı öğrenmeye dayalı, U-NET mimarisini kullanarak, bir kara ve su bölütlemesi yaklaşımı önerilmiştir. Önceden eğitilmiş modele ait özellikler ve ağırlıklar için, LANDSAT-8 görüntüleri ile gerçekleştirilen derin öğrenme çalışmasından yararlanılmıştır. U-Net mimarisini kullanılan ağda, mavi, kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantlarından oluşan tam çerçeve SENTINEL-2 görüntülerinden 8'i eğitim, 7'si test aşamasında kullanılmıştır. Tam çerçeve görüntüler 512x512 boyutlarında kırılarak eğitim ve test için sırasıyla 115 ve 235 görüntü parçası oluşturulmuştur. Ortalama doğruluk, duyarlılık, hassasiyet, özgünlük ve F-skor değerleri sırasıyla 0.9917, 0.9927, 0.9908, 0.9907 ve 0.9917 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, aktarımlı öğrenme kullanılarak az miktarda görüntü ile yüksek doğruluklu kıyı çizgisi elde etmek mümkündür.

Shoreline Segmentation from SENTINEL-2 Imagery by Transfer Learning

Keywords:

Deep Learning
Transfer Learning
Shoreline Extraction
SENTINEL-2
LANDSAT-8

ABSTRACT

Global warming, increasing population, environmental pollution and urbanization can constantly affect coastal areas. Therefore, sustainable monitoring of coastal zones is vital to detect changes which can occur due to natural and anthropogenic effects. Thus, sustainable shoreline monitoring is essential for coastal resource management, environmental protection and planning. Satellite images provide accurate, reliable, temporal and up-to-date information for this purpose. State-of-the-art deep learning (DL) and transfer learning approaches brought new opportunities for shoreline extraction. In this study, a transfer learning based water-body segmentation framework with U-Net architecture from SENTINEL-2 imagery has been proposed. The pre-trained weights have been obtained from another study which is a network trained with LANDSAT-8 imageries. The training of used U-Net architecture was carried out using SENTINEL-2 imagery which consists of blue, red and NIR bands with 8 and 7 full frames for training and testing, respectively. Images have been cropped as 512x512 pixels and 115 and 235 patches have been created for the training and testing dataset, respectively. Average accuracy, recall, precision, specificity and F-score of the model values has been calculated as 0.9917, 0.9927, 0.9908, 0.9907 and 0.9917, respectively. The results show that it is possible to obtain shoreline with high accuracy with limited data using transfer learning.

*Sorumlu Yazar

*(selennurkaragol@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-8627-4912
(bayram@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-4248-116X
(firaterdemeskisehir.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-6163-1979
(bakirman@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-7828-9666

Kaynak Göster(APA);

Karagöl, S, Bayram, B, Erdem, F & Bakırman, T.. (2021). Aktarımlı Öğrenme ile SENTINEL-2 Görüntülerinden Kıyı Çizgisi Bölütlemesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 3 (1), 01-07.

1. GİRİŞ

Kıyı alanları, insan etkileri ve doğal sebeplerden kaynaklanan dinamik değişiklerin olduğu, ekonomik ve sosyal açıdan nitelikli bölgelerdir. Mineral kaynakları, petrol-gaz kaynakları, gelgit-dalga enerji kaynakları ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları bakımından yerleşimler kıyı alanlarında yoğunlaşmaktadır (Zhang vd., 2013). Kıyı bölgelerinde artan nüfusla birlikte, kıyı değişiminin incelenmesi araştırmacıların en önem verdiği konulardan biridir (Moore, 2000). Kıyı çizgisinde meydana gelen değişimlerin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesi sadece kıyı islahı, kentsel büyüme ve liman geliştirme faaliyetleri için değil aynı zamanda denizcilik ekonomisi ve denizcilik araştırmaları için de önemli bir konudur (Zhang vd., 2013).

Kıyı çizgisini çıkartmak için fotogrametrik yöntemler, GPS teknolojisi ve yersel ölçüler, uzaktan algılama gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Zhang vd., 2013). LANDSAT uydusunun 1972'de kullanılmaya başlanılmasından bu yana optik uzaktan algılama verileri diğer yöntemlerden elde edilen verilere bir alternatif haline gelmiştir (Gens, 2010). Kontrolsüz sınıflandırma teknikleri (ISODATA-Iterative Self Organized Data Analysis) bant oranlama, normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI) eşik değer ve morfolojik filtreleme, Wavelet dönüşümü, aktif kontur modelleri (Zhang vd., 2013), nesne tabanlı, genetik algoritma, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma, parçacık sürü optimizasyonu (PSO), Mean-shift bölütleme (İncekara vd., 2018) optik uydu görüntülerinden kıyı çizgisi çıkarmak için kullanılan yöntemlere örnek olarak verilebilir. Son yıllarda makine öğrenmesi yöntemleri uzaktan algılama problemlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır (Lary vd., 2016). Çeşitli çalışmalarda kıyı çizgisi çıkarımında makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır (Dixon & Candade, 2008; Kalkan vd., 2013; Bayram vd., 2017). Choung & Jo, 2017 Worldview-2 uydu görüntüleriyle bir makine öğrenmesi yöntemi olan Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines) ile adaptif eşikleme ve NDWI yöntemin kıyı çizgisi çıkarımındaki performansını araştırmıştır.

Derin öğrenme (DL), Goodfellow vd., 2016 tarafından bilgisayarların dünyayı kavram hiyerarşileri açısından anlamasını ve insanlara benzer şekilde karar vermesini sağlayan makine öğrenmesi olarak tanımlanmaktadır. Klasik makine öğrenmesinde özellik çıkartma işlemi kullanıcı tarafından yapılmaktadır ve bu zaman alıcı ve kullanıcı odaklı bir süreçtir. Derin öğrenme yaklaşımında ise özellik çıkartma işlemi otomatik olarak yapılmaktadır (Patterson & Gibson, 2017).

DL yöntemleri, son yıllarda kıyı alanlarına yönelik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yang vd., 2015 LANDSAT uydu görüntülerinde SSAE (Stacked Sparse Autoencoder) derin öğrenme mimarisini kullanarak kara-su

bölütlemesi gerçekleştirmişlerdir. Yu vd., 2017 LANDSAT-7 görüntülerinden kıyı çizgilerini çıkarmak için evrimsel sinir ağları ve lojistik regresyon sınıflandırıcısından oluşan karma bir makine öğrenimi sistemi sunmuştur. Işıkdogan vd., 2017 DeepWaterMap adlı kodlayıcı-kod çözücü derin öğrenme mimarisine dayalı Tam Konvolüsyonlu Ağ (FCNN) yapısı kullanarak LANDSAT-7 uydu görüntülerinde kara-su bölütlemesi gerçekleştirmişlerdir. Li vd., 2018 kıyı çizgisi bölütlemesi için DeepUNet adlı genişleyen konvolüsyonel sinir ağları tabanlı bir yaklaşım önermiştir. Chen vd., 2018 süper piksel ve konvolüsyonel sinir ağı algoritmalarını kullanarak yüksek çözünürlüklü çok bantlı görüntülerden kıyı çizgisi çıkarmıştır. Song vd., 2020 Worldview-3 ve GeoFen-2 görüntülerinden Mask R-CNN yöntemini kullanarak su sınıfını yüksek doğruluklar ile üretmişlerdir. Erdem vd., 2020 tarafından yapılan çalışmada LANDSAT-8 görüntülerinden su sınıfının çıkarılması için WaterNet adında 5 farklı U-Net derin öğrenme modelinin kombinasyonu kullanan bir yöntem geliştirilmiştir.

Uzaktan Algılama çalışmalarında derin öğrenme modellerinin uygulanmasında aktarımlı öğrenme (transfer learning) yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Aktarımlı öğrenme ile bir veri seti için yapılan eğitim işlemi sonucunda oluşturulan ağırlık parametresi, bir başka veri setinin eğitilmesi için başlangıç ağırlıkları olarak kullanılır. Bu durum, az sayıda veri ile yüksek doğrulukta sonuçlar üretmek açısından avantajlar sağlamaktadır (Torrey & Shavlik, 2009).

Yapılan literatür araştırmasında SENTINEL-2 görüntülerinden aktarımlı öğrenme yöntemi kullanılarak kara-deniz bölütlemesi ve kıyı çizgisi çıkartmaya yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, önceden LANDSAT-8 uydu görüntüleri ile eğitilmiş U-Net mimarisi (Erdem, vd., 2020) ve az sayıda SENTINEL-2 uydu görüntüsü veri seti kullanılarak aktarımlı öğrenme ile kıyı çizgisi çıkarılmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada SENTINEL-2 veri setinden kara-deniz bölütlerinin U-Net mimarisi ile elde edilmesi için YTU-WaterNet açık veri seti (URL-1) ile eğitilen U-Net mimarisinin ağırlıkları (Erdem, vd., 2020) başlangıç ağırlıkları olarak kullanılmıştır.

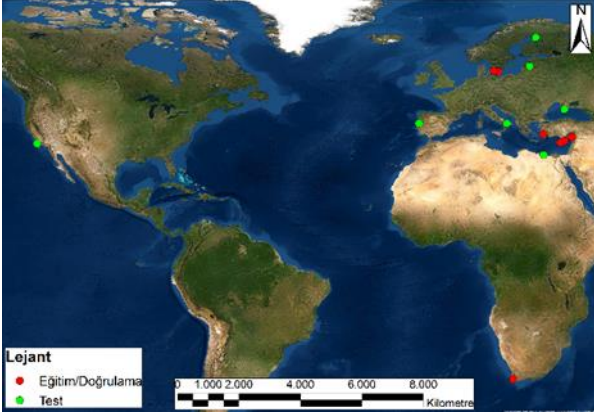
2.1. Veri

Sunulan çalışmada, aktarımlı öğrenme için farklı kıyı bölgelerinden alınan 10m konumsal çözünürlüğe ve 15-bit radyometrik çözünürlüğe ve mavi, kırmızı ve yakın kızılötesi bant kombinasyonuna sahip toplam 15 adet SENTINEL-2 uydu görüntüsü kullanılarak eğitim ve test veri

setleri üretilmiştir. Tablo 1’de SENTINEL-2 uydu görüntülerinin teknik özellikleri gösterilmektedir. Eğitim için 8, test için 7 adet görüntü kullanılmıştır. Eğitim ve test amacıyla kullanılan görüntülerin konumları Şekil 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. SENTINEL-2 uydu görüntüsünün özellikleri (URL-2)

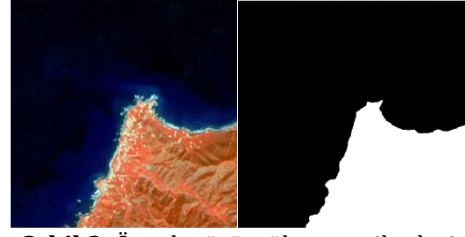
Bantlar	Özellikleri	Merkez Dalga Boyu (nm)
Bant1	60m Kıyı aerosolü	443
Bant2	10m Mavi	490
Bant3	10m Yeşil	560
Bant4	10m Kırmızı	665
Bant5	20m Bitki örtüsü	705
Bant6	20m Bitki örtüsü	740
Bant7	20m Bitki örtüsü	783
Bant8	10m Yakın Kızılötesi	842
Bant8A	20m Bitki örtüsü	865
Bant 9	60m Su buharı	945
Bant10	60m SWIR	1375
Bant11	20m SWIR	1610
Bant12	20m SWIR	2190



Şekil 1. Eğitim ve test için kullanılan görüntülerin dağılımları

2.2. Veri Ön İşleme

Sunulan çalışmada 10980x10980 piksel boyutlarındaki SENTINEL-2 görüntüleri 512x512 piksel boyutlarında alt görüntülere bölünmüştür ve toplam 350 alt görüntüden oluşan veri seti oluşturulmuştur. Bunlardan 115’i eğitim, 235 adedi test için kullanılmıştır. Etiketli veri setinin üretiminde OpenStreetMap (OSM) (URL-3) kullanılmış, ardından elle düzeltme yapılarak su (siyah) ve kara (beyaz) sınıflarını temsil eden ikili görüntülerden oluşan veri seti hazırlanmıştır. Şekil 2’de örnek görüntüler ve etiketleri sunulmuştur.



Şekil 2. Örnek görüntüler ve etiketleri

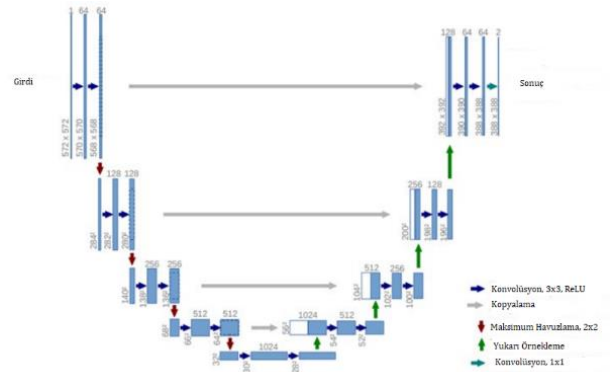
2.3. Aktarımlı Öğrenme ve U-Net

Aktarımlı öğrenmede, çoğunlukla önceden eğitilmiş bir modelden elde edilen ağırlık ve özellikler ya doğrudan ya da probleme bağlı olarak eğitilecek ağda öncül veri olarak kullanılır.

U-Net mimarisi, biyomedikal görüntülerin bölütlenmesi için geliştirilen, tam konvolüsyonel ağ (fully convolutional network) temelli bir derin öğrenme mimarisidir. U-Net mimarisi ile az sayıda eğitim verisi kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. (Ronneberger, vd., 2015).

U-Net mimarisi kodlayıcı (contracting path) ve kod çözücü (expansive path) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Kodlayıcı kısmında her bir ölçek için, iki adet 3 x 3 konvolüsyon katmanı, ReLU aktivasyon fonksiyonu, 2 x 2 maksimum havuzlama operasyonları uygulanmaktadır. Kod çözücü bölümünde ise; yukarı örnekleme, kopyalama (concatenate) ve konvolüsyon katmanları yer almaktadır. Şekil 3’te U-Net mimarisinin genel yapısı gösterilmektedir.

Sunulan çalışmada aktarımlı öğrenme ve U-Net mimarisinde kullanılan parametreler Tablo 2’de gösterilmiştir. Eğitim parametreleri, kullanılan donanımın özellikleri ve literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir.



Şekil 3. U-net mimarisi (Ronneberger, vd., 2015)

Tablo 2. Eğitim parametreleri

	Aktarımlı Öğrenme (Erdem, vd., 2020)	Sunulan Çalışma U-Net
Eğitim görüntü sayısı (512x512)	824	115

Test görüntü sayısı (512x512)	92	235
Epok sayısı	100	50
Loss Fonksiyonu	Binary Cross-entropy	Categorical Cross entropy
Aktivasyon Fonksiyonu	ReLU	ReLU
Optimizasyon	Adam	Adadelta
Öğrenme Oranı	0.0002	0.05
Batch Boyutu	1	2
Doğruluk metriği	Dice Coefficient	Dice Coefficient

2.4. Doğruluk Ölçütü

Deniz-kara bölütlemesinin doğruluk değerlendirmesi; doğruluk, duyarlılık, hassasiyet, özgünlük ve F1 metrikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hassasiyet; negatif tahminlerin doğruluğunu, duyarlılık; pozitif tahminlerin doğruluğunu, özgünlük; pozitif tahmin doğruluğunu, F-Skor ise duyarlılık ve hassasiyet ölçütlerinin harmonik ortalamasıdır. DP; olumlu ve doğru tahmin edilen, DN; olumsuz ve doğru tahmin edilen, YP; olumlu ve yanlış tahmin edilen, YN; olumsuz ve yanlış tahmin edilen olmak üzere doğruluk metrikleri Eşitlik 1' de yer almaktadır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP+DN}{DP+DN+YP+YN}$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{DP}{DP+YN}$$

$$\text{Hassasiyet} = \frac{DP}{DP+YP} \quad (1)$$

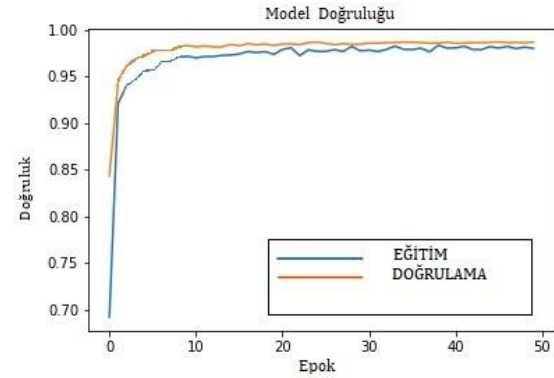
$$\text{Özgünlük} = \frac{DN}{DN+YP}$$

$$F - \text{Skor} = \frac{2*DP}{(2*DP+YP+YN)}$$

3. BULGULAR

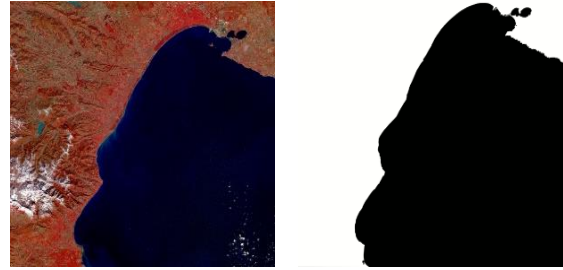
Sunulan çalışmada, U-Net mimarisi Python v3.7.0 programlama dili, Tensorflow v1.5.0 (URL-4) ve Keras v2.2.4 (URL-5) kütüphaneleri kullanılarak uygulanmıştır. Aktarımlı öğrenmede eğitim işlemi gerçekleştirilmek için SENTINEL-2 uydusuna ait toplam 115 adet alt görüntü kullanılmıştır. Eğitim aşamasında Adadelta optimizasyon algoritması, 0.05 öğrenme oranı ile kullanılmıştır. Epok sayısı 50 olarak belirlenmiştir. SENTINEL-2 görüntülerini eğitmek için başlangıç ağırlıkları olarak önceden eğitilmiş U-Net ağırlıkları (Erdem, vd., 2020) kullanılmıştır. Aktarımlı öğrenmenin eğitimi boyunca elde edilen doğruluklar Şekil 5'te verilmiştir.

Gerçekleştirilen tüm işlemler 11 GB RAM'e sahip NVIDIA GeForce GTX1080 Ti ekran kartı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 5. Aktarımlı öğrenmenin eğitimi boyunca elde edilen doğruluklar

Test görüntülerinden tam SENTINEL-2 çerçevesi (10980x10980) için elde edilen kara-deniz bölütlemesine ilişkin örnek sonuç Şekil 6'da sunulmuştur. Şekil 6'da solda mavi, kırmızı ve yakın kızıl ötesi bant kombinasyonunda test görüntüsü ve sağda bölütlenmiş görüntü verilmiştir.



Şekil 6. Test görüntüsü için üretilen ikili görüntü

İkili kodlanmış kara-deniz bölütlerine rastervektör dönüşümü uygulanarak kıyı çizgileri vektör formatta elde edilmiştir. Örnek sonuç Şekil 7' de verilmiştir. Bir tam çerçeve test görüntüsünden 512x512 alt görüntülerin üretilmesi, bölütleme ve vektör formatta kıyı çizgisinin elde edilmesi sırasıyla 1, 1/2 ve 2 dakika sürmektedir.



Şekil 7. Elde edilen kıyı çizgileri

Referans ikili görüntü ile sunulan yaklaşımın uygulanması sonucunda elde edilen ikili görüntünün karşılaştırılarak ortalama doğruluk sonuçları elde edilmiştir (Tablo 3). Tablo 3'teki değerlerden de görülebileceği üzere, F- Skor değeri

%99,79 oranına ulaşmıştır. Kıyı morfolojisinde ani ve sık değişimlerin bulunduğu test görüntülerinde (Finlandiya ve Kıyım) doğruluk ölçütlerinde %0.01 oranında düşüş olduğu görülmüştür. Ayrıca ani ve sık değişimler olmamasına rağmen dalga etkisi bulunan görüntülerde (Portekiz) doğruluk ölçütlerinde %0.01 oranında düşüş olduğu gözlenmiştir.

Tablo 3. Test görüntüleri için ortalama doğruluk değerlendirilmesi

Doğruluk	Duyarlılık	Hassasiyet	Özgünlük	F-Skor
0.9917	0.9927	0.9908	0.9907	0.9917

Çalışmada kullanılan eğitim ve test veri setlerine bakıldığında (115'i eğitim, 235'i test) test verisi sayısının eğitim verisinden fazla olduğu görülmektedir. Bu da kıyı çizgisi bölütlemesinde aktarımlı öğrenmede az sayıda eğitim veri seti ile yüksek doğrulukta sonuçlar üretilebileceğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Sunulan çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları karşılaştırılmıştır.

Sreekesh vd., 2019, SENTINEL-2 ve Orbview-3 uydu görüntülerinin kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi bantları kullanarak kıyı çizgisinin yarı otomatik olarak çıkarılmasını sağlayan bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem, su ve kara bölütlemesi için nesne tabanlı görüntü analizi tekniğini ve spektral öznitelik bilgilerini birleştirir. Önerilen yöntemin temel amacı, farklı spektral bantlardan elde edilen nesne bilgilerini bölütleme için kullanmaktır. Yaklaşımın performansını değerlendirmek için farklı jeomorfik özelliklere sahip kıyıları seçilmiştir ve %95-%99 arasında bir doğruluk başarısına ulaşmıştır. Sunulan çalışmada da farklı jeomorfolojik yedi bölge için elde edilen ortalama doğruluk %99.17' dir.

Wieland vd., 2019 LANDSAT TM, ETM +, OLI ve SENTINEL-2 uydu görüntülerinin kırmızı, yeşil, mavi, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bant kombinasyonunu, sel durumlarında taşkını kalıcı sudan ayırt etmek amacıyla su sınıflarının hızlı bir şekilde bölütlenmesi için kullanmışlardır. Kara, su, buz, bulut ve gölge sınıflarını bölütlemek için evrişimli bir sinir ağı olan U-Net mimarisi kullanmışlardır ve ortalama doğruluğu %93 olarak elde etmişlerdir.

Syrris vd., 2019 su, kara, orman, bina ve yeşil alan sınıflarını bölütlemek SENTINEL-2 uydu görüntülerinin kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi band kombinasyonunu ve farklı CNN (standart CNN, Fully Convolutional Network (FCN), U-net ve SegNet) modellerini kullanmışlardır. Her bir model için farklı girdi veri boyutları (122x122, 244x244, 366x366) kullanarak eğitim işlemi ve doğruluk

değerlendirmesi yapmışlardır. En yüksek ortalama doğruluk değeri %85 ile U-Net mimarisi ve 244x244 veri boyutu kullanılarak elde etmişlerdir. Her iki çalışma sunulan çalışma ile karşılaştırıldığında, sunulan çalışmada da U-Net mimarisi kullanılarak aktarımlı öğrenme daha yüksek bir ortalama doğruluk (%99.17) elde edilmiştir.

Sunulan çalışmada, önceden LANDSAT-8 uydu görüntüleri ile eğitilmiş U-Net mimarisi (Erdem, vd., 2020) ve az sayıda SENTINEL-2 uydu görüntüsü veri seti kullanılarak aktarımlı öğrenme işlemi uygulanarak yüksek doğrulukta kıyı çizgisi çıkartma işleminin gerçekleştirildiği gösterilmiştir. SENTINEL-2 görüntülerine ait etiketli verilerin oluşturulması için OSM su poligonlarının elle düzeltilmesi ile birlikte zaman kazandıran bir yöntem olduğunu göstermiştir.

5. TARTIŞMA

Aralarında benzerlik bulunan görevleri ayrı ayrı değerlendirip en baştan eğitim işlemi gerçekleştirmek, yeterli sayıda eğitim veri seti hazırlamak, maliyetli ve insan gücü gerektiren bir uygulamadır. Bu çalışmada benzer görevleri ayrı ayrı eğitmek yerine daha az veri sayısı ile daha kısa sürede eğitim yapıldığı ve bilgi aktarımının mümkün olduğu aktarımlı öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Uydu görüntüsü ile eğitilmiş bir mimarinin aktarımlı öğrenmede başka bir uydu görüntüsüyle eğitiminin kıyı çizgisi çıkarımındaki performansı araştırılmıştır. Bu amaç için semantik bölütleme amacıyla geliştirilen U-Net derin öğrenme mimarisi önceden eğitilmiş model olarak seçilmiştir ve aktarımlı öğrenme işlemiyle entegre edilerek az sayıdaki veri ile tekrar eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim işleminin ardından 7 farklı SENTINEL-2 uydu görüntüsünden kıyı çizgisi çıkartılmıştır. Benzer iki görev arasında bilgi aktarımı yapıldığından her iki görev için de ayrı ayrı büyük veri setleri hazırlamanın önüne geçilmiştir. Böylece zaman ve insan gücünden tasarruf edilmiştir.

Bu çalışmada, doğruluk analizi sonuçları aktarımlı öğrenme kullanarak SENTINEL-2 uydu görüntülerinden kıyı çizgisi çıkarımında verimli sonuçlar üretilebildiği sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçların kıyı yönetimi, katı madde taşınımı, kıyı çizgisi zamansal değişimi, vb. çalışmalarda kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A. & Nouri, N. (2007). Coastline change detection using remote sensing. International Journal of Environmental Science & Technology, 4(1), 61-66.

- Bayram, B., Erdem, F., Akpınar, B., Ince, A. K., Bozkurt, S., Reis, H. C. & Seker, D. Z. (2017). The Efficiency of Random Forest Method for Shoreline Extraction from LANDSAT-8 and GOKTURK-2 Imageries. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume IV-4/W4, 141-145.
- Choung, Y. J. & Jo, M. H. (2017). Comparison between a Machine-Learning-Based Method and a Water-Index-Based Method for Shoreline Mapping Using a High-Resolution Satellite Image Acquired in Hwado Island, South Korea. *Journal of Sensors*, Volume 2017, 8245204
- Dixon, B. & Candade, N. (2008). Multispectral landuse classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 1185-1206.
- Erdem, F., Bayram, B., Bakirman, T., Bayrak, O.C. & Akpınar, B. (2020). An Ensemble Deep Learning Based Shoreline Segmentation Approach (WaterNet) from Landsat 8 OLI images, *Advances in Space Research*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.10.043>
- Gens, R. (2010). Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 31(7), 1819–1836.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. & Bengio, Y. (2016). *Deep Learning*. MIT Press, Cambridge.
- Guariglia, A., Buonamassa, A., Losurdo, A., Saladino, R., Trivigno, M. L., Zaccagnino, A. & Colangelo, A. (2006). A multisource approach for coastline mapping & identification of the shoreline changes. *Annals of Geophysics*, 49(1), 295–304.
- Işıkdoğan, F., Bovik, A. C. & Passalacqua, P. (2017). Surface Water Mapping by Deep Learning. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(11), 4909-4918.
- Incekara, A. H., Seker, D. Z. & Bayram, B. (2018). Qualifying the LIDAR-Derived Intensity Image as an Infrared Band in NDWI-Based Shoreline Extraction. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(12), 5053-5062.
- Kalkan, K., Bayram, B., Maktav, D. & Sunar, F. (2013). Comparison of support vector machine and object based Classification methods for coastline detection. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-7/W2, 125-127.
- Kaur, T. & Gandhi, T. K. (2019). Deep convolutional neural networks with transfer learning for automated brain image classification. *Machine Vision and Applications* 31,1-16.
- Lary, D. J., Alavi, A. H., Gandomi, A. H. & Walker, A. L. (2016). Machine learning in geosciences and remote sensing. *Geoscience Frontiers*, 7(1), 3-10.
- Li, R., Liu, W., Yang, L., Sun, S., Hu, W., Zhang, F. & Li, W. (2018). DeepUNet: a deep fully convolutional network for pixel-level sea-land segmentation. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(11), 3954-3962.
- Moore, L. (2000). Shoreline Mapping Techniques. *Journal of Coastal Research*, 16(1), 111-124. Retrieved November 18, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/4300016>.
- Nazerdeylami, A., Majidi, A. & Movaghar, A. (2019). Smart Coastline Environment Management Using Deep Detection of Manmade Pollution and Hazards. 2019 5th Conference on Knowledge Based Engineering and Innovation (KBEI), Tehran, Iran, 2019, pp. 332-337
- Pardo-Pascual, J. E., Almonacid-Caballer, J., Ruiz, L. A. & Palomar-Vazquez, J. (2012). Automatic extraction of shorelines from LANDSAT TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision. *Remote Sensing of Environment*, 123, 1-11.
- Pardo-Pascual, J., Sánchez-García, E., Almonacid-Caballer, J., Palomar, J., Priego, J., Fernández-Sarría, A. & Balaguer-Beser, A. (2018). Assessing the Accuracy of Automatically Extracted Shorelines on Microtidal Beaches from LANDSAT 7, LANDSAT 8 and SENTINEL-2 Imagery. *Remote Sensing*. 10. 326. 10.3390/rs10020326.
- Patterson, J. & Gibson, A. (2017). *Deep Learning: A Practitioner's Approach*, First Edition, O'Reilly Media, California.
- Ronneberger, O., Fischer, P. & Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *International Conference on Medical image computing and computerassisted intervention* (pp. 234-241). Springer, Cham.
- Song, S., Liu, J., Liu, Y., Feng, G., Han, H., Yao, Y. & Du, M. (2020). Intelligent Object Recognition of Urban Water Bodies Based on Deep Learning for Multi-Source and Multi-Temporal High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery. *Sensors*, 20(2), 397.
- Sreekesh, S., Kaur, N. & Sreerama Naik, S.R. (2020). An OBIA and Rule Algorithm for Coastline Extraction from High- and Medium-Resolution Multispectral Remote Sensing Images. *Remote Sens Earth Syst Sci* 3, 24–34
- Syrris, V., Hasenohr, P., Delipetrev, B., Kotsev, A., Kempeneers, P. & Soille, P. (2019). Evaluation of the Potential of Convolutional Neural Networks and Random Forests for Multi-Class Segmentation of SENTINEL-2 Imagery. *Remote Sensing*. 11. 907. 10.3390/rs11080907.
- Torrey, L. & Shavlik, J. (2009). Chapter 11 Transfer Learning.
- Wieland, M., Martinis, S. & Li, Y. (2019). Semantic segmentation of water bodies in multi-spectral satellite images for situational awareness in emergency response. *ISPRS - International*

- Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLII-2/W16. 273-277. 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W16-273-2019.
- Xu, Y., Wu, L., Xie, Z. & Chen, Z. (2018). Building Extraction in Very High Resolution Remote Sensing Imagery Using Deep Learning and Guided Filters. *Remote Sensing*, 10(1), 144-161.
- Yang, L., Tian, S., Yu, L., Ye, F., Qian, J. & Qian, Y. (2015). Deep learning for extracting water body from LANDSAT imagery. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 11(6), 1913-1929.
- Yousef A. & Iftekharuddin K. (2014). Shoreline extraction from the fusion of LiDAR DEM data and aerial images using mutual information and genetic algorithms. International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) (pp. 1007–1014). Beijing, China.
- 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), 158-163.
- Yu, L., Wang, Z., Tian, S., Ye, F., Ding, J. & Kong, J. (2017). Convolutional Neural Networks for WaterBody Extraction from Landsat Imagery. *International Journal of Computational Intelligence and Applications*, 16(1), 1750001.
- Zhang, Y., Li, X., Zhang, J. & Song, D. (2013). A Study on Coastline Extraction and Its Trend Based on Remote Sensing Image Data Mining. *Abstract and Applied Analysis*, vol. 2013, 693194. <https://doi.org/10.1155/2013/693194>
- Zheng, G., Peng, L., Tao, G. & Wang, C. (2011). Remote sensing analysis of Bohai Bay West Coast shoreline changes. In *Proceedings IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services*, pp. 549–552.
- URL-1: <http://www.remotesensinglab.yildiz.edu.tr/> [Erişim Tarihi: 30.11.2020]
- URL-2: <https://SENTINEL.esa.int/web/SENTINEL/user-guides/SENTINEL-2-msi/resolutions/spatial> [Erişim Tarihi: 18.11.2020]
- URL-3: <https://osmdata.openstreetmap.de/data/water-polygons.html> [Erişim Tarihi: 21.11.2020]
- URL-4: <https://github.com/tensorflow/tensorflow> [Erişim Tarihi: 21.11.2020]
- URL-5: <https://github.com/keras-team/keras> [Erişim Tarihi: 21.11.2020]



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Turkish Journal of Remote Sensing

<https://dergipark.org.tr/en/pub/tuzal>

e-ISSN 2687-4997



How do Sentinel-1 SAR images match with the existing maps

Tevfik Fikret Horzum*¹, Nusret Demir², Ali Kılıçık²

¹ Akdeniz University, Vocational School of Technical Sciences, Dep. of Architecture and Urban Planning, Antalya, Turkey

² Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Space Sciences and Technologies, Antalya, Turkey

Keywords

Remote Sensing
Sentinel-1(SAR)
OpenStreetMap(OSM)
Photogrammetric Digital
Map (PDM)

ABSTRACT

Synthetic Aperture Radar (SAR) images are used in several different applications for Remote Sensing purposes. SAR is an imaging sensor that can detect high-resolution ground images under a wide variety of imaging conditions. As SAR is an active system, the data are already acquired with geo-position information. To investigate to verify the image spatial accuracy, a part of the Antalya region of Turkey was selected as test site. OpenStreetMap (OSM), SAR and Photogrammetric Digital Map (PDM) data within the test area were used. First, characteristic common points were selected on the OSM data and the SAR satellite image both. The projected coordinates of these points were calculated with the QGIS software. Normal distributions of the coordinate differences in these data sets were plotted. It was confirmed that the data sets were in normal distribution and standard deviation values were calculated. The maximum and minimum confidence interval (95%) was determined according to the 2*standard deviation limit values. X and Y coordinate differences were calculated for 49 selected points from both image pairs SAR&OSM and SAR&PDM. Finally, the maximum differences show that the SAR positional accuracy respect to OSM and PDM is below 1 pixel azimuthal resolution.

Sentinel-1 SAR görüntüleri mevcut haritalarla nasıl eşleşir

Anahtar Kelimeler:

Uzaktan Algılama
Sentinel-1(SAR)
OpenStreetMap(OSM)
Fotogrametrik Sayısal
Harita (FSH)

ÖZ

Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri, Uzaktan Algılama amacıyla birkaç farklı uygulamada kullanılır. SAR, çok çeşitli görüntüleme koşulları altında yüksek çözünürlüklü zemin görüntülerini algılayabilen bir görüntüleme sensörüdür. SAR aktif bir algılama sistemi olduğundan, veriler halihazırda coğrafi konum bilgisi ile elde edilmiştir. Görüntünün mekansal doğruluğunu araştırmak için, Türkiye'nin Antalya bölgesinin bir kısmı test bölgesi olarak seçildi. Test alanı içindeki OpenStreetMap (OSM), SAR ve Fotogrametrik Sayısal Harita (FSH) verileri kullanıldı. İlk olarak, hem OSM verileri hem de SAR uydu görüntüsü üzerinde karakteristik ortak noktalar seçildi. Bu noktaların koordinatları QGIS yazılımı ile hesaplandı. Bu veri setlerindeki koordinat farklılıklarının normal dağılımı çizildi. Veri setlerinin normal dağılımda olduğu doğrulandı ve standart sapma değerleri hesaplandı. Maksimum ve minimum güven aralığı (% 95) 2*standart sapma sınır değerlerine göre belirlendi. SAR & OSM ve SAR & FSH görüntü çiftlerinden seçilen 49 nokta için X ve Y koordinat farklılıkları hesaplandı. Son olarak, maksimum farklar, SAR konumsal doğruluğunun OSM ve FSH'ye göre 1 piksel azimut çözünürlüğünün altında olduğunu göstermektedir.

* Corresponding Author

(fhorzum@akdeniz.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-4898-5999
(nusretdemir@akdeniz.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-8756-7127
(alilikilcik@akdeniz.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0094-1762

Cite this article

Horzum, T. F., Demir, N. & Kılıçık, A. (2021). How do Sentinel-1 SAR images match with the existing maps. *Turkish Journal of Remote Sensing*, 3 (1), 08-13.

1. INTRODUCTION

Synthetic Aperture Radar (SAR) images are used in applications for the Earth observation purposes since decades. SAR satellites carry an imaging sensor that can detect high-resolution ground images under a wide variety of imaging conditions (Demirci, 2005). To investigate the accuracy of the acquired SAR image from Sentinel-1 satellites, the Antalya is selected as test area.

The OpenStreetMap (OSM) and Photogrammetric Digital Map (PDM) data were used in comparison.

OSM is a common dataset used in many websites and mobile applications (Ünen, 2013). The accuracy (51.5%) of OSM data in the Wuhan region of China were reported in Wang (2015). Çabuk et al., (2015) shows that 1: 50.000 scale OSM dataset is not enough to support the map production process.

PDM are used in public institutions and organizations and for the purpose of Geographical Information System (GIS). A study investigated (Kara 2019), the accuracy of Photogrammetric Digital Maps which contains the provincial borders of Erzincan and it has been reported that the horizontal coordinate average was calculated as 6cm and the vertical coordinate average as 10cm.

S1A data products are already consistently providing highly accurate geolocation (Schubert 2015). Thus, we tried to explore the spatial accuracy of Sentinel 1 SAR data in respect to the available existing sources OSM and PDM.

In this study, characteristic common points were selected to compare the SAR and map data sets by 55 points for each data set. These points were chosen randomly from the, e.g. building and border corners and road junction points. The differences of the orthogonal coordinates of the raw data and the coordinates between the OSM and the SAR data and the PDM and the SAR data were calculated. It was identified that the data sets had normal distribution (Figure 2 & Figure 3).

Standard deviation values were calculated in the second step in order to eliminate the outlier data points. Maximum and minimum confidence intervals (95%) were selected with respect to the 2*Standard deviation limit values. Then, erroneous data points were removed and 49 error-free data points were remained in each data set. Coordinate differences (Ya-Yc) of 49 common points in OSM and SAR data set; Coordinate differences (Yd-Yc) of (Xa-Xc) and 49 common points in PDM and SAR data set; (Xd-Xc) were calculated separately. The standard deviations of these coordinate differences were 11.646m, 7.842m and 10.520m and 8.438m respectively (Table 1 & 2). Coordinate difference graphs and location graphs of these data sets were drawn. Finally, as found in the comparison in these two data sets, it is shown that the SAR image data is have about 20 m accuracy.

2. MATERIALS AND METHOD

In this study, Antalya is selected as a test site as shown in Figure 1. The used datasets are Sentinel 1 SAR image, OSM and PDM which was provided by Municipality of Antalya.

Sentinel 1 has C band RADAR sensor, operated by European Space Agency, and the respective data can be provided from Copernicus data hub. The C band has a frequency of 4 - 8 GHz and a wavelength of 7.5 - 3.8 cm. Over the past 30 years, SAR has been the most important data source in monitoring (Flores-Anderson et al. 2019). Therefore, it can penetrate into vegetation, dry soil and glaciers. The data have range and azimuth resolution 20x22 m respectively. They are provided with 10 m pixel spacing through Ground Range Detected (GRD) file format. GRD products consist of focused SAR data that has been detected, multi-looked and projected to ground range using an Earth ellipsoid model. There are three different GRD product resolution modes; Full Resolution (FR), High Resolution (HR) and Medium Resolution (MR). Product Resolutions by Mode: Strip Map (SM) GRD, Interferometric Wide Swath (IW) GRD and Extra Wide Swath (EW) GRD (URL-1). In this study, IW mode and HR resolution product were used.

OSM is an online geodatabase with OpenDataCommons license, which any person can contribute and update the datasets (Çabuk et al., 2015). OSM is a dataset service, created by a OSM Foundation that provide data about revery kind of features in the Earth. PDM dataset is produced by Antalya Municipality with 1/5000 scale.

The accuracy of dataset is depending on the used data source (e.g. Satellite, mainly optical) and the digitizer accuracy.

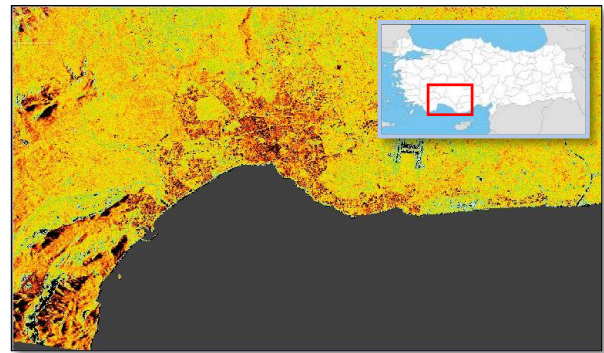


Figure 1. Map of study area which is produced by using Sentinel-1. In the small map selected total area are shown on the Turkey map

In this study, QGIS 3.12 and Sentinel Application Platform (SNAP 7.0) software were used to evaluate the data. The QGIS software was developed by the Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) (URL-2). QGIS software is a multi-platform free and open source GIS software that provides data viewing, editing, and analysis capabilities. SNAP software was developed by

the European Space Agency (ESA). SNAP software, on the other hand, is a common software and is developed for fast viewing, layer management, geocoding and correction using ground control points.

The Subset calibration, Speckle filtering and Geometric correction procedures were applied to the SAR Sentinel-1 Satellite data in the SNAP program. Calibration process has been applied. The objective of SAR calibration is to provide imagery in which the pixel values can be directly related to the radar backscatter of the scene. Filter operation "Lee" (3*3) filter is applied. WGS84 datum was used for geometric correction (Yommy et al., 2015 ; Smara et al., 2015)

55 data point were selected from OSM (a), Sentinel-1 (c) and PDM (d) datasets. OSM (a), Sentinel-1 (c) and PDM(d) data of the study area were registered using the QGIS program.

Orthogonal Coordinates of 55 points were obtained with Python code software according to TUREF TM 30 reference information (URL-3).

3. RESULTS

In the first step, the coordinate differences of OSM and SAR data points (Ya-Yc) and (Xa-Xc) were calculated and the histograms of these coordinates were drawn (Figure 2 & 3).

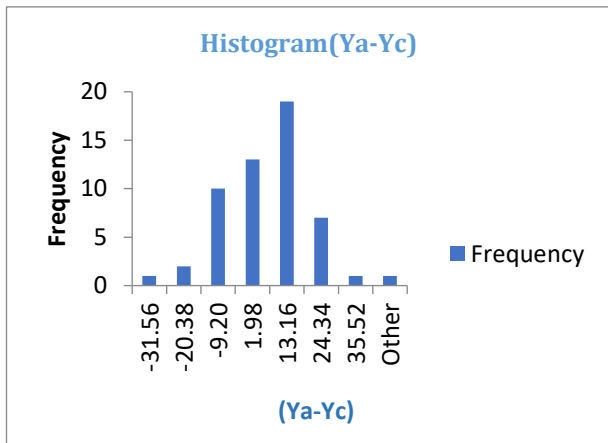


Figure 2. Histogram of Y Coordinate Differences (Ya-Yc).

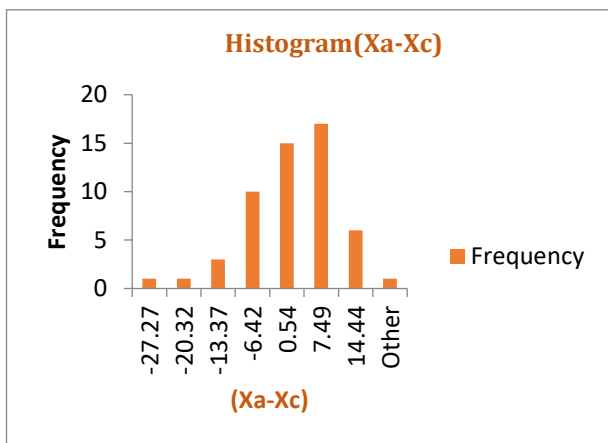


Figure 3. Histogram of X Coordinate Differences (Xa-Xc).

In the second step, 55 points were used in comparison of SAR (c) and PDM (d) data. The coordinate differences (Yd - Yc and Xd - Xc) of these data points were calculated and histogram graphics were drawn (Figure 4 & 5).

OSM (a), SAR (c) and PDM (d) data sets were determined to be in normal distribution.

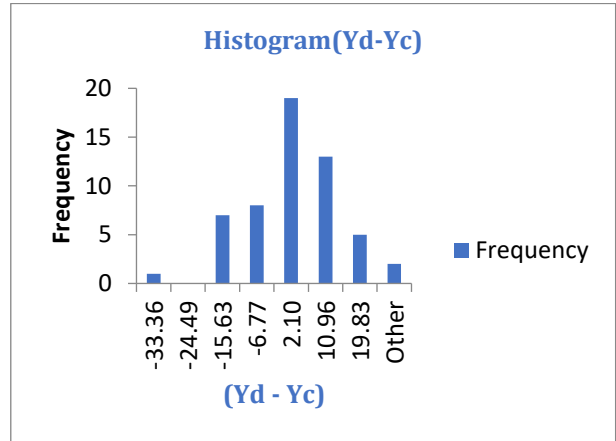


Figure 4. Histogram of Y Coordinate Differences (Yd-Yc).

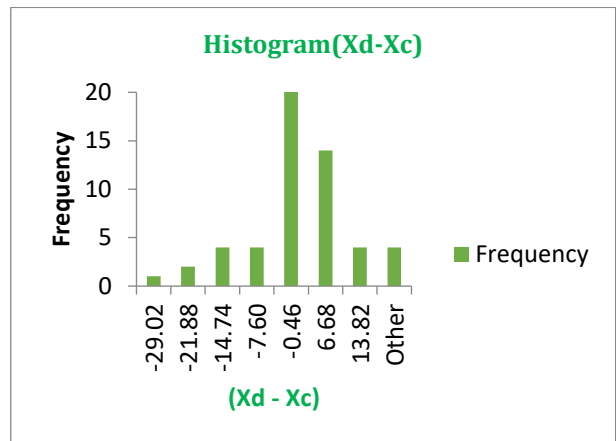


Figure 5. Histogram of X Coordinate Differences (Xd-Xc).

OSM (a) and SAR (c) data sets were determined to be normally distributed. The mean value of the (Ya - Yc) and (Xa - Xc) coordinate differences and standard deviation values were calculated. According to Equation 1; The minimum and maximum limit values of 2 standard deviations (95%) were calculated and outliers were removed from the data sets. Thus, 49 compatible coordinates were found and the obtained results are presented in Table 1.

$$(\bar{X} - 2\sigma) \leq \mu \leq (\bar{X} + 2\sigma) \tag{1}$$

As seen in Table 1, the standard deviation is 11.646 m in the (Ya-Yc) differences and 7.842 m in the (Xa-Xc) differences. In addition, according to the 2 * Standard Deviation limit values, in (Ya-Yc) differences; in the range of [-22.730m to 23.855 m] and (Xa-Xc) differences; values have been reached in the range of [-17.216 m to 14.152.86 m].

Table 1. Computational summary of 49 compatible coordinates.

Calculation 1	[Ya-Yc] m	[Xa-Xc] m
Average	0.563	-1.532
Std.Deviation	11.646	7.842
2*Std.Deviation	23.293	15.684
Minimum	-22.730	-17.216
Maximum	23.855	14.152

To obtain the error levels we used the percentage errors $[(Ya-Yc)/Ya]*100$ and $[(Xa-Xc)/Xa]*100$ of the difference values of the selected 49 points. We found that they vary between $[-0.004$ to $+0.004]$ and $[-0.001$ to $+0.001]$ for the above data sets, respectively.

According to Equation 2; (Ya-Yc) and (Xa-Xc) location values were calculated from the coordinate differences. Location graphs of 49 compatible points were drawn (Figure 6 & 7).

$$S_{ac} = \sqrt{(Ya - Yc)^2 + (Xa - Xc)^2} \quad (2)$$

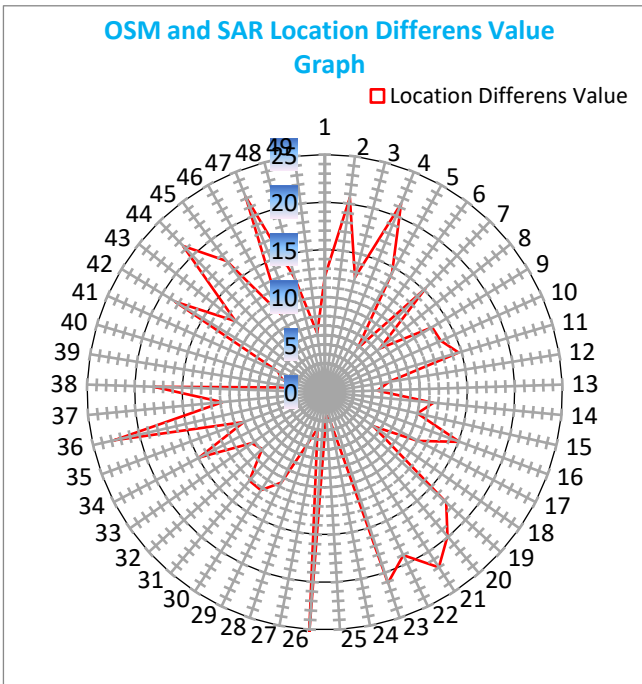


Figure 6. Location differences value graph between OSM and SAR data sets.

In figure 7, the upward direction to the right is Y (m) and the upward direction is X (m).

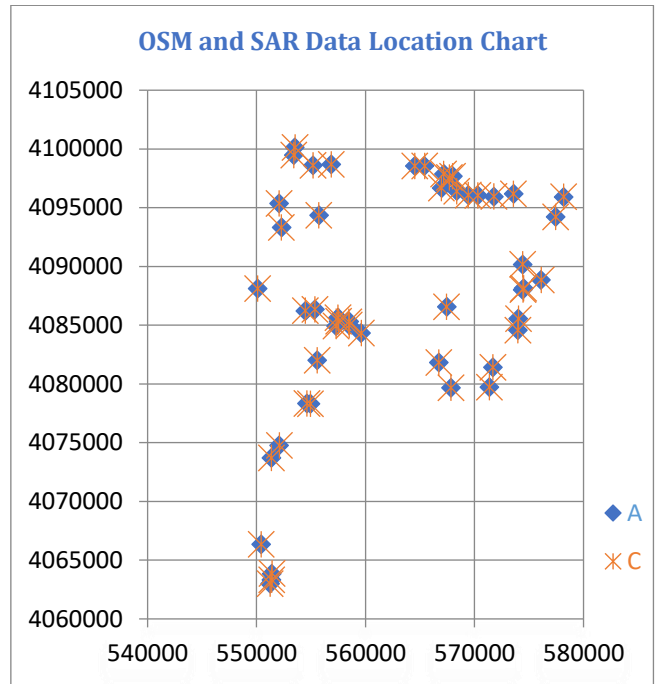


Figure 7. Coordinate plot of compatible points in OSM(a) and SAR(c) data.

It is shown that the PDM (d) and SAR (c) data set differences showed normal distribution. The average value of the (Yd-Yc) and (Xd-Xc) coordinate differences and standard deviation values were calculated. According to Equation 3; the minimum and maximum limit values of 2 standard deviations (95%) were determined and 49 compatible coordinates were found. The results found are shown in table 2.

$$(\bar{X} - 2\sigma) \leq \mu \leq (\bar{X} + 2\sigma) \quad (3)$$

As seen in Table 2, the standard deviation was 10.520 m in the (Yd-Yc) differences and 8.438 m in (Xd-Xc) differences. In addition, according to the 2 * Standard Deviation limit values, in (Yd-Yc) differences; in the range of $[-22.044$ m to 20.035 m] and (Xd-Xc) differences; values in the range of $[-18.298$ m to 15.452 m] have been reached.

Table 2. Computational summary of 49 compatible coordinates.

Calculation 2	[Yd-Yc] m	[Xd-Xc] m
Average	-1.004	-1.423
Std.Deviation	10.520	8.438
2*Std.Deviation	21.040	16.875
Minimum	-22.044	-18.298
Maximum	20.035	15.452

We also calculated the percentage error of the difference values of selected 49 points and found that it varies between $[-0.004$ to $+0.004]$ and $[-0.001$ to $+0.001]$, respectively.

According to Equation 4; (Yd-Yc) and (Xd-Xc) location value was calculated from the coordinate differences. Location graphs of 49 compatible points were drawn (Figure 8 & 9).

$$S_{ac} = \sqrt{(Yd - Yc)^2 + (Xd - Xc)^2} \quad (4)$$

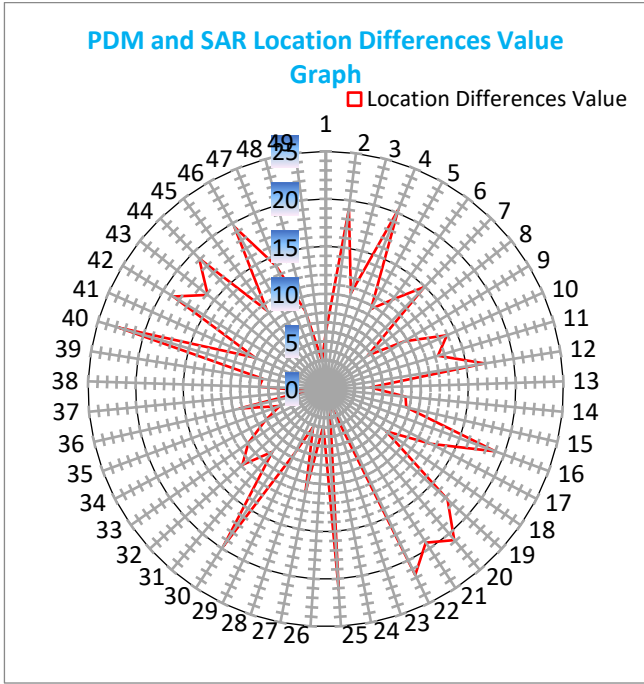


Figure 8. Location differences value graph between PDM and SAR data.

In figure 9 and 10, the upward direction to the right is Y (m) and the upward direction is X (m).

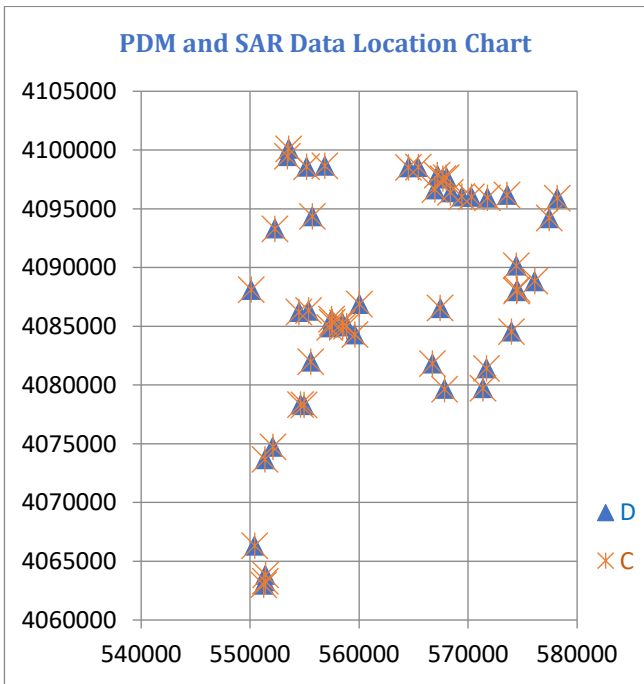


Figure 9. Coordinate plot of compatible points in PDM(D) and SAR(C) data.

Finally, a graph shows the coordinate difference values of the data sets ($Y_a - Y_c$, $X_a - X_c$ and $Y_d - Y_c$, $X_d - X_c$) both. From this chart (Figure 10), it was observed that 95% of the coordinate differences were within the ± 25 m radius circle. 53.1%, of the ($Y_d - Y_c$) and ($X_d - X_c$) coordinate differences (blue points) are located within the ± 10 m circle, while 36.7%, of the ($Y_a - Y_c$) and ($X_a - X_c$) coordinate differences (orange points) are located

within the ± 10 m circle. Thus, we may conclude that the OSM data fit SAR data better than PDM data.

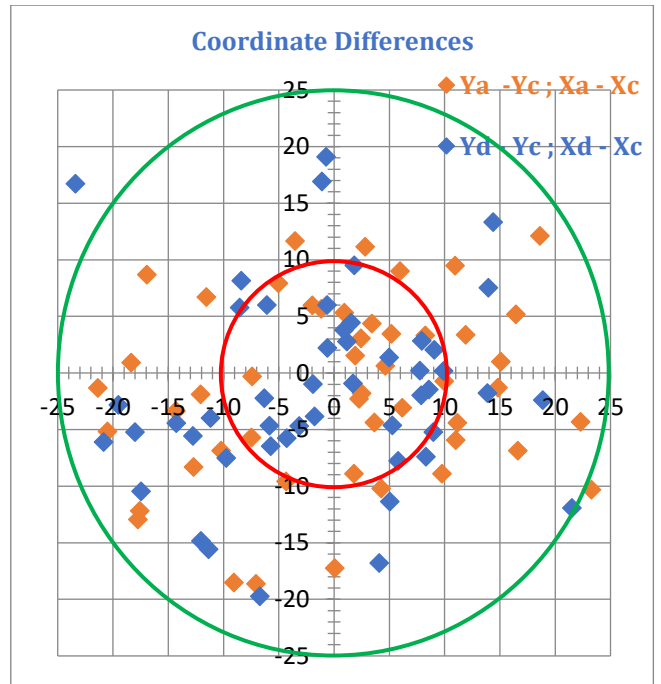


Figure 10. Location graph created according to OSM, PDM and SAR coordinate differences.

4. CONCLUSIONS

In the study of the spatial accuracy of Sentinel-1 SAR satellite images, OSM and PDM data were used for comparison. OSM and PDM data sets were used as accurate data and SAR satellite data as experimental data set.

55 points were used to compare OSM(a), SAR(c) and PDM(d) data sets. 6 points of data were excluded from each data set because they were incompatible. Coordinate differences were calculated with 49 points in the comparison of the data sets without error on OSM (a), SAR(c) and PDM(d). Average and standard deviation values were calculated. The minimum and maximum values were determined according to the value of $2 * \text{standard deviation}$ (95%).

It was observed that the coordinate differences ($Y_d - Y_c$) and ($X_d - X_c$) were represented better than the coordinate differences ($Y_a - Y_c$) and ($X_a - X_c$) within the ± 10 m radius circle.

As a result, it is concluded that SAR data with a maximum difference with 20 m well fit with OSM and PDM data sets. SAR data show better agreement with OSM data compared to PDM data for the ± 10 m difference. It can be concluded that OSM and PDM datasets can be directly used with Sentinel 1 datasets without need of intensive co-registration for any further analysis.

ACKNOWLEDGEMENT

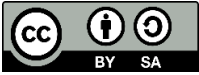
We, authors acknowledge Antalya Metropolitan Municipality for the Photogrammetric Digital Map data.

REFERENCES

- Çabuk, S., Erdoğan, M., Eker, O., Kaya, M., Ardiç, H. & Önal, E. (2015) Use of OpenStreetMap Data In Topographic Data Production. *TUFUAB VIII. Technical Symposium*, 21-23 May 2015 / Konya
- Çabuk, S., Erdoğan, M. & Önal, E. (2015) Researching of 1/50K Scaled Map Producibility Using Open Street Map Data. *Map Journal*, 2015(154).
- Demirci Ş. (2005) Elimination of Unwanted Echoes in Sentinel Aperture Radar (SAR) Images. *Post Graduate thesis*, Mersin University, Mersin, 86s.
- Flores-Anderson, A. I., Herndon, K. E., Thapa, R. B. & Cherrington, E. (2019) The SAR Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation. First edition. *Published electronically* April 2019. doi: 10.25966/nr2c-s697.
- Kara, G. & Kemaldere, H. (2019). Accuracy Analysis of Photogrammetric Digital Topographic Mapping, TMMOB Chamber of Survey and Cadastre Engineers, *17th Turkey Scientific and Technical Conference*, 25-27 April 2019 in Ankara.
- Schubert, A. Small, D. Miranda, N. Geudtner, D. & Meier, E.(2015). Sentinel-1A Product Geolocation Accuracy: Commissioning Phase Results. *Remote Sensing*. 7. 9431-9449. 10.3390/rs70709431.
- Smara, Y., Boutarfa, S. & Bouchemakh, L. (2015) Comparative Study of Speckle Filtering Methods in Polarsar Radar. *IEEE Xplore*.
- Ünen, H. C., Yılmaz, O. M. & Güngör. O. (2013). Free Map: OpenStreetMap. *TMMOB Geographical Information System Congress*, 11-13 November 2013, Ankara
- Wang M, Li Q, Hu Q & Zhou M. (2013) Quality Analysis of Open Street Map Data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-2/W1, 2013 8th International Symposium on Spatial Data Quality, 30 May - 1 June 2013, Hong Kong
- Yommy, A. S., Liu, R. & Wu, S. (2015) SAR Image Despeckling using Refined Lee Filter. *2015 7th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*,

Internet address

- URL-1: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-1-sar/products-algorithms/level-1-algorithms/ground-range-detected> [access date: 15.02.2021]
- URL-2: <https://www.osgeo.org/> [access date: 15.02.2021]
- URL-3: https://tucbs-public-api.csb.gov.tr/tucbs/tucbs_tanimlama_dokumanlari/TUCBS_CG.pdf [access date: 15.02.2021]



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Turkish Journal of Remote Sensing

<https://dergipark.org.tr/en/pub/tuzal>

e-ISSN 2687-4997



Bathymetry analysis with use of Sentinel-2 images

Hakan Uzakara*¹, Nusret Demir ¹

¹ Akdeniz University, Faculty of Science, Department of Space Sciences and Technologies, Antalya, Turkey

Keywords

Remote sensing
Bathymetry
LIDAR
Sentinel-2

ABSTRACT

Bathymetry is described as Sea and Ocean depth measurements, and performed by many methods. Traditional methods, which are still used from the past to the present, have been replaced by modern methods with the development of technology. Sonar systems, LIDAR and remote sensing systems are listed as examples of these modern methods. The use of acoustic systems or LIDAR, are not economical in terms of both time and cost. In this study, remote sensing methods are investigated in order to minimize the time and cost. It is aimed to extract the information about bathymetry with use of free of charge satellite images. The method data used includes Sentinel-2 satellite images taken at different wavelengths and reference bathymetry values. Later, regression analyzes were made by using these data in band ratio and multi-band methods. By using the coefficients obtained by the regression analysis, the bathymetry estimation was made in places with unknown depth using the above methods without the need for reference depth. Band ratio and multi-band methods are used, and the results were evaluated. Bathymetric maps obtained from two methods were analyzed with the ground-truth values of the region and the amount of error was calculated. The highest accuracy was obtained from the ratio of blue band to green band. It has been observed that the red band has a disruptive effect.

Sentinel-2 görüntülerinin kullanımıyla batimetri analizi

Anahtar Kelimeler:

Uzaktan Algılama
Batimetri
LIDAR
Sentinel-2

ÖZ

Batimetri, Deniz ve Okyanus derinlik ölçümleri olarak tanımlanmakta ve birçok yöntemle yapılmaktadır. Geçmişten günümüze kadar hala kullanılan geleneksel yöntemler, teknolojinin gelişmesiyle yerini modern yöntemlere bırakmıştır. Sonar sistemleri, LIDAR ve uzaktan algılama sistemleri bu modern yöntemlerin örnekleri olarak listelenmiştir. Akustik sistemlerin veya LIDAR'ın kullanımı hem zaman hem de maliyet açısından ekonomik değildir. Bu çalışmada zaman ve maliyeti en aza indirmek için uzaktan algılama yöntemleri araştırılmıştır. Batimetri ile ilgili bilgilerin ücretsiz uydu görüntüleri kullanılarak çıkarılması amaçlanmaktadır. Kullanılan yöntem verileri, farklı dalga boylarında alınan Sentinel-2 uydu görüntülerini ve referans batimetri değerlerini içerir. Daha sonra bu veriler bant oranı ve çok bantlı yöntemlerde kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizi ile elde edilen katsayılar ile, referans derinliğe ihtiyaç duyulmadan derinliği bilinmeyen yerlerde yukarıdaki yöntemler kullanılarak batimetri tahmini yapılmıştır. Bant oranı ve çok bantlı yöntemler kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Her iki yöntemden elde edilen batimetrik haritalar bölgenin gerçek derinlik değerleri ile analiz edilmiş ve hata miktarı hesaplanmıştır. En yüksek doğruluk, mavi bantın yeşil banda oranından elde edilmiştir. Kırmızı bantın bozucu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

* Corresponding Author

^{*}(hakanuzakara@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-9985-832X
(nusretdemir@akdeniz.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-8756-7127

Cite this article

Uzakara, H. & Demir, N. (2021). Bathymetry analysis with use of Sentinel-2 images
Turkish Journal of Remote Sensing, 3 (1), 14-20.

Research Article / DOI: 10.51489/tuzal.863371

Received: 18/01/2021; Accepted: 23/03/2021.

1. INTRODUCTION

Remote sensing is a science that provides information about the natural and artificial objects of the earth and evaluates them, without physical contact with the objects by using several platforms including satellites. It provides fast and economical solutions for many cases including land use, agriculture and marine studies etc.

Correct and up-to-date coastal bathymetry is a basic requirement in sea and ocean studies. Climate changes and environmental impacts significantly affect coastal areas. Bathymetry data are of great importance in developing models that can predict these effects (Misra & Ramakrishnan, 2020). In the literature, bathymetry are obtained from sonar devices, lidar data and satellite images. Sonar system and LIDAR are active remote sensing systems that measure marine topography and physical properties with sound waves and laser light, respectively. High resolution bathymetric maps can be produced using returning pulses (Brock et al., 2004; Dartnell & Gardner, 2004). Sonar systems, are widely used in marine ecosystem mapping in shallow and deep water and bathymetric mapping of the sea floor (Wilson et al., 2006). However, since sonar systems are generally ship-based, they cannot collect data in areas less shallow than 15 meters. LIDAR systems are more suitable for mapping these shallow environments (Costa et al., 2009). Although Drone-based LIDAR and camera systems are capable of producing high resolution bathymetric maps, they only allow spatial analysis of small areas due to technical limitations. In case of need for repeated on-site measurements for temporal monitoring and evaluation of the coastal zone with the above-mentioned sonar and LIDAR systems, logistical difficulties are encountered (Misra & Ramakrishnan, 2020). To overcome the difficulties and disadvantages of these traditional methods, satellite-based remote sensing techniques have been developed (Pacheco et al., 2015). Although satellite-derived bathymetry does not have sonar or lidar accuracy, its large field capability, low cost and allowing analysis for areas where are not contacted easily (Gao, 2009).

Bathymetry algorithms derived from optical satellite images are generally derived from physics-based and empirical models. Empirical models are more commonly used. Physics-based models explain the physics of the light with the water surface, water column and bottom and do not need points of known depth for calibration (Maritorea et al., 1994; Lee et al., 1999; Brando et al., 2009; Kerr & Purkis, 2018). Empirical models make depth estimates with regression analysis. For this, it uses reference points whose depth is known, and relates the reflection with depth. (Philpot, 1989). It is basically based on the relationship between reflected energy and water depth. For each pixel of the satellite image, there is a statistical relationship between the amount of

energy detected by the sensor and the depth of the water at that pixel location. This relationship can be analyzed using various calculation algorithms for bathymetry analysis (Kumari & Ramesh, 2020). Most of these algorithms require reference points which include about the depth (Jawak & Luis, 2015). When physics-based models and empirical models are compared in the derivation of bathymetry, empirical models are more advantageous due to their easier and faster results (Liu et al., 2015).

Satellite images have different spatial resolution (+100 m - 31 cm). Only images with a resolution higher than 30 m are suitable since bathymetry derived from satellite images are based on average depth per pixel (Bailly du Bois, 2011). High resolution (less than a few meters) satellites such as WorldVIEW-2 and RapidEye for deriving bathymetry from satellite images, medium resolution (10 - 30 m) satellites such as Landsat-8 and Sentinel-2, 3 are increasingly being tested for bathymetry analysis of shallow regions (Caballero & Stumpf 2019; Stumpf et al. 2003). The spatial and spectral resolution of satellite images used in bathymetry analyzes, satellite viewing angle, atmospheric effects, tidal level, sunlight and vegetation affect the accuracy. Some of these effects can be overcome by precise selection of satellite images and image processing (Kumari & Ramesh 2020). In this study, bathymetry analysis was performed with free use of Sentinel-2 images which are freely available through ESA Copernicus program.

2. METHOD

2.1. Study Area

The study area has been selected from the coastal zone of the city of Los Angeles in the state of California, USA.



Figure 1. Study area

A preliminary analysis process was carried out to evaluate the water quality of the study area. Green normalized difference vegetation index (GNDVI) was used for this procedure. Equation 1 shows the GNDVI formula.

$$GNDVI = \frac{(NIR - GREEN)}{(NIR + GREEN)} \quad (1)$$

GNDVI normalized difference vegetation index (NDVI) is a similar method. GNDVI values take values between -1 and 1. Values above 0.1 indicate the presence of vegetation and values below zero indicate water (Ma et al., 2007). GNDVI is five times more sensitive to chlorophyll than NDVI (Gitelson et al., 1996).

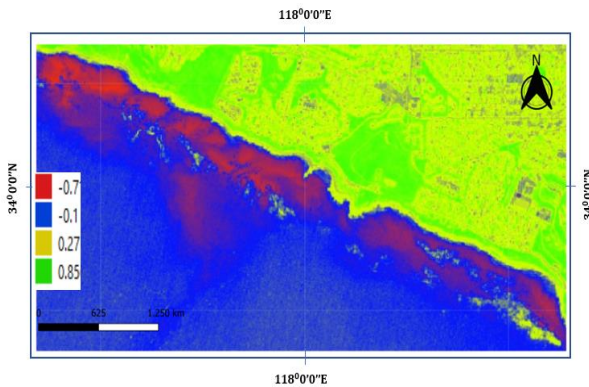


Figure 2. Computed color GNDVI image of the working area.

Looking at the figure above, it is an indication of the presence of green and yellow tones of chlorophyll in the parts near the shore. Red areas indicate that the water is cloudy or that the water quality is poor. Since these cause deviations in spectral reflections, regions with a depth of 10 meters to 30 meters were chosen as the study area.

2.2. Materials

Sentinel-2 satellites are part of the European Space Agency Copernicus profile. Two twin satellites (A / B) contain multi spectral images (MSI) with 10, 20 and 30m spatial resolution. Sentinel-2 MSI is a polar-orbit, multi-band, high resolution, 5-day spatial resolution twin satellite system that aims to perform field analyzes such as vegetation, soil and water cover areas. Atmospheric effects are present in Sentinel-2 Level-1C products. Since March 2018, the atmospheric effects of Level-2A products derived from Level-1C products have been presented to the public in a corrected manner. Sentinel-2A became operational on June 23, 2015 and Sentinel 2B on March 7, 2017. (Agency, European Space, 2015). Sentinel-2B level 1C satellite images of the study area dated 30/03/2019 were downloaded from Scientific Data Hub. The spectral and spatial properties of the bands used in the study are shown below. In order to eliminate atmospheric effects,

atmospheric correction was applied on the images with the QGIS program.

Table 1. Sentinel-2 satellite band features

Band	Name	Central wavelength (nm)	Spatial resolution (m)
1	Aerosol	443	60
2	Blue	490	10
3	Green	560	10
4	Red	665	10
5	Red Edge 1	705	20
6	Red Edge 2	740	20
7	Red Edge 3	783	20
8	NIR	842	10
9	Cirrus	945	60
10	SWIR 1	1380	60
11	SWIR2	1610	20
12	Red Edge 4	2190	20

Reference bathymetry data of the analysis area was obtained from TCarta Global Bathymetry GIS Data site at 10m resolution. Bathymetry data belong to the date of 27/09/2017 and satellite images were chosen as the closest date to bathymetry acquisition data depending on weather conditions.

2.3. Method

The analysis is directly dependent on solar radiation. Absorption, scattering and reflection occur when solar radiation reaches the water surface. The energy of the light entering the water body will be reflected from the base and reach the sensor. Depth estimation can be made as a function of light reflected from underwater using bands of different wavelengths. Depth was estimated using different band combinations in the study. Different combinations were obtained by using blue, green and red spectral bands. The interaction of each band with the water column has different reflection properties, which is an important factor in improving accuracy in depth estimation.

2.3.1. Dual Band Ratio Method

The bottom reflectance of the two bands does not change with the type of substrate. This can eliminate the influence of water type and the ratio of the two bands can be used to calculate water depth (Chen et al., 2019; Bramante et al., 2012).

$$Z = m_0 * \frac{\ln(nR_w(\lambda_i))}{\ln(nR_w(\lambda_j))} - m_1 \quad (2)$$

Equation 2 λ_i and λ_j are the reflection values of the bands. For the equation to be positive in all conditions, n is a constant number. The reference bathymetric depths will be written instead of z and the m_1 and m_0 coefficients will be found. By using the coefficients found, a depth estimation is aimed

for areas of unknown depth. This method is based on the absorption of each tape into a different body of water. These different absorptions create a ratio between the bands. These rates theoretically increase as the depth increases.

2.3.2. Multi Band Method

The multi-band model represents more than one aspect of water depth (Stumpf et al., 2003). Z reference depth values, spectral reflection values of the R_n n band, a are indeterminate coefficients.

$$Z = a_0 + a_1 \ln(R_1) + a_2 \ln(R_2) + \dots + a_n \ln(R_n) \quad (3)$$

The above equation calculates unknown coefficients a_n by multiple regression analysis, using R_n bands against reference depth values.

2.3.3. Accuracy Evaluation

The results obtained from both models were evaluated with absolute error (D_a), relative error (D_b) and RMSE (D_c).

$$D_a = \frac{|z_1 - z_2|}{n} \quad (4)$$

$$D_b = \frac{\sum_1^n \left| \frac{z_1 - z_2}{z_1} \right|}{n} \quad (5)$$

$$D_c = \sqrt{\frac{\sum_1^n (z_1 - z_2)^2}{n}} \quad (6)$$

z_1 represents the actual depth value, z_2 represents the calculated depth value n and the sample size.

3. RESULTS

Correlation analysis was performed between reference bathymetry values and band combinations to determine the most appropriate method and band combination. Table 2 below shows the calculated correlation coefficients.

In the multi-band model, the best correlation was obtained with the combination of blue, green and red bands. In the double band ratio model, the lowest is obtained from the ratio of blue band to green band. In general, it is seen that the correlation coefficients are significant. Equation 2 regression analysis and Equation 3. As a result of multiple regression analysis, the depth estimation of the analysis area was made by calculating the m and a coefficient.

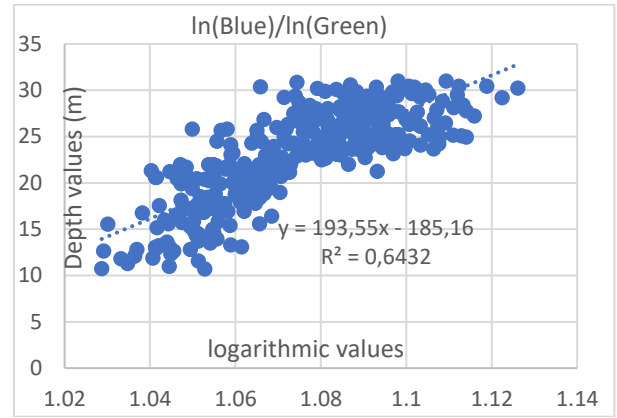


Figure 3. Band rate distribution

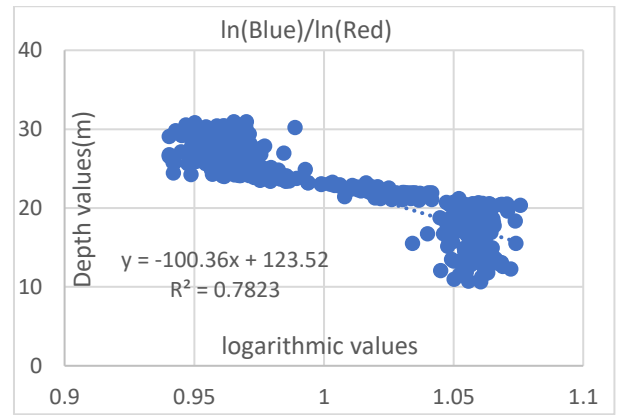


Figure 4. Band rate distribution

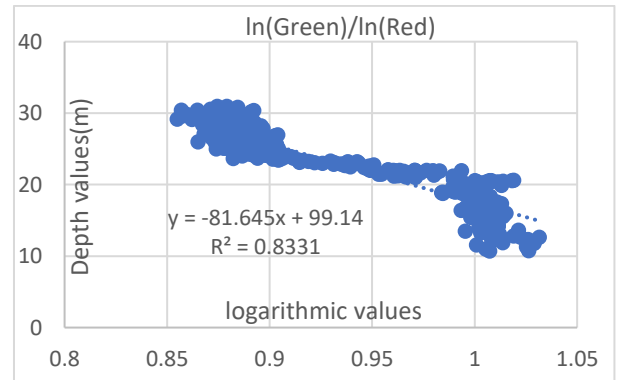


Figure 5. Band rate distribution

As shown in Figures 3, 4, 5, the (blue) / ln (green) band ratio values fit better along the regression line compared to the other graphs. In ln (blue) / ln (red) and ln (green) / ln (red) band combinations, scattering from the regression line is observed in regions with a depth of 10 to 15 meters and 25 to 30 meters. The factors causing these scattering are the fact that the red spectral band has more absorption in the water column than the other bands, resulting in a narrower spectral reflection values. This narrow spectral reflection range is thought to cause scattering in the regression line in combinations with the red band.

Using the coefficients calculated by regression analysis, Equation 2 and Equation 3 depth estimation was made at points of unknown depth.

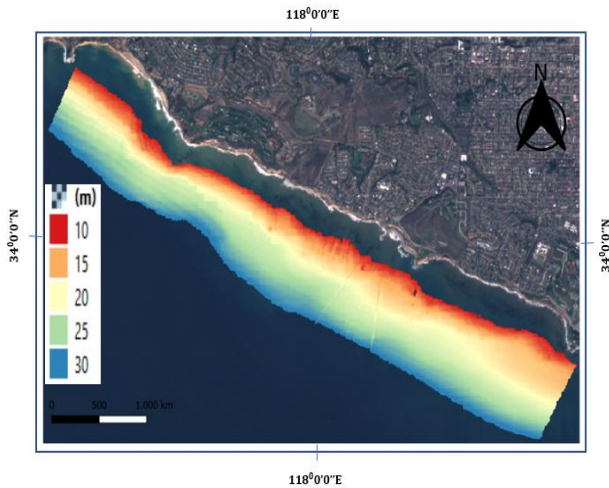


Figure 6. Reference bathymetry map of the study area

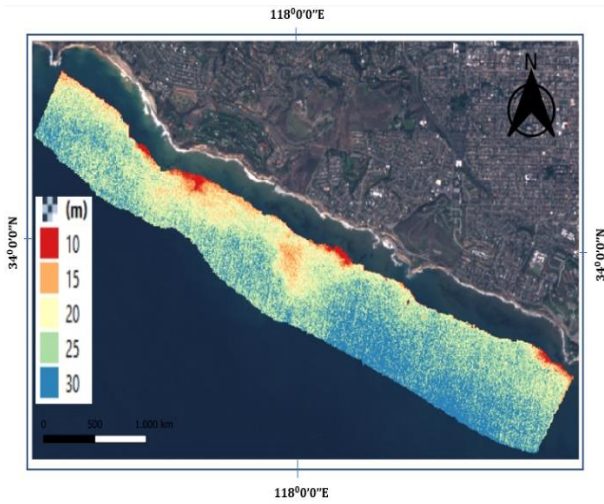


Figure 7. ln (blue) / ln (green) forecast bathymetry map

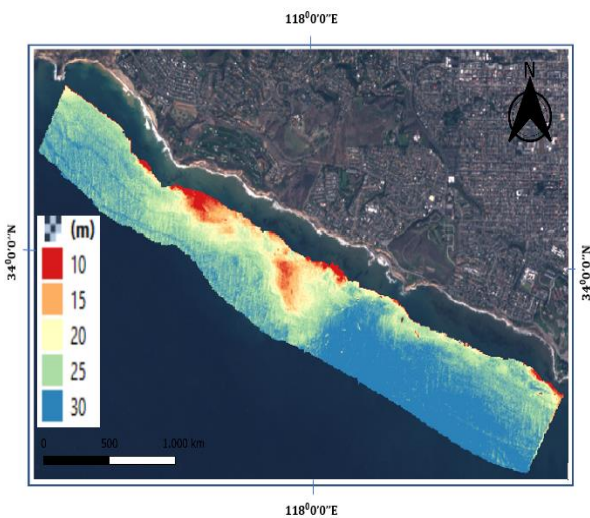


Figure 8. ln (green) + ln (blue) + ln (red) forecast bathymetry map

It has been observed that the estimated bathymetry maps generally have values close to each other. The best correlation was obtained from multiple regression analysis with a combination of

blue, green, and red bands. The lowest correlation was calculated from the ratio of the blue band to the green band. The error from the blue, green and red band combination with the best correlation is higher than the error from the ratio of the blue band to the green band with the lowest correlation (Table 2). The reason for this error is the changes in the spectral reflection of the red band associated with the water column.

Table 2. Correlation and error of band groups

	Models					
	Dual band ratio method			Multi band method		
	$\ln(\text{blue}) / \ln(\text{green})$	$\ln(\text{blue}) / \ln(\text{red})$	$\ln(\text{blue}) / \ln(\text{green}) \ln(\text{red})$	$\ln(\text{blue}) + \ln(\text{green}) + \ln(\text{red})$	$\ln(\text{blue}) + \ln(\text{green}) + \ln(\text{red})$	$\ln(\text{blue}) + \ln(\text{green}) + \ln(\text{red})$
Correlation	0.802	0.884	0.913	0.966	0.968	0.968
Absolute error(m)	5.364	5.429	5.431	5.607	5.951	5.951
Relative error(%)	30.199	32.883	32.233	32.913	34.669	34.669
RMSE(m)	6.565	6.835	6.722	6.909	7.305	7.305

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This study demonstrates the potential of Sentinel-2 satellite images to predict bathymetry at 10 m spatial resolution for Los Angeles coastal regions in low turbidity conditions. Analyzes made with Sonar and LIDAR systems are restricted in terms of time and cost. However, bathymetry studies made with satellite images were much less affected by time and cost as in this study. In addition, it has been seen that it has a greater potential than others in terms of repeatability and analysis of large areas compared to other analysis methods. Bathymetry products derived from satellites can be obtained in both models. In the study, it was seen that the methods used did not adapt well due to the greater absorption of sunlight in the regions around 25 m. Several researchers report that the methods are successful in shallow water areas of about 15 m (Kerr & Purkis, 2018). When evaluating the accuracy of the methods used in the study depending on seasonal effects, the amount of chlorophyll in the water and the turbidity of the water are the most important factors affecting the accuracy of the study. Because the methods show better results in clear shallow water. In a study, the relationship of chlorophyll amounts with the seasons over the years was examined and it was determined that the amount of chlorophyll changed according to the season (Liu & Wang, 2013).

The red band at 665nm (B04) has a narrow reflection range as a result of its interaction in the water column. This caused more scattering than other band combinations (Figure 9.) in regions with

depths of 10 m and 15m and 25 m and 30m, resulting in outliers.

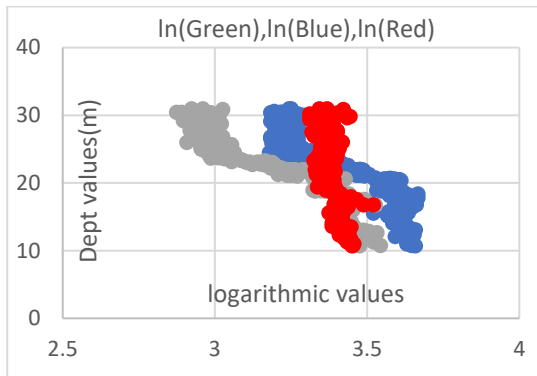


Figure 9. Logarithmic reflections of blue, green, red bands.

Bathymetry data derived from satellites can be used as reference data in remote areas, hard-to-reach areas or areas not drilled. Therefore, bathymetry can be considered as a potential technology in areas where research is not conducted or is insufficient.

In this study, Sentinel-2 demonstrates the ability to produce bathymetric maps with 10 m resolution with satellite images. The methods showed satisfactory results in shallow and less turbid waters. In the band ratio method, the ratio of blue band to green band gave healthier results compared to other band combinations. In band combinations with red band, it has been observed that the interaction of the red band with the water column causes more errors than the other combinations. Work may include to investigate the methods with use of higher resolution datasets.

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported by General Directorate of Mapping Turkey. Authors acknowledge the datasets provided by Sentinel Copernicus and TCARTA.

REFERENCES

Agency, European Space. (2015). *Sentinel-2 User Handbook*. Paris: ESA.

Bailly du Bois, P. (2011). Automatic calculation of bathymetry for coastal hydrodynamic models. *Computers & Geosciences*, 1303-1310.

Bramante, J. F., Raju, D. K., & Sin, T. M. (2012). Multispectral derivation of bathymetry in Singapore's shallow, turbid waters. *International Journal of Remote Sensing*, 34, 2070-2088.

Brando, V., Anstee, J., Wettle, M., Dekker, A., Phinn, S. & Roelfsema, C. (2009). A physics based retrieval and quality assessment of bathymetry from suboptimal hyperspectral

data. *Remote Sensing of Environment*, 113(4), 755-770.

Brock, J., Wright, C., Clayton, T. & Nayegandhi, A. (2004). LIDAR optical rugosity of coral reefs in Biscayne National Park, Florida. *Coral Reefs*, 23(1), 48-59.

Caballero, I. & Stumpf, P. R. (2019). Retrieval of nearshore bathymetry from Sentinel-2A and 2B satellites in South Florida coastal waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 226, 106-277.

Chen, B., Yang, Y., Xu, D. & Huang, E. (2019). A dual band algorithm for shallow water depth retrieval from high spatial resolution imagery with no ground truth. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 151, 1-13.

Costa, B., Battista, T. & Pittman, S. (2009). Comparative evaluation of airborne LiDAR and ship-based multibeam SoNAR bathymetry and intensity for mapping coral reef ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 1082-1100.

Dartnell, P. & Gardner, J. (2004). Predicting seafloor facies from multibeam bathymetry and backscatter data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(9), 1081-1091.

Gao, J. (2009). Bathymetric mapping by means of remote sensing: Methods, accuracy and limitations. *Progress in Physical Geography*, 103-116.

Gitelson, A., Kaufman, Y. & Merzlyak, M. (1996). Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS- MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 289-298.

Jawak, S. D. & Luis, A. J. (2015). Spectral Information Analysis for the Semiautomatic Derivation of Shallow Lake Bathymetry Using High-resolution Multispectral Imagery: A Case Study of Antarctic Coastal Oasis. *Aquatic Procedia*, 4, 1331-1338.

Kerr, J. M. & Purkis, S. (2018). An algorithm for optically-deriving water depth from multispectral imagery in coral reef landscapes in the absence of ground-truth data. *Remote Sensing of Environment*, 210, 307-324.

Kumari, P. & Ramesh, H. (2020). Remote sensing image based nearshore bathymetry extraction of Mangaluru coast for planning coastal reservoir. *Sustainable Water Resource Development Using Coastal Reservoirs*, 247-265.

Lee, Z., Carder, K., Mobley, C., Steward, R. & Patch, J. (1999). Hyperspectral remote sensing for shallow waters: 2. Deriving bottom depths and water properties by optimization. *Applied Optics*, 38(18), 3831-3843.

Liu, D. & Wang, Y. (2013). Trends of satellite derived chlorophyll-a (1997–2011) in the Bohai and

- Yellow Seas, China: Effects of bathymetry on seasonal and inter-annual patterns. *Progress in Oceanography*, 116, 154-166.
- Liu, S., Gao, Y., Zheng, W. & Li, X. (2015). Performance of two neural network models in bathymetry. *Remote Sensing Letters*, 6(4), 321-330.
- Ma, M., Wang, X. & Veroustraete, F. (2007). Change in area of Ebinur Lake during the 1998–2005 period. *International Journal of Remote Sensing*, 28(24), 5523-5533.
- Maritorena, S., Morel, A. & Gentili, B. (1994). Diffuse reflectance of oceanic shallow waters: Influence of water depth and bottom albedo. *Limnology and Oceanography*, 39(7), 1689-1703.
- Misra, A. & Ramakrishnan, B. (2020). Assessment of coastal geomorphological changes using multi-temporal Satellite-Derived Bathymetry. *Continental Shelf Research*, 207.
- Pacheco, A., Horta, J., Loureiro, C. & Ferreira, Ó. (2015). Retrieval of nearshore bathymetry from Landsat 8 images: A tool for coastal monitoring in shallow waters. *Remote Sensing of Environment*, 102-116.
- Philpot, W. (1989). Bathymetric mapping with passive multispectral imagery. *Applied Optics*, 28(8), 1569-1578.
- Stumpf, P. R., Holderied, K., & Sinclair, M. (2003). Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnol. Oceanog*, 48(1), 547-556.
- Wilson, M. F., O'Connell, B., Brown, C., Guinan, J. & Grehan, A. (2006). Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope. *Marine Geodesy*, 3-35.



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Turkish Journal of Remote Sensing

<https://dergipark.org.tr/en/pub/tuzal>

e-ISSN 2687-4997



Detection of Archaeological Sites Using Remote Sensing in The Cilicia Pedias

Faris Demir*¹ 

¹Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Archaeology, Osmaniye, Turkiye

Keywords

Remote sensing
Archaeological Site
Detection
Landsat 7 ETM+
Cilicia Pedias

ABSTRACT

Ceyhan Plain is located at the southern of Turkey within the borders of Adana. This region as known as Cilicia Pedias in the ancient period. There are many lost and undiscovered ancient sites in Cilicia Pedias. At 3, 4 and 5 spectral bands of Landsat 7 image, it was determined that the archeological sites yield different spectral reflection values from other surface vegetation close to the modern settlement areas. Especially at near-infrared 4th band image, subsurface and surface ancient sites were determined. The unsupervised classification, Histogram Equalization and Principal Component Analysis methods were used with Image analysis 4, 3, 2 band combination. It was determined that the ancient sites may be distinguished from the modern settlement areas with Principal Component Analysis and linear method. The one of which the resolution is higher in the visual perception was used in 8th band imagery enhancement procedure. Also by using Spot and Aster images, the distribution and spatial features of sites were analyzed. In this paper, 42 units' unknown ancient sites were determined except for the sites which had been known but got lost due to the destructing.

Kilikya Pedias'ta Uzaktan Algılama Kullanılarak Arkeolojik Yerleşim Tespiti

Anahtar Kelimeler:

Uzaktan Algılama
Arkeolojik Yerleşim
Tespiti
Landsat 7 ETM+
Kilikya Pedias

ÖZ

Ceyhan Ovası, Türkiye'nin güneyinde Adana sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu bölge antik dönemde Kilikya Pedias olarak bilinmektedir. Kilikya Pedias'ta kaybolan ve keşfedilmeyen birçok antik yerleşim bulunmaktadır. Landsat 7 görüntüsünün 3, 4 ve 5 spektral bantlarında, arkeolojik alanların modern yerleşim alanlarına yakın diğer yüzey bitki örtüsünden farklı spektral yansıma değerleri verdiği tespit edilmiştir. Özellikle yakın kızılötesi 4. bant görüntüsünde yer altındaki ve yüzeydeki antik yerleşimler belirlenebilmiştir. Görüntü analizinde 4, 3, 2 bant kombinasyonları ile Eğitimsiz Sınıflandırma, Histogram Eşitleme ve Temel Bileşen Analizi yöntemleri kullanılmıştır. Temel Bileşen Analizi ve doğrusal yöntem ile antik yerleşimlerin modern yerleşim alanlarından ayrılabilmesi tespit edilmiştir. Görsel algılamada çözünürlüğü daha yüksek olan 8. bant görüntü zenginleştirme işlemine kullanılmıştır. Ayrıca Spot ve Aster görüntüleri kullanılarak yerleşimlerin dağılımı ve mekânsal özellikleri analiz edilmiştir. Bu makalede bilinen ancak tahrip nedeniyle kaybolan antik yerleşimler dışında 42 bilinmeyen antik yerleşim tespit edilmiştir.

* Corresponding Author

*(farisdemir@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-8370-4350

Research Article / DOI: 10.51489/tuzal.904699

Cite this article

Demir, F. (2021). Detection of Archaeological Sites Using Remote Sensing in The Cilicia Pedias. *Turkish Journal of Remote Sensing*, 3 (1), 21-27.

1. INTRODUCTION

Ceyhan Plain is located at the southern of Turkey within the borders of Adana. Ceyhan Plain which is located at a strategically significant location has become the center of interest of various cultures as of prehistorical periods, and this region as known as Cilicia Pedias in the Ancient Period. Cilicia Pedias is surrounded by high mountain ranges, Taurus Mountains to the north and west, Amanus Mountains to the east and the southern Mediterranean. There are many lost and undiscovered ancient sites in Cilicia Pedias. Ancient sites in this region are of small size, and there are ceramics, adobe and stone materials subsurface and on the surface. Especially the ceramics, which are among the archaeological materials belonging to the sites, have spread over wide areas due to destruction and agricultural activities. The scale of the map showing the ancient sites found during the survey conducted in this region by Seton-Williams (1954) was insufficient in determining the location (Figure 1). It is also unknown how many archaeological sites remain undiscovered in Cilicia Pedias.

Remote sensing is playing an increasingly important role in the detection and documentation of ancient sites (Corrie, 2011). It is known that the archaeological remains, especially ceramic, stone and adobe materials, which have less permeability than their surroundings and retain heat, give a different reflection value than the soil reflection (Lillesand & Kiefer, 2000; Etaya et al., 2000). These different heat properties can be used as a valuable tool for detecting ancient sites. Passive optical remote sensing technologies are effective tools to detect the presence of buried archaeological remains (Lasaponara & Masini, 2013). Remote sensing technology can perceive the spectral characteristics of objects on ground and from a short distance beneath the surface (1-2m) (Kvamme, 2005). The aim of this study is to determine the spectral features of sites which were stayed under the alluvium in the bottom land and destroyed by being graded by using the satellite images and to determine the locations of these settlements.

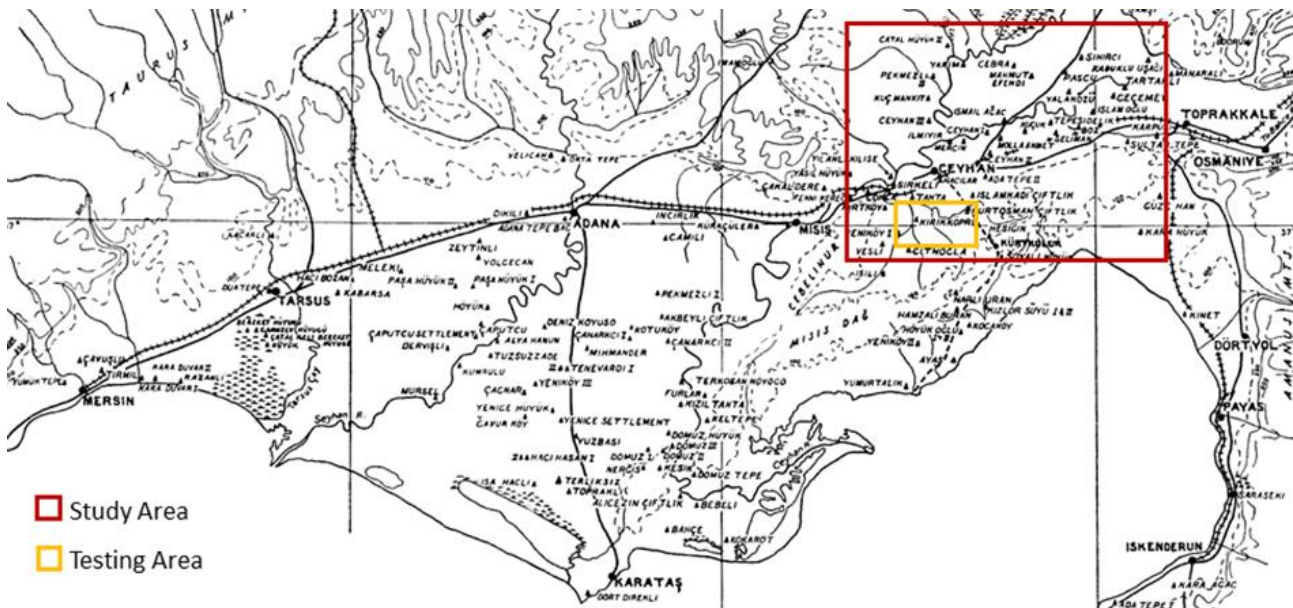


Figure 1. Sites and study area surveyed in 1951 (Seton-Williams, 1954: Figure 1).

The majority of archaeological remote sensing work in the Asia Minor and Middle East has been limited to detecting sites using the visible area of the electromagnetic (EM) spectrum, often neglecting a satellite’s full multispectral capabilities (Drzewiecki, 2008; Corrie, 2011; Fiz et al., 2012;). This has usually involved simply enlarging high-resolution images by zooming into areas of interest to find sites and performing simple image processing procedures (Wilkinson, 2002; Ur, 2003; Beck, 2007; Corrie, 2011). The multispectral capability of satellite images can strongly improve the identification of differences in texture, moisture content, roughness,

topography, various types of terrain, vegetation cover, lithological and geological composition and other information used in archaeological studies (Lasaponara & Masini, 2013).

Many remote sensing studies used to the archaeology are the studies used to determination of large archaeological settlements by mainly using the radar (SAR, LIDAR) (Parcak, 2007; Chase et al., 2012; Fernandez-Diaz, 2014; Opitz et al., 2015; Golden et al., 2016). The sites in Cilicia Pedias are mainly small scale and they covered with less permeable clay-sized soil.

2. MATERIALS AND METHODS

In this paper, Landsat 7 ETM+, Spot and Aster images and Erdas Imagine software were used. The approximate positions of sites that Seton-Williams (1954) identified in his research in Cilicia Pedias and satellite images covering this area were transferred to Geographical Information System (GIS) database.

A small test area was selected in the study area in order to determine the spatial and spectral features of sites at optimum level and maximize the determination level. This test area was selected in the way that it would cover three of sites which were determined by Seton-Williams (1954). In the image analysis, band combination, unsupervised classification, contrast enhancement and principal component analysis method were used. In the visual interpretation, the spatial features of sites were also comparatively investigated by using Spot and Aster images. The anomalies used in the research were documented with the help of GPS in the land.

3. IMAGE ANALYSIS AND INTERPRETATION FOR DETERMINING ANCIENT SITES

The main purpose of remote sensing is to detect changes in spectral reflectance values between the area of interest and its surroundings. The basis of any remote sensing study is the development of a research strategy that maximizes the chances of searching in high probability locations (Corrie, 2011). In order to determine archaeological sites there needs to be an understanding of how area is defined, and which spectral bands can be used to detect them. In Landsat 7-ETM+ image (Table 1), it is seen that the ancient sites have more reflection values in visible region bands 3, 2 and near-infrared (NIR) band 4 yield a reflection value different from other surface objects (Figure 2). For this reason, it was deemed appropriate to use 4, 3, 2 spectral bands and panchromatic band 8 with high resolution in image interpretation processes.

Table 1. Landsat 7 ETM+ specifications

Bands	Wavelength	Resolution
Band 1 Blue	0.441 - 0.514	30
Band 2 Green	0.519- 0.601	30
Band 3 Red	0.631 - 0.692	30
Band 4 NIR	0.772- 0.898	30
Band 5 SWIR-1	1.547 - 1.749	30
Band 6 TIR	10.31 - 12.36	60
Band 7 SWIR-2	2.064- 2.345	30
Band 8 Pan	0.515-0.896	15

According to Figure 2, the destructed and subsurface ancient sites give close reflection values. It is seen that the sites which have a specific elevation have a high reflection value. It is a presumable case that the sites of which material contents are dense may yield higher reflection value

compared to the sites which are destructed and material content has been expanded to the wider areas. The sites do not show a homogeneous structure in order words their internal structures and geomorphological features differ from each other. It is a presumable case that they may yield close spectral values due to that the material content of sites is same with the content of modern settlements. There are adobe materials, ceramics, earthenware floors and roof tiles in the sites and modern settlements. There are modern settlements on some sites. As the geomorphological properties of sites are different from the properties of modern settlements, they may be determined with slight spectral variations in 3, 4th (R, NIR) bands. Therefore, it will be a right approach to review both spectral and spatial properties in order to distinguish the ancient sites from modern settlements in a right way.

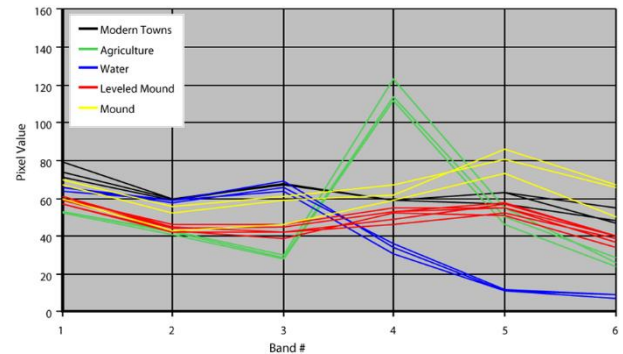


Figure 2. Spectral profiles of sites and several landscape features

The use of Landsat 7 ETM+ 4, 3, 2 (NIR, R, G) band combination and 8th panchromatic band of which resolution was high in imagery enhancement procedure gave positive results (Figure 3). The presence of materials such as dense ceramic, tile, adobe material and stone foundation in the structure of sites which are archeological settlements caused to different reflection values compared to their surroundings and created a contrast (Beck, 2007). In the visual perception, band 4 properties were effective on the determination of sites at the satellite image. These are varied in texture, shape, size, and tone, and ancient sites were easier to identify when at least two properties could be examined together. The ancient sites can be determined in the satellite images due to these properties.

The primary purpose of archaeological remote sensing is to detect changes in contrast between the area of interest and its surrounding matrix (Corrie, 2011). It was determined that the cereals were very rare especially in the destructed sites. This is resulted from the density of ceramic parts in the sites and the stone foundations. There is a direct proportion between the size of site and ceramic density. In a medium sized site, the reflection decreases as the density of ceramic increases. In the test area, there were sites which were not

destroyed, of which big part was destroyed and there were modern buildings. Thus, the characteristic features of sites with different features

in satellite images were examined and analysis methods that distinguish them from modern settlements were applied.

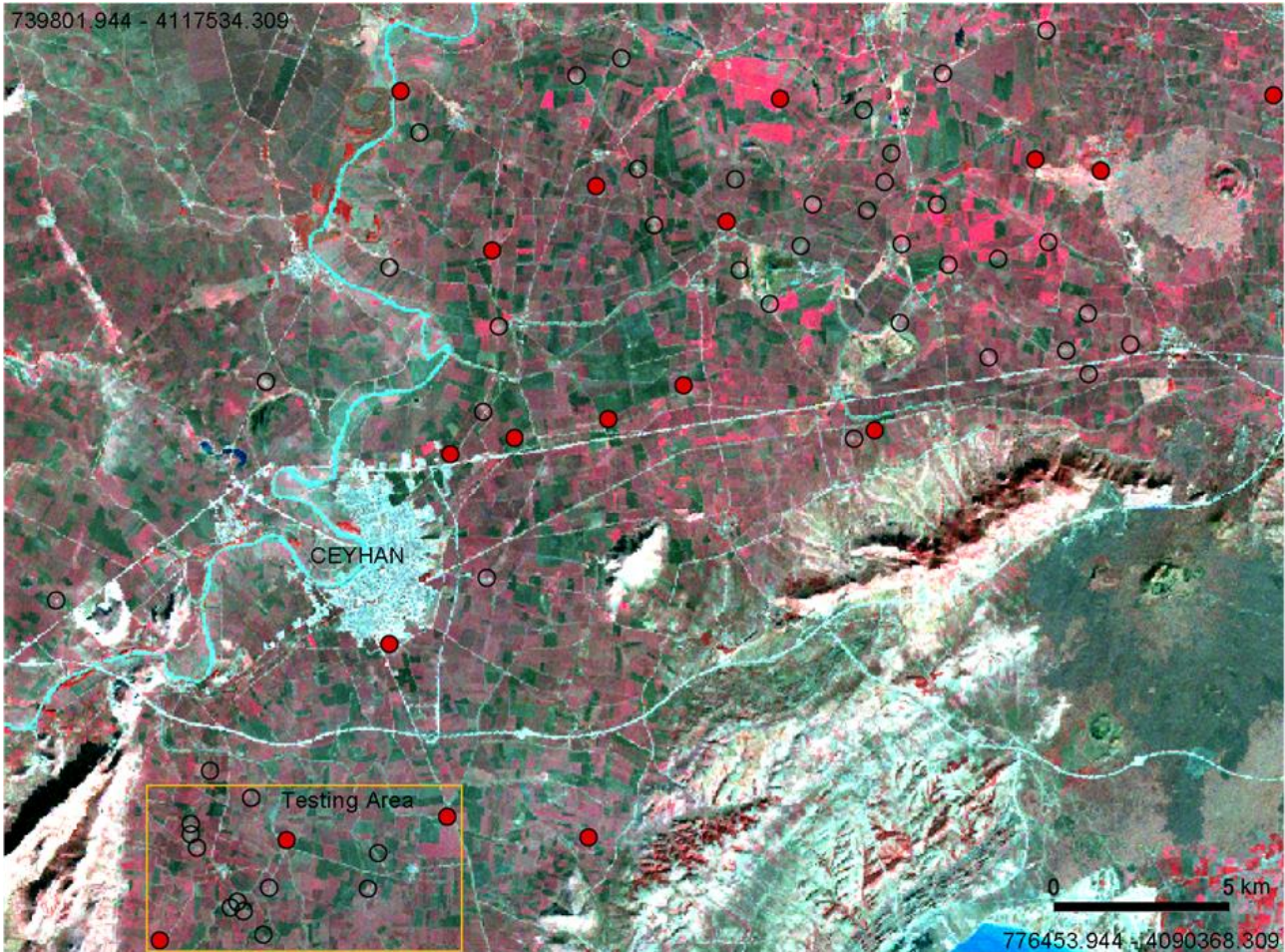


Figure 3. Study area with boxed testing area. Landsat 7 ETM+ 4, 3, 2 (NIR, R, G) band combination, Visually Enhanced Image. Sites known from an earlier survey are filled in red, while newly discovered sites are circled.

In the Landsat 7 ETM + 4, 3, 2 (NIR, R, G) band combination, the sites are usually circular or elliptical and feature a radiant tone with a bright central portion and a lowering proximo-distally. The sites which were not destroyed had a circular and very bright tone characteristic and a shade occurred at northern part due to elevation. The sites which were not destroyed may be easily distinguished from the modern settlements and roads due to their very bright tones, sizes, circular shapes, textures and due to that they did not create a shade. The destroyed sites can be easily distinguished due to their bright tones and brightness tones descending in the proximo-distal, sizes and shapes. In this area, 11 unit sites which show same anomaly properties were determined (Figure 4).

Image enhancement procedure interprets the data better and it is the procedure to turn the information in a more interpretable way. Digital image processing enhances the imagery to make it more interpretable. Using image enhancement methods in Landsat 7 satellite images, ancient sites have become more easily detectable. In contrast

enhancement procedure (Jensen, 2005), Standard Deviation Contrast Stretch techniques among Histogram Equalization and Linear Contrast Stretch methods of Nonlinear Contrast Stretch methods were used. These techniques used in the visual perception made the sites more distinctive. Using Spot and Aster images, the distribution and spatial features of sites were analyzed. In the visual perception, the determinations obtained from Landsat 7 ETM+ image were also valid for Aster and Spot images of which resolution is high.

In the test area, 6 classes were selected with Landsat 7 ETM+ 4, 3, 2 (NIR, R, G) band combination and unsupervised classification was made (Figure 5). The sites may be visually distinguished from the land vegetation, modern settlement and roads. The sites are distinguished from the natural land vegetation in the spectral resolution analysis but take place within the same class with the modern settlements and roads. As stated before, the distinguish of spectral reflection value between the sites and modern settlements is very critical due to that the material contents are similar and same.



Figure 4. Testing area. Landsat 7 ETM+ 4, 3, 2 (NIR, R, G) band combination. Sites previously known from an earlier survey are filled in red, while newly discovered sites are circled. Modern settlements are squared.



Figure 5. Testing area. Landsat 7 ETM+ 4, 3, 2 (NIR, R, G) band combination False Color Composites (FCC), Unsupervised Classification 6 class.

Principal Component Analysis is used for spectral pattern recognition as well as image enhancement (Kumar, 2004). With Principal Component Analysis method, the sites on which linear lookup was made were distinguished from the modern settlements and roads to a large extent. The

modern settlements (boxed) and roads were displayed in red and green color; the sites were displayed in green color. In the site on which there was a modern structure, the modern structure was displayed in red color and site part was displayed in green color (Figure 6).

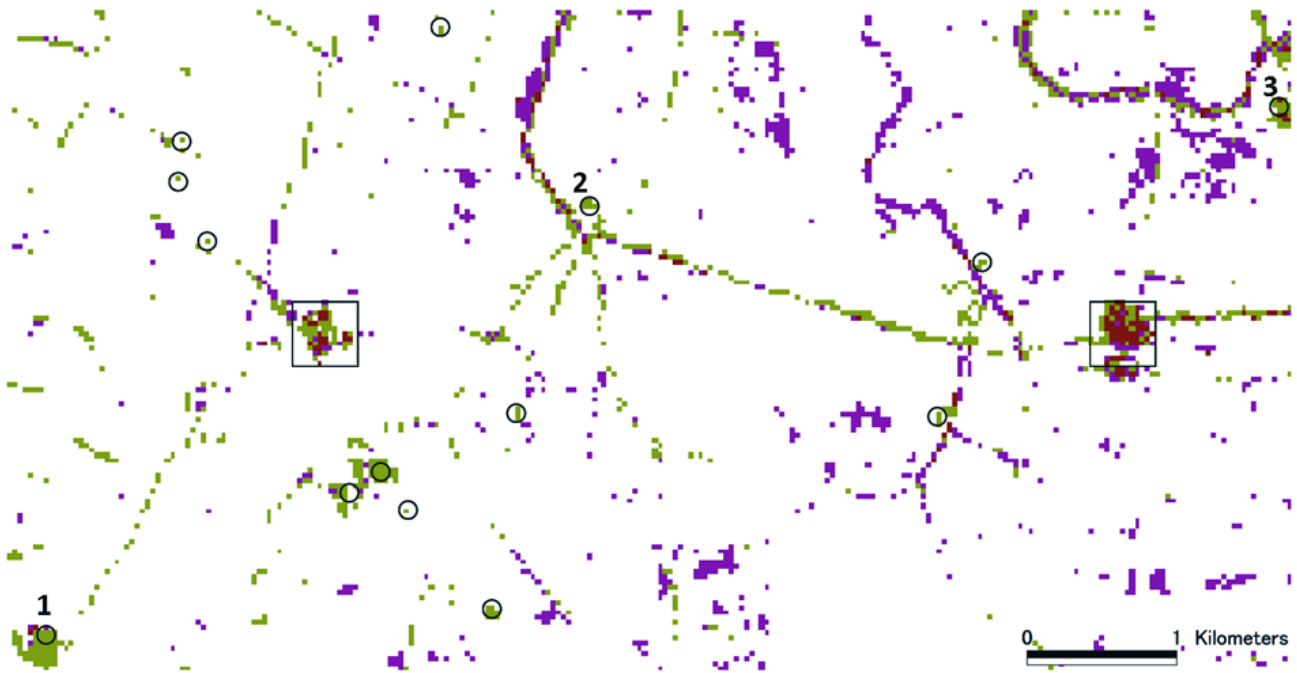


Figure 6. Testing area. Landsat 7 ETM+ Principal Component Analysis 4 and linear lookup method.

4. RESULTS

Remote sensing was successfully used in the determination of subsurface ancient sites at the humid region. Remote sensing provides significant advantages in the archeological researches in terms of efficiency, time and cost. Remote sensing and Geographical Information System help to especially understand the geomorphological structure in the region, prehistorical settlement structures and distribution a better way. There are many remote sensing products that can be used in archaeological applications.

In Landsat 7-ETM+ image, it was seen that the sites have a higher reflection value at the visible region in 4, 3, 2 bands and near-infrared (NIR) band 4 yielded a different reflection value different from other surface objects. Band 4 near-infrared (NIR) imagery has been successfully used to identify ancient sites. In the image analysis procedures, the use of near-infrared (NIR) and panchromatic band 8 yielded positive results. In Landsat 7 ETM+ images, the sites and completely destroyed sites were determined in both visual perception and spectral analysis. The central part of destroyed sites may have been determined in the satellite images. The modern settlements and sites which yielded close reflection values may be distinguished as spectral. In this paper, 42 unit unknown sites were determined except for the sites which were known but got lost due to destroyed (Figure 3).

REFERENCES

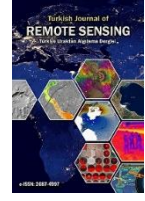
- Beck, A. (2007). Archaeological site detection: the importance of contrast. *Proceedings of the 2007 Annual Conference of the Remote Sensing and Photogrammetry Society*, Newcastle University, 11-14.
- Chase, A. F., Chase, D. Z., Fisher, C. T., Leisz, S. J. & Weishampel, J. F. (2012). Geospatial revolution and remote sensing LiDAR in Mesoamerican archaeology. *PNAS*, 109 (32), 12916-12921.
- Corrie, R. K. (2011). Detection of ancient Egyptian archaeological sites using satellite remote sensing and digital image processing. *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications II*, 1-19.
- Drzewiecki, M. & Raczkowski, W. (2008). Following O.G.S. Crawford satellite images and field archaeology in Sudan, *Advances on Remote Sensing for Archaeology and Cultural Heritage Management, Proceedings of the 1st International EARSeL Workshop CNR*, 3-6.
- Etaya, M., Sudo, N. & Sakata, T. (2000). Detection of subsurface ancient Egyptian remains utilizing optical and microwave satellite data, *IGARSS 2000. IEEE 2000 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Taking the Pulse of the Planet: The Role of Remote Sensing in Managing the Environment*. USA, 2480-2482, doi: 10.1109/IGARSS.2000.859613.
- Fernandez-Diaz, J.C., Carter, W.E., Shrestha, R. L. & Glennie, C. L. (2014). Now You See It... Now You Don't: Understanding Airborne Mapping LiDAR Collection and Data Product Generation for

- Archaeological Research in Mesoamerica. *Remote Sensing*, 6, 9951-10001.
- Fiz, I., Subias, E. & Cuesta, R. (2012). Deconstructing and Reconstructing the Landscape of Oxyrhynchus Using Textual Sources, Cartography, Remote Sensing and GIS, *Thinking beyond the Tool Archaeological computing and the interpretive process*, (Edited by Angeliki Chrysanthi, Patricia Murrieta Flores, Constantinos Papadopoulos), BAR International Series 2344, 131-154.
- Golden, C., Murtha, T., Cook, B., Shaffer, D. S., Schroder, W., Hermitt, E. J. & Scherer, A. K. (2016). Reanalyzing environmental lidar data for archaeology: Mesoamerican applications and implications. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9, 293-308.
- Jensen, J.R. (2005). *Introductory to Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Third Edition, Prentice Hall, 266-285.
- Kumar, M. (2004). Digital Image Processing, *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, Proceedings of the Training Workshop 7-11 July, 2003, Dehra Dun, India, 81-102.
- Kvamme, K. L. (2005). *Handbook of Archaeological Methods* (Terrestrial Remote Sensing in Archaeology) [M]. Lanham, MA: AltaMira Press.
- Lasaponara, R. & Masini, N. (2013). Remote Sensing in Archaeology: An Overview, *Journal of Aeronautics and Space Technologies* 6 (1), 7-17.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons, New York.
- Opitz, R. S., Ryzewski, K., Cherry, J. F. & Moloney, B. (2015). Using Airborne LiDAR Survey to explore Historic-era archaeological landscapes of Montserrat in the Eastern Caribbean, *Journal of Field Archaeology*, 40 (5), 523-541.
- Parcak, S. (2007). Satellite remote sensing methods for monitoring archaeological tells in the Middle East. *Journal of Field Archaeology*, 32, 65-81.
- Seton-Williams, M. V. (1954). Cilician Survey, *Anatolian Studies* 4, 121-174.
- Ur, J. A. (2003). Corona satellite photography and ancient road networks: a northern Mesopotamian case study, *Antiquity*, 77 (295), 102-115.
- Wilkinson, T. J. (2002). Archaeological survey of the Tell Beydar region, Syria, 1997: A preliminary report, In Van Lerberghe, K., Voet, G. (eds.), *Tell Beydar Environmental and Technical Studies*, Subartu 6, Turnhout, 1-37.



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



HEC-RAS İle Taşkın Modelleme ve Sentinel-2 Uzaktan Algılama Görüntüsünden Taşkın Hasar Analizi: Diyarbakır İli Çakmak Deresi Çınar Bölgesi Örneği

Yunus Tektaş*¹, Nizar Polat²

¹Devlet Su İşleri 10. Bölge Müdürlüğü, 101. Şube Müdürlüğü, Harita Mühendisi, Diyarbakır, Türkiye

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita mühendisliği, Şanlıurfa, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

HEC-RAS
Taşkın Analizi
QGIS
SCP
Uzaktan Algılama

ÖZ

Taşkın, akarsu yatağında su iletim kapasitesinin çeşitli nedenlerle düşmesi veya akarsu yatağında iletileceğinden daha çok suyun olması halinde suyun yatak dışına taşarak can ve mal kaybına neden olabilen ve önlem alınması gereken önemli afetlerdendir. Artan nüfus yoğunluğuyla beraber çarpık kentleşmenin artmasıyla taşkınlar sonucu can ve mal kayıplarının da yaşanmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Son yıllarda hayatın her alanına girmeye başlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri ile taşkın risk analizlerine dayalı taşkın risk haritaları, yerleşim planlamalarında esas alınan öncelikli etmen olmaya başlamıştır. Bu çalışmada Diyarbakır ili Çınar ilçe Merkezine ait 1/1000 ölçekli hâlihazır haritası ve dere yatağı üzerindeki menfezlerin rölemleri tedarik edilmiştir. Elde edilen hâlihazır harita ve rölemler HEC-RAS programında işlenerek Çakmak Deresinde 1 boyut ve 2 boyut hidrolik hibrit model çalışılmıştır. Çakmak deresinin 2020 yılına ait Sentinel-2 uydu görüntüsü elde edilip uzaktan algılama ile QGIS SCP eklentisi kullanılarak Sentinel-2 görüntüsünün kontrollü sınıflandırması yapıp yerleşim yerleri ve tarım arazileri belirlenmiştir. Hidrolik model sonucu oluşan taşkın yayılımı ile uzaktan algılama ile üretilen arazi kullanım durumu karşılaştırılıp, taşkından etkilenen yerleşim alanlarının ve tarım arazilerinin yüz ölçümleri belirlenmiştir.

Flood Modeling with HEC-RAS and Flood Damage Analysis from Sentinel-2 Remote Sensing Image: Example of Çakmak Creek (Çınar Region) in Diyarbakır

Keywords:

HEC-RAS
Flood Analysis
QGIS
SCP
Remote Sensing

ABSTRACT

Flood is one of the important disasters that may cause loss of life and property by spilling the water out of the river bed due to various reasons or if there is more water than the capacity in the streambed. With the increasing population density and the increase of unplanned settlements, the loss of life and property as a result of floods becomes inevitable. Especially with the Geographical Information Systems that have started to enter every field of life in recent years, risk maps based on flood risk analysis have become the primary factor in settlement planning. In this study, 1/1000 scaled map of Çınar district of Diyarbakır province and the reliefs of the culverts on the stream bed were provided. The obtained maps and relays were processed in the HEC-RAS program and a hydraulic model was studied by integrating 1 dimension and 2 dimensions in Çakmak Creek. Sentinel-2 satellite image of Çakmak stream for the year 2020 was obtained and controlled classification of Sentinel-2 image was made using remote sensing method and QGIS SCP plug-in, settlements and agricultural lands were determined. The flood propagation resulting from the hydraulic model and the land use situation produced by remote sensing technique are overlapped; Surface measurements of settlements and agricultural lands affected by floods were determined.

1. GİRİŞ

Taşkın; akarsu yatağında su iletim kapasitesinin çeşitli nedenlerle düşmesi veya akarsu yatağında iletileceğinden daha çok suyun olması durumunda, suyun yatak dışına taşması sonucu can ve mal kaybına neden olabilen ve önlem alınması gereken önemli afetlerdendir (Sargın, 2013). Taşkın doğal afet olduğu bilinse de insanların doğaya sürekli müdahaleleri sonucu; her geçen gün şiddeti ve sayısı yükselmektedir. Ülkemizde, bölgesel iklim şartları, topoğrafya ve yağış alanı gibi etkenler büyük taşkınların oluşmasına sebep olmaktadır. Doğal afetleri engellemek mümkün olmasa da zarar verici etkilerinin kontrol edilebilmesi ve önlenmesi için önlemler alınmalıdır. Taşkınların neden olduğu zararlar dünyada olduğu gibi ülkemizde de büyük önem taşıdığından, oluşabilecek ekonomik ve sosyal zararları minimuma indirmek büyük önem taşımaktadır. Yaşanmış taşkın envanterlerine, hazırlanmış taşkın hidrolik modellerine ve hidrometrik-meteorolojik gözlem verilerine dayanarak akarsuya belli mesafede yapılaşma yapılmaması taşkın riskini en aza indirecektir (Ercan vd., 2019).

Taşkınların meydana gelmesinde yer yüzeyinin pürüzlülüğünün etkisi vardır. Yer yüzeyi üzerinde topografyadan sonra akışlar üzerinde en önemli değişken yüzey pürüzlülüğüdür. Pürüzlülük parametresindeki belirsizlikler su derinliğini belirlemede hatalara neden olmaktadır. Bu nedenle, hidrolik modellerde yer yüzeyinin su akışına karşı direncini tanımlayan Manning'in n veya Chezy'nin C gibi hidrolik sürtünme katsayılarının kullanılmasıyla pürüzlülüğün etkisini parametrelendirmek gerekmektedir. Uzaktan algılama ile yüksek çözünürlükteki uydu görüntülerinden arazi örtüsü/kullanımı verileri elde edilebilmektedir. Elde edilen bu arazi örtüsü/kullanımı haritaları ile taşkın alanlarının sürtünme katsayıları daha doğru belirlenmekte olup daha gerçekçi hidrolik modellemeler kurulabilmektedir (Bolat, 2019).

Özcan (2008), Uzaktan algılama ile uydu görüntülerini kullanarak sınıflandırma yapıp arazi kullanım durumunu belirlemiştir. Bu sınıflandırılmış uydu görüntüleri sürtünme katsayılarının belirlenmesinde ve taşkından etkilenen alanların belirlenmesinde kullanmıştır. HEC-RAS paket programını kullanarak Sakarya il sınırının bir kısmını da içeren Sakarya Nehri alt havzasının taşkın analizini yapmış; analiz sonucunda 620 ha yerleşim alanı ve 3330 ha tarım arazisinin taşkından etkilendiğini ortaya koymuştur.

Efe (2014); HEC-RAS paket programını kullanarak Batman Çayı üzerinde bulunan Batman-Malabadi yolu köprüsü ile Batman-Diyarbakır yolu köprüsü arasındaki kısmının taşkın analizini yapmış, analiz sonucunda çalışma güzergâhında yer alan Şerbet ve Bıçakçı Köyleri'nin tarım arazilerinin taşkından etkileneceğini ortaya koymuş, DSİ tarafından geliştirilen Batman Çayı ıslah projesinin

taşkın kontrol kesitini tahkik etmiş, projenin kesitinin yeterli olacağını ortaya koymuştur.

Akkaya (2016); HEC-RAS paket programını kullanarak Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne ili sınırları içerisinde yer alan kısımlarında taşkın analizini yapmış, taşkın sularının 1955-1975 yılları arasında seddelenmiş arazide kalan yerleşim yerleri ve sosyal yaşam alanlarının taşkından etkilendiğini ortaya koymuştur.

Oğraş (2018), HEC-RAS paket programını kullanarak Dicle Nehri'nin Diyarbakır'dan Silvan'a olan karayolu köprüsü ile tarihi On Gözlü Köprü arasında kalan kısmın taşkın analizini yapmıştır. Yapılan taşkın analizi sonucu: On Gözlü Köprü ve Sadi Köprüsü hidrolik açıdan açıklıkların yetersiz olduğunu, UNESCO tarafından Dünya Kültür Mirası Listesine alınmış olan Hevsel Bahçeleri, Dicle Üniversitesinin Kaptajı, Arıtma Tesisleri, Taşıt İşletme Şubesi, Diyarbakır Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı fidanlıklar saha, Balıkçılık ve Meyvecilik geliştirme projesi kapsamında işletmedeki tesis ve Üniversite Köprüsü membasında bulunan yerleşim yerlerinin taşkından etkilendiğini ortaya koymuştur.

Akkoç (2019); HEC-RAS paket programını kullanarak Kars Çayı'nın Kars merkezden geçen kısmın taşkın analizini yapmış, taşkın analizi sonucunda Kars merkezinin taşkından etkilendiğini ortaya koymuştur.

Yıldırım (2020); HEC-RAS paket programını kullanarak Sakarya ili Geyve ilçesi Karaçay Deresi'nin taşkın analizini yapmış, taşkın analizi sonucunda taşkın yayılım haritalarını oluşturmuş ve Geyve ilçe merkezinin ve verimli tarım arazilerinin taşkından etkilendiğini ortaya koymuştur.

Demir (2020), Uzaktan algılama ile Sentinel-2 uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırmasını yaparak pürüzlülük katsayıları için arazi kullanım haritasını oluşturmuştur. Bu oluşturulan harita taşkın analiz programlarında kullanılmıştır. HEC-RAS ve FLO 2D programlarını kullanarak Merte Irmağı Havzasının Samsun ili kent sınırları ile kesiştiği kısmın taşkın analizini yapmış, Taşkın analizi sonucu taşkın tehlike ve taşkın risk haritalarını oluşturmuştur.

Taşkın hidrolik modellemelerinde; bir boyutlu modelleme kolay ve basit olmasına karşın, suyun dere yatağından taşarak geniş alanlara yayılması durumunda; geniş yayılım alanlarındaki davranışını (taşkın dalgasının, yatay eksenindeki davranışının modellenememesi, topoğrafya ve en kesitlerin modele tam olarak yansıtılmaması gibi) gerçekçi bir biçimde yansıtmamaktadır. Bu eksikliklerin giderilebilmesi için 2 boyutlu modelleme tercih edilmektedir. Bu modelleme karmaşık ve zahmetlidir. Dolayısıyla taşkın daha iyi modellemek için her iki modelleme birlikte kullanılarak bütünleşik hidrolik modelleme adı verilen hibrit modelleme kullanılmaktadır (DSİ, 2019).

HEC-RAS programı ABD ordusu tarafından geliştirilmiş olup 1995 yılından bu yana ücretsiz olarak tüm dünya ile paylaşılmaktadır. Program

doğal derelerde, kontrol tesisi yapılmış derelerde, enine savak yapılarında, dik savak yapılarında, baraj yıkılmalarında, sel kapanlarında, menfez, köprü vb. yapılarda hidrolik modelleme yapabilmektedir. Birçok nehri birbirine bağlantılı bir ağ şeklinde analiz edebilmektedir. Kararlı ve kararsız akımda çalışabilmektedir. Yine bu program 1 boyutlu ve 2 boyutlu hidrolik modellemeleri ayrı ayrı yapabildiği gibi entegreli de yapabilmektedir. Programın 5.3 sürümünden önceki versiyonlarında haritalardan kesit oluşturma kısmı 2. bir yazılımda yapılarak HEC-RAS programına aktarılıyordu, 5.3 versiyonu ile kesit alma işlemlerini kendi içerisinde RAS Mapper menüsünde yapmaya başladı, 2. bir yazılıma olan gereksinimi ortadan kaldırdı. Henüz 3 boyutlu hidrolik modelleme yapamamaktadır. Bunların yanı sıra sediment ve su kalitesi analizleri de yapmaktadır. Yapılan her türlü analizlerin sonuçlarını tablosal ve harita ekranında grafiksel olarak verebilmektedir. En son sürümü HEC-RAS 6.0 versiyonudur. Bu sürüm ile gelen önemli özelliklerden biri de taşkın yayılım, hız, derinlik ve su yüzü profilini kendi içerisinde mevcut olan 3 boyutlu harita ekranında 3 boyutlu olarak gösterebilmektedir. Program DSİ, SYGM vb. kurum ve kuruluşlar tarafından aktif olarak kullanılmaktadır.

Bu bağlamda yapılan bu çalışmada da uzaktan algılama ile 2020 yılına ait Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan kontrollü sınıflandırma ile yerleşim yerleri, tarım arazileri ve ağaçlık alanlar belirlenmiştir. Bu kontrollü sınıflandırması yapılmış uydu görüntüleri sürtünme katsayılarını belirlemede ve taşkın etkilediği alanın türü ve miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. HEC-RAS programıyla Çakmak Deresi üzerindeki menfez yapılarının sebep olduğu kesit değişimlerinin ve mevcut kesit değişimlerinin akıma olan etkisini belirlemekle birlikte oluşabilecek taşkın güzergâh üzerinde yer alan yerleşim yerlerine, tarım arazilerine ve ağaçlık alanlara olası etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışma alanı Diyarbakır iline 32 km mesafede olan Çınar ilçe merkezindeki Çakmak Deresi'dir. Çakmak Deresi 21 no'lu Fırat-Dicle havzasının alt havzası olan Dicle havzasında yer almaktadır. Çakmak Deresi Çınar'ın Ağaçsever Mahallesi'nde doğar, Çınar merkezinden geçer ve Çınar'ın Başaklı Mahallesi'nde Dicle Nehri'ne boşalır. Çalışma alanı, Çakmak Deresi'nin Çınar merkezinde kalan 1600 m'lik kısmını kapsamaktadır. Yaklaşık rakımı 655 m olan Çakmak Deresi güneyden kuzeye doğru akmaktadır ve geçmişte birçok mesken ve tarım arazisi, taşkından kaynaklanan hasarlara maruz kalmıştır. Bu kısımda yerleşim yerleri mesire alanları ve tarım arazileri yer almaktadır. Çakmak Deresi'nin bu kesimde ortalama eğimi %1'dir. Çınar'ın Türkiye'deki konumu Şekil 1'de ve Çınar

merkezinin Sentinel-2 uydu görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.



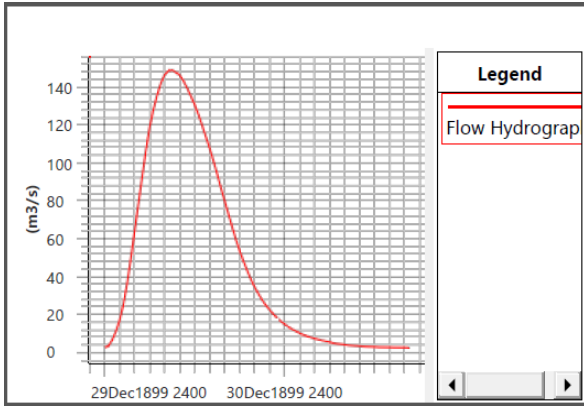
Şekil 1. Çalışma alanının (Çınar ilçe merkezinin) Türkiye haritasındaki konumu



Şekil 2. Çalışma alanının (Çınar ilçe merkezinin) 2020 Sentinel-2 uydusunun doğal renk görüntüsü

Çalışma alanının 1/1000 ölçekli hâlihazır haritası, dere üzerindeki 5 adet menfezin rölemleri ve Q500 debisi (hidrografi) elde edilmiştir.

DSİ'den alınan Çakmak Deresi'nin debisi, çalışma güzergâhının mansabı referans alınarak DSİ sentetik metod yöntemine göre hesaplanmış olup, yağış alanı 124.1 km² ve 500 yıllık tekerrürlü pik debisi Q500=149 m³/s'dir. Zamana bağlı debi değişim hidrografi Şekil 3'te verildiği gibidir.



Şekil 3. Giriş hidrografi

Çakmak deresinin pürüzlülük n katsayısı dere yatağı için DSİ taşkın ihtisas komisyonunca geliştirilen “Modifiye Cowan Metodu”na ait pürüzlülük tablosuna göre belirlenmiştir (DSİ, 2016).

Tablo 1. DSİ taşkın ihtisas komisyonunca geliştirilen “Modifiye Cowan Metodu”na ait pürüzlülük tablosu (DSİ, 2016)

Katsayı	Değer	
	n_b	n_1
n_b	0.018	
n_1	0.005	
n_2	0.000	
n_3	0.000	
n_4	0.000	
m	1.000	
$n = m * (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$	0.023	

aralığında olduğu için önemsiz sayıldığından $m = 1$ alınmıştır. Alınan değerler formül (1)’de yerine yerleştirilince pürüzlülük n değeri Tablo 2’deki gibi 0.023 olarak bulunmuştur.

$$n = m * (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \quad (1)$$

Tablo 2. Çakmak deresini pürüzlülük n değeri

Katsayı	Değer
n_b	0.018
n_1	0.005
n_2	0.000
n_3	0.000
n_4	0.000
m	1.000
$n = m * (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$	0.023



Şekil 4. Çakmak deresinin fiziki durumu

Dere yatağı dışındaki taşkın alanlarının pürüzlülük n katsayıları uzaktan algılama ile Chow 1959’daki katsayılarına göre pixel bazlı belirlenmiştir (Chow, 1959). Bu bağlamda taşkın alanlarının arazi kullanım durumu tarım arazileri, ağaçlık alanlar ve yerleşim yerleri olarak 3 sınıfta ele alınmıştır. Bu çalışma için öncelikle Çakmak deresinin 19.09.2020 tarihine ait ücretsiz Tablo 3’teki band özelliklerine sahip Sentinel-2 uydu görüntüsü internetten indirilmiştir (URL-1).

Tablo 3. Sentinel-2 uydu görüntülerinin band bilgileri (URL-2)

Band	Açıklama	Dalga Boyu (μm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
1	Kıyıları ve aerosol	0.433 - 0.453	60
2	Mavi (B)	0.458 - 0.523	10
3	Yeşil (G)	0.543 - 0.578	10
4	Kırmızı (R)	0.650 - 0.680	10
5	Bitki örtüsü kırmızı kenar	0.698 - 0.713	20

Pürüzlülük n katsayısını belirlemek için dere yatağının Şekil 4’teki resmi yorumlanmış olup Tablo 1’deki değerler ile eşleştirilmiştir. Dere tabanı beton kaplı olup yanları da kargir duvardan oluşmaktadır. Yataktaki malzeme cinsi beton kaplı olduğundan aralıktaki üst değer olan $n_b = 0.018$ alınmıştır. Kanal şev durumu kargir duvar olduğundan $n_1 = 0.005$ alınmıştır. Kanal kesit değişimi aşamalı olduğundan $n_2 = 0.000$ alınmıştır. Kanaldaki engeller (Birikinti, Tümecek, Düşü, Kaya ve Köprü Ayağı) (Engel/Kesit alanı) $\times 100 < \%5$ olduğundan $n_3 = 0.000$ alınmıştır. Kanal bitki örtüsü olmadığından $n_4 = 0.000$ alınmıştır. Kanal kıvrımı dere uzunluğu/kuş uçuşu uzunluk = $1600/1380 = 1.16$ bu değer 1-1.2

Tablo 3'ün devamı

6	Bitki örtüsü	0.733	20
	kırmızı kenar	- 0.748	
7	Bitki örtüsü	0.773	20
	kırmızı kenar	- 0.793	
8	Yakın kızıl ötesi	0.785	10
		- 0.900	
8A	Daraltılmış Yakın kızıl ötesi	0.855	20
		- 0.875	
9	Su buharı	0.935	60
		- 0.955	
10	Kısa dalga kızıl ötesi-sirüs	1.365	60
		- 1.385	
11	Kısa dalga kızıl ötesi-1	1.565	20
		- 1.655	
12	Kısa dalga kızıl ötesi-2	2.100	20
		- 2.280	

İndirilen uydu görüntüsünün bantları QGIS programında açılmıştır. SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) eklentisinde açılan bantların çalışma alanına denk gelen kısımları kesilmiştir. Kesilmiş bantlara atmosferik düzeltme yapılmıştır.

Kontrollü sınıflandırma için bantlar üzerinde 3 ana sınıf olmak üzere 17 tane yerleşim alanı alt sınıfı, 15 tane tarım arazisi alt sınıfı ve 4 tane ağaçlık alanı alt sınıfı olmak üzere toplamda 36 eğitim sınıfı seçilmiştir. Daha sonra maksimum olasılık, minimum mesafe ve Spektral açı haritası algoritmalarını göre 3 ayrı yöntemle kontrollü sınıflandırma yapılmıştır.

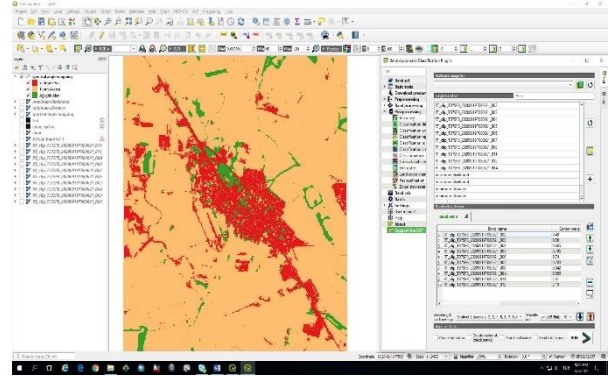
Kontrollü sınıflandırmada kullanılan algoritmalarından en iyi sonucu veren tespit etmek için doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi için 3 ana sınıf olmak üzere 9 tane yerleşim alanı alt sınıfı, 6 tane tarım arazisi alt sınıfı ve 5 tane ağaçlık alanı alt sınıfı olmak üzere toplamda 20 adet test sınıfı seçilmiştir. Kontrollü sınıflandırma sonucu oluşan sınıflandırma verileri ile test verileri kıyaslanmış olup, her üç algoritma sonucu oluşan kontrollü sınıflandırma verilerinin doğruluk analizi yapılmıştır. Tablo 4'te verilen değerler elde edilmiş olup en iyi sonucu, Spektral açı haritası algoritmasının verdiği anlaşılmıştır.

Tablo 4. Doğruluk analizi sonuçları

Algoritmalar	Genel Doğruluğu [%]	Kappa Değeri
Maksimum olasılık	73.7404	0.556
Minimum mesafe	82.5978	0.6805
Spektral açı haritası	85.4136	0.7022

"Kappa değerinin %75 ve üzeri olması durumunda sınıflandırmanın çok iyi olduğu, %40-%75 arası olması durumunda sınıflandırmanın orta-iyi olduğu, %40'ın altında olması durumunda ise sınıflandırmaların zayıf olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır." (Demir, 2020, s.127).

Dere yatağı dışındaki taşkın alanlarının pürüzlülük katsayıları Chow 1959'daki katsayılara göre pixel bazlı belirlenmiştir (Chow, 1959). Spektral açı haritası algoritmasının kontrollü sınıflandırılması sonucu Şekil 5'teki harita elde edilmiştir. Bu haritada yerleşim yerleri olarak atanan kırmızı pixellerde $n = 0.060$, tarım arazileri olarak atanan turuncu pixellerde $n = 0.5$ ve ağaçlık alanlar olarak atanan yeşil pixellerde $n = 0.8$ alınmıştır.

**Şekil 5.** Spektral açı haritası algoritması ile kontrollü sınıflandırma

Dere yataklarında daralma ve genişlemelerden kaynaklı enerji kayıpları söz konusudur (HEC-RAS, 2020). Çalışma sahasındaki derenin daralma ve genişlemesi menfez geçişlerinden kaynaklı olup Tablo 5'teki gibi aşamalıdır.

Tablo 5. Dere yataklarındaki daralma ve genişleme katsayıları (HEC-RAS, 2020)

Güzergâh Durumu	Daralma	Genişleme
Güzergâhta geçiş yok	0.0	0.0
Güzergâhta aşamalı geçiş	0.1	0.3
Standart köprü geçişi	0.3	0.5
Ani dik geçiş	0.6	0.8

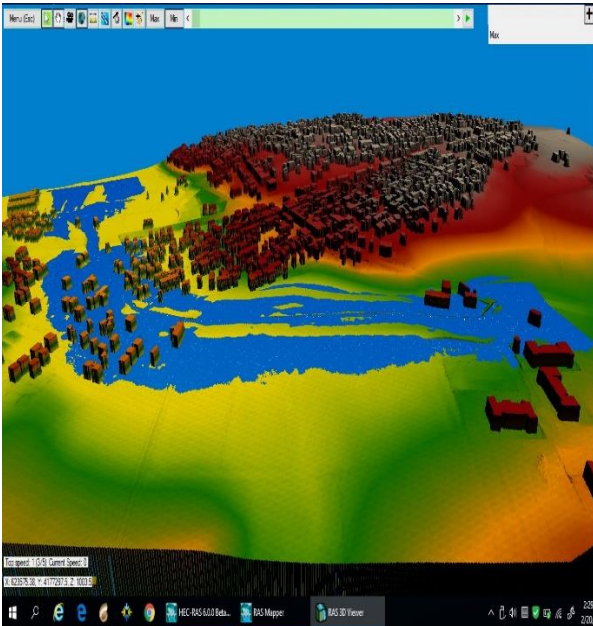
HEC-RAS programında taşkın analizi yapmak için ilk önce çalışma alanının hâlihazır haritası (raster verisi) ile 2 boyutlu taşkın alanlarının sürtünme katsayısı için uzaktan algılama ile üretilen Kontrollü sınıflandırma yapılmış uydu görüntüsü (raster verisi) HEC-RAS programına aktarılmıştır. Çakmak Deresi'nin Çınar merkezinden geçen 1600 m'lik kısmında dere yatağı ortasından geçecek şekilde membadan mansaba doğru 1600 m uzunluğunda güzergâh çizilmiştir. Derenin üst şevlerinden geçecek şekilde membadan mansaba doğru önce sağ sahil sonra sol sahil çizilmiştir. Sağ ve sol şev üst çizgilerini çizme nedeni kanal içinin ve kanal dışının pürüzlülük katsayıları için alanları ayırmaktır. Hidrolik hesaptaki daralma ve genişlemelerden kaynaklı enerji kayıp

hesaplarının yapılması için güzergâh eksenini, sağ taşkın alanı ve sol taşkın alanlarının kesitleri arasındaki mesafesinin belirlenmesi için çizilmiştir. 1 boyutlu hidrolik hesaplar için 20 m aralıklar ile sol sahilten sağ sahile olacak şekilde en kesitler çizilmiştir. Suyun kanalın dışına taşan sağ ve sol sahildeki alanların 2 boyutlu hidrolik hesapları için sağ ve sol sahilde 2 boyutlu taşkın alanları çizilmiştir. 1 boyutlu ve 2 boyutlu hibrit hidrolik modelin çalışması için dere yatağı şev üstü ile 2 boyutlu taşkın alanlarını birbirine bağlayan yanıl savaklar çizilmiştir. Dere yatakları ve taşkın alanları için elde edilen sürtünme katsayıları girilmiştir. 5 adet menfezin röleleri girilmiştir. Dere yatağının şev başları sedde olarak tanımlanmıştır. Mamba sınır koşulu olarak debi (hidrograf) mansap sınır koşulu olarakta derenin ortalama eğimi olan %1 eğim girilmiştir. Ayarlar ve tolerans değerleri girilip boyutlu ve 2 boyutlu hibrit hidrolik modelleme çalıştırılıp sonuçlar elde edilmiştir.

Kontrollü sınıflandırma sonucu proje sahasının yerleşim yerleri, tarım arazileri ve ağaçlık alanlar belirlenmiştir. Hidrolik model sonucu oluşan taşkın yayılımı ile uzaktan algılama ile üretilen arazi kullanım durumu karşılaştırılıp; taşkından etkilenen yerleşim alanlarının, tarım arazilerinin ve ağaçlık alanların yüz ölçümleri belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Q500 taşkın tekrür debi değeri kullanılarak Çakmak Deresi için HEC-RAS programıyla 1 boyutlu ve 2 boyutlu hibrit hidrolik modelleme yapılmıştır. Yapılan modellemenin taşkın yayılım alanını ve yapılarla olan ilişkisini gösteren 3 boyutlu harita görseli Şekil 6'da verilmiştir.

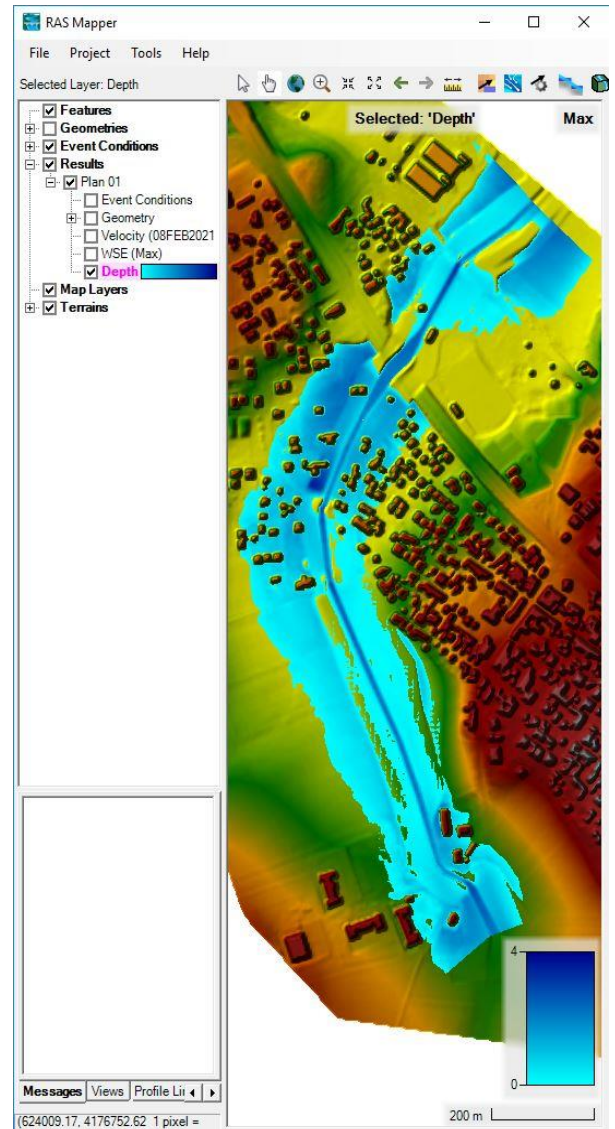


Şekil 6. Maksimum debideki taşkın yayılımının 3 boyutlu harita görseli

HEC-RAS programı hidrolik model üzerinde kolayca değişiklikler yapılmasına olanak

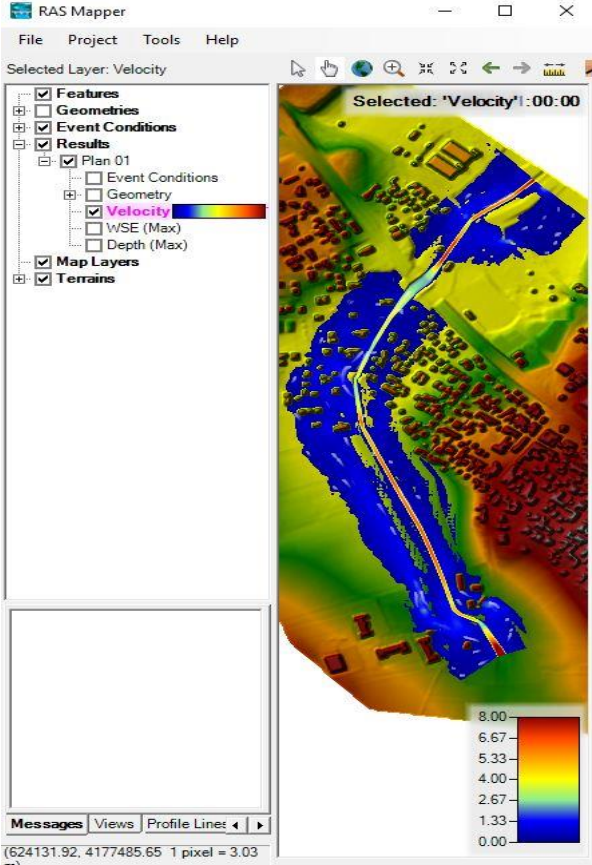
sağlamaktadır. Bu program ile yapılan hidrolik modelleme sonucunda noktalar arasındaki kritik hız farkları ya da enerji kayıpları varsa, bunlar raporlanmaktadır. Rapordaki sonuçlar incelenip değerlendirilerek ilave en kesitlere ihtiyaç duyulan bölgeler belirlenebilmektedir. Modelleme sonucunda taşkın yayılım alanı, su derinliği, su yüzü profili ve su hız değerleri elde edilmiştir. Menfezlerden kaynaklı kesitlerde oluşan daralmaların neden olduğu su kabarmaları sonucu suyun kesitten taşıdığı yerlerde menfez ebatlarının artırılması gerektiği tespit edilmiştir. Mevcut taşkın kontrol tesisinin yer yer kapasitesinin yetmediği ve taşkın olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca HEC-RAS programının RAS Mapper ara yüzü ile sonuçların görsel haritaları elde edilmiştir.

Yapılan taşkın modellemesi sonucu Şekil 7'de de görüldüğü üzere yerleşim yerlerinin olduğu bölgede su maksimum 3.60 m'ye kadar yükselmiştir.



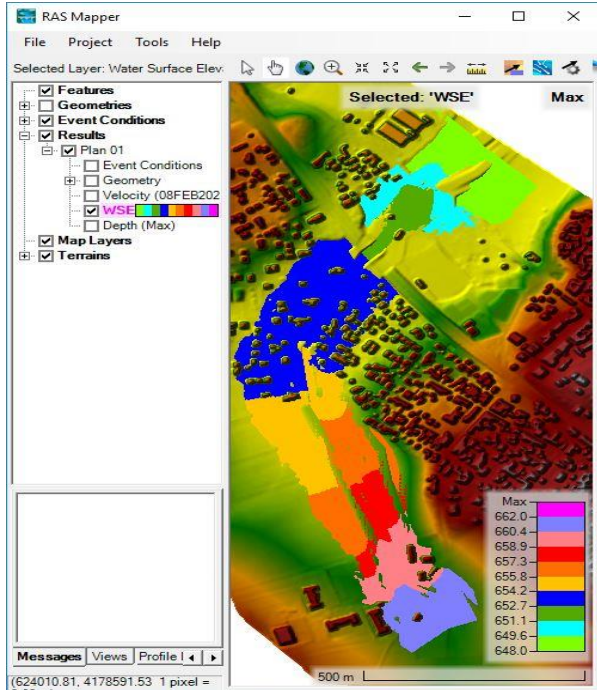
Şekil 7. Maksimum debideki taşkın su derinliği haritası

Su hızı Şekil 8'de de görüldüğü üzere dere yatağı içerisinde maksimum 7.19 m'ye kadar ulaşmıştır.



Şekil 8. Maksimum debideki taşkın su hızı haritası

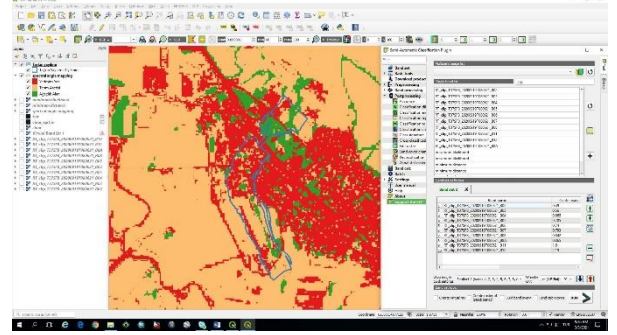
Su yüzeyinin üst kotları Şekil 9'da da görüldüğü üzere çalışma güzergâhının başladığı noktada 661.24 m'de başlayıp çalışma güzergâhının son bulunduğu noktada 648.72 m'ye düşmüştür.



Şekil 9. Maksimum debideki taşkın su yüzü yükseklik profili haritası

QGIS programında Sentinel 2 uydü görüntüsünün kontrollü sınıflandırması Şekil 10'da

görüldüğü üzere yapılmıştır. Yapılan doğruluk analizi sonucunda en iyi sonucu spektral açı haritası algoritmasının verdiği anlaşılmıştır. Taşkın yayılım haritası ile kontrollü sınıflandırma sonucu üretilen arazi durum haritası karşılaştırılmıştır. 135985 m² yerleşim yeri, 126326 m² tarım arazisi ve 51548 m² ağaçlık alan taşkından etkilendiği tespit edilmiştir.



Şekil 10. Uzaktan algılama kontrollü sınıflandırma haritası

4. SONUÇLAR

Çakmak Deresi yatağının etrafında eski yapılar olduğundan imar planı yapılırken bazı kısımlar yerleşime açılmış. Dere yatağının yanına alçak kotlara yapılar yapılmış. 2006 yılında yağmurun şiddetli ve uzun süre yağması sonucu Diyarbakır-Mardin kara yolu altında bulunan menfezin ebatları hidrolik açıdan yetersiz olduğundan; su, menfez arkasında şişip menfezin üstünü aşmış kara yolu üzerinden akmaya başlamış. Suya kapılan bir minibüsün devrilmesi sonucunda 3 vatandaş hayatını kaybetmiş ve birçok ev, su ve çamur altında kalmış. KGM tarafından 2006 yılında Diyarbakır-Mardin karayoluna hidrolik kapasiteyi kurtaracak ebatlarda 2 gözlü menfez yapılmış. DSİ Genel Müdürlüğü tarafından 2008 yılında Çakmak Deresi'nde Diyarbakır-Mardin kara yolu altında bulunan menfezin taban kotu referans alınarak taşkın kontrol tesisi yapılmış. Yapılan taşkın kontrol tesisinin tabanı beton kaplı olup duvarları kâğıt duvardan oluşmakta. Taşkın kontrol tesisi yamaçlardan gelecek suyu içine mansaplayacak şekilde gömülü olarak, Diyarbakır-Mardin kara yolu menfezinin taban kotundan ve teknik açıdan ötürü inşa edilememiş. Taşkın kontrol tesisinin duvar üst kotu etrafındaki arazilerden yer yer 2 m kadar yüksek kalıp duvarların etrafında alçak kotlarda evler mevcuttur. Yağmurun şiddetli yağdığı dönemlerde yamaçlardan gelen sular taşkın kontrol tesisinin duvarları etraftaki arazilerden yüksekte olduğundan kanal içine mansaplanamamakta ve bu nedenle evlerin etrafında su birikintileri oluşmakta. Vatandaşlar yamaçlardan gelen suyu taşkın kontrol tesisinin içine mansaplamak için yer yer taşkın kontrol tesisinin duvarlarını yıkmışlar. Yüksek yağış dönemlerinde kanal içerisinde yağmur suyunun yükselmesi sonucu yağmur suyu duvarın yıkıldığı yerlerde dışarıya taşarak evlerin etrafında birikmekte. Bu sorunun giderilmesi için taşkın

kontrol tesisinin paralelinde bulunan yamaçlardan gelen yüzeysel suların yağmur suyu hattına alınması gerekmekte. Taşkın kontrol tesisinin yıkılan kısımlarının da onarılarak, kanalda yağmur suyu yükseldiğinde dışarıya taşmasını engelleyerek etraftaki evlerin zarar görmesi engellenmeli. Mevcut ıslah tesisinin 1600 m²'lik kısmında 1 boyutlu ve 2 boyutlu entegreli hidrolik modelleme yapılmış. Bu güzergah üzerinde toplamda bulunan 5 adet menfez de hidrolik modele dahil edilmiş. Yapılan hidrolik model sonucunda mevcut taşkın kontrol tesisi ve 4 adet menfez $Q_{500}=148.9$ m³/s debiyi geçirememekte olup taşkın suları kanaldan taşarak etraftaki yerleşim yerlerine, tarım arazilerine, parklara, bahçelere vb. yerlere zarar vermekte. Taşkın kontrol tesisi yalnızca Diyarbakır-Mardin kara yolunda taşmamakta.

Taşkın kontrol tesisinin kapasitesinin yetersiz olmasının nedeni tasarlandığı dönemdeki yağış verilerinden kaynaklı debinin düşük olması ve manning katsayısı için referans alınan kriterlerin farklı olmasından kaynaklı manning katsayısının düşük olduğu düşünülmekte. Bu çalışmada taşkın analizi yapılırken kullanılan debi ve manning katsayıları DSİ tarafından 2008 yılında yapılan taşkın kontrol tesisinin debi verisi ve sürtünme katsayısından daha büyük çıktığından yapılan taşkın analizi sonucunda mevcut taşkın kontrol tesisinin kapasitesinin yetersiz olduğu anlaşılmıştır.

Yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü dere yatağının etrafında yağmur suyu hattı yapılmalı. Taşkın kontrol tesis duvarının yıkıldığı yerler onarılmalı. Taşkın kontrol tesisinin duvarları güncel debi ve manning katsayısını kurtaracak şekilde yükseltilmeli. Diyarbakır-Mardin kara yolu altındaki menfez hariç diğer 4 menfezin ebatları hidrolik kapasiteyi kurtaracak şekilde büyütülmeli. Taşkın kontrol tesisinde manning katsayısının artışına neden olan rüsubat ve bitki yeşermelerinin düzenli olarak temizlenmesi gerekmekte. Yukarıda belirtilen problemlerin giderilmesi durumunda, taşkın kontrol tesisi Q_{500} debisini güvenli olarak geçirecek olup etrafındaki yapıların zarar görmesi engellenmiş olacak.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan harita ve hidrolojik verilerin temininde destek sağlayan Devlet Su İşleri Diyarbakır 10. Bölge Müdürlüğüne teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Akkaya, U. (2016). Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne Şehir Merkezi Kısmında 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi. *Doktora Tezi*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Akkoç, N. F. (2019). Aras Havzası Kars Çayı 1D ve 2D Taşkın Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Bolat, S. (2019). Taşkın Modellemeleri İçin Farklı Uzaktan Algılama Görüntülerinden Elde Edilen

Pürüzlülük Haritalarının Karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

- Chow, V. T. (1959). *Open Channel Hydraulic*. McGraw-Hill. 1- 728, New York.
- Demir, V. (2020). Samsun Mert Havzasında Bir ve İki Boyutlu Modeller İle Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. *Doktora Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- DSİ, (2016). Dere Yatakları İçin Pürüzlülük Katsayısı Belirleme Kılavuzu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ, (2019). Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Planlama Raporlarının Hazırlanmasına Dair Kılavuz. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Efe, H. (2014). Batman Çayı'nın Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Ercan, B., Yağcı, A. E. & Ünsal, M. (2019). Kahramanmaraş Domuz (Boğaz) Deresi Kuşaklama Kanalının HEC-RAS Modeli. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2019, 5(1): 58-64.
- HEC-RAS Version 6.0 Beta Hydraulic Reference Manual (2020).
- Oğraş, S. (2018). Dicle Nehri'nin Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Özcan, O. (2008). Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Sargın, A. H. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi. Ankara: CBS Şube Müdürlüğü.
- Yıldırım, İ. (2020). Geyve Karaçay Deresi Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması. *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- URL-1: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
[Erişim Tarihi: 01.03.2021]
- URL-2: <https://blog.esirturkey.com.tr/2019/02/25>
[Erişim tarihi: 01.03.2021]