



Sakarya İli Karasu Sahili İçin Kıyı Çizgisi Değişiminin CoastSat Uygulamasıyla İncelenmesi

Mazlum Kılıç^{1*}, Adem Akpınar²

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7056-1730), mazlum2116@gmail.com
²Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9042-6851), ademakpinar@uludag.edu.tr

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, March 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1078497)

ATIF/REFERENCE: Kılıç, M., Akpınar, A. (2022). Sakarya İli Karasu Sahili İçin Kıyı Çizgisi Değişiminin CoastSat Uygulamasıyla İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 408-414.

Öz

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nin önemli bir sahili olan Karasu Sahilinin 1990-2021 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişiminin izlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, bir uzaktan algılama yöntemi olan CoastSat açık kaynaklı yazılım araç takımı kullanılmış ve Karasu Limanı'nın doğusundaki yaklaşık 6,3 km'lik sahilin kıyı çizgisi değişimi incelenmiştir. Karasu Sahilinin 1990 ve 2021 yılları arasındaki uydu görüntüleri ve kıyı şeridi zaman serisi ile birlikte belirlenen 14 kesitteki değişimler CoastSat aracılığıyla elde edilmiştir. Bu veriler, ücretsiz açık kaynaklı bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımı olan QGIS uygulamasında 2021 yılına ait uydu görüntüsü üzerinde açılarak görselleştirilmiş ve belirlenen 14 kesitteki farklı yıllara ait kıyı çizgileri arasındaki farklar hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, sahilde bazı kesitlerde önemli miktarlarda erozyonların meydana geldiğini, en fazla erozyonun 1990 yılına göre kıyaslama yapıldığında 2010 yılında yaklaşık 77 metre ile 5. kesitte meydana geldiğini göstermiştir. Öte yandan, 7. kesitten sonraki kesitlerde 1990 yılına göre zaman içerisinde kıyıda kum birikimi olduğu ve 7. kesitten önceki kesitlerde ise erozyon olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: CoastSat, Karasu, Sakarya, sahil, uzaktan algılama, kıyı çizgisi gerilemesi, kıyı erozyonu

Investigation of Shoreline Change for Sakarya Province Karasu Coast Using CoastSat Application

Abstract

In this study, it is aimed to monitor the change of the coastline between the years 1990-2021 of the Karasu Coast, which is an important coast of the Western Black Sea Region. In this context, the CoastSat open source software toolkit, which is a remote sensing method, was used and the coastline change of the approximately 6.3 km coast to the east of Karasu Port was investigated. Satellite images of the Karasu Coast between 1990 and 2021 and the changes in 14 sections determined together with the coastline time series were obtained by CoastSat. These data were visualized on the satellite image of 2021 in the QGIS application, which is a free open source geographic information system (GIS) software, and the differences between the coastlines of different years in the determined 14 sections were calculated. The findings showed that significant erosions occurred in some sections of the coast, and the highest erosion occurred in the 5th section with 77 meters in 2010 when compared to 1990. On the other hand, in the sections after the 7th section, it was observed that there was sand accumulation on the coast over time compared to 1990, and erosion occurred in the sections before the 7th section.

Keywords: CoastSat, Karasu, Sakarya, coast, remote sensing, shoreline regression, coastal erosion

1. Giriş

Atmosfer, hidrosfer ve yerkürenin birbirleri ile etkileşim içerisinde oldukları yegâne alanlar olan kıyı bölgelerindeki koşulların büyük bir bölümünün, yıllık, mevsimsel ve hatta günlük olarak insan etkisinde veya fırtına ve iklim değişikliği gibi doğal kaynaklı değişime uğraması, bu değişimlerin belirli bölgelerde ve zamanlarda, belirli periyotlarla izlenerek saptanmasını gerektirir. Doğal gelişim ve çevresel koruma açısından oldukça önemli olan bu işlemlerin klasik yöntemlerle yapılmasının oldukça zaman alıcı olması nedeniyle, uzaktan algılama teknolojileri kullanılabilir (Ozkaya vd., 2021).

Bir uzaktan algılama yöntemi olan CoastSat açık kaynaklı yazılım araç takımı kıyı çizgisi değişimlerinin incelenebilmesi

için tercih edilmektedir. CoastSat için tüm dosyalar GitHub'da saklanmakta ve herhangi bir kullanıcı CoastSat'ı kullanabilmekte, kodlarını indirebilmekte, değiştirebilmekte ve geliştirebilmektedir. CoastSat, kıyı yöneticilerine, mühendislere ve bilim adamlarına kıyı şeridini izlemek ve keşfetmek için kullanıcı dostu ve pratik bir araç seti sağlamaktadır (Vos vd., 2019).

Bu çalışmanın amacı, Batı Karadeniz Bölgesi'nin önemli bir sahili olan Karasu Sahili'nin Karasu Limanı'nın doğusundaki yaklaşık 6,3 km'lik kısmının kıyı çizgisi değişiminin ve burada inşa edilen liman ve kıyı koruma yapılarının kıyı çizgisi değişimine etkisinin CoastSat açık kaynaklı yazılım araç takımı yardımıyla incelenmesidir. Çalışma alanı olan bölge farklı ölçeklerdeki haritalarda kırmızı renk ile taranmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

Karasu Sahili için yapılan daha önceki birkaç çalışma bu bölgede geçmiş yıllarda önemli kıyı erozyonlarının olduğunu ortaya koymuştur. İkieli ve Ustaoglu (2011), kıyı çizgisi değişimini belirleyebilmek amacıyla 2003 tarihli Landsat 7 ve 2009 tarihli Spot 4 uydu görüntülerini kullanmıştır. 2010 yılı kıyı durumu için de el tipi GPS aracı ile ölçümler yapılmış 2003 - 2009 yılları arasında 60 - 70 metre; 2009 - 2010 yılları arasında ise 20 - 30 metre kıyı gerilemesi tespit edilmiştir. Aydın (2013), farklı zamanlara ait uydu görüntüleri ve ortofoto

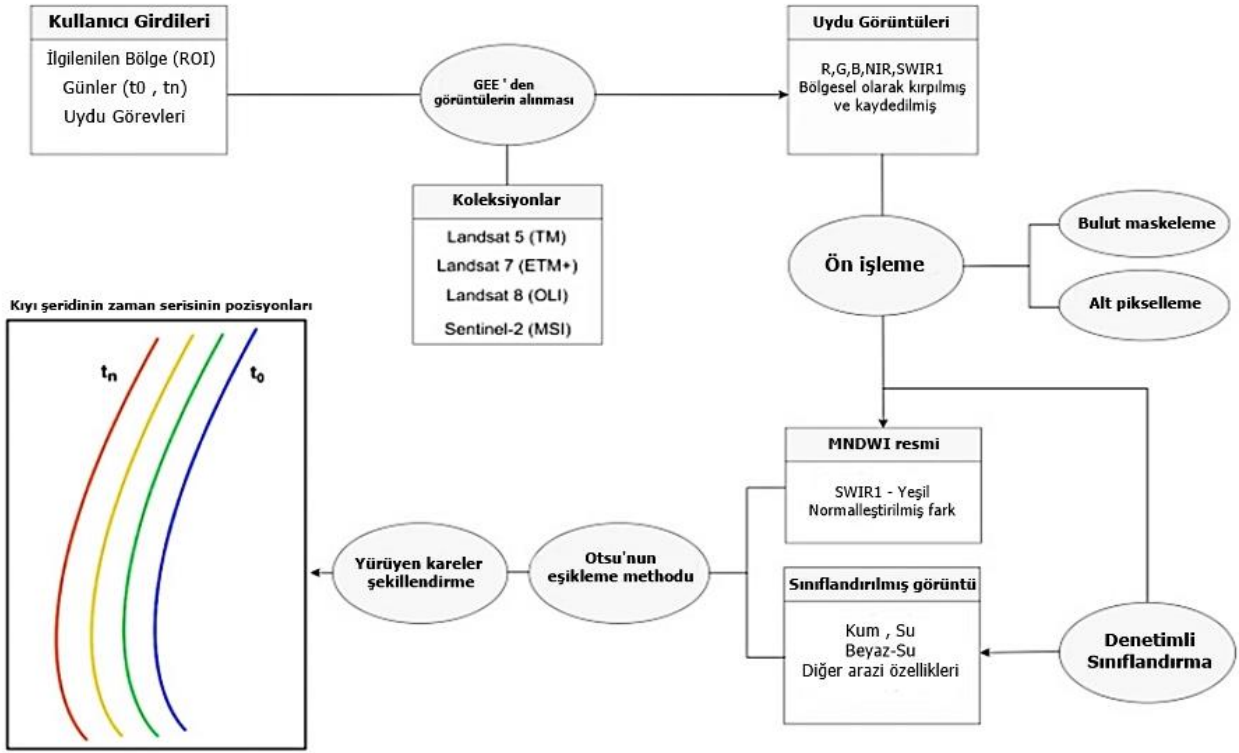
görüntüsünün değerlendirilmesi ile Karasu kıyısının 1987 yılından 2013 yılına kadar 26 yıllık kıyı değişimini izlemiş ve erozyonu önlemek için inşa edilen ayırık dalgakıranların da etkisi belirlenerek risk analizi sonucunda, ayırık dalgakıranların olduğu alanın düşük riskli ve nehir ağzının her iki tarafı ve yapılacak ayırık dalgakıranların olduğu sahil şeridinin orta riskli alan olduğu belirlemiştir. Aydın ve Uysal (2013), Sakarya-Karasu sahilinde 1987, 1995, 2003, 2011 ve 2013 tarihlerine ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI görüntüleri kullanılarak kıyı kenar çizgisi değişimi ve kıyı şeridinde belirlenen 21 noktadan kesit

alınarak her bir kesitteki değişimi belirlemiş ve en büyük değişimin Sakarya nehrinin Karadeniz'e döküldüğü nehir ağzı bölgesinde meydana geldiğini tespit etmiştir. Gormus vd. (2014), Landsat uydu görüntülerinin zamansal analizlerine göre, 1987–2013 yılları arasında kıyı şeridindeki maksimum erozyonu 100 m olarak tespit etmiştir. Çalışmanın sonuçları, Karasu kıyısındaki liman yapısının erozyonda en büyük etkiye sahip olduğunu göstermiştir. İkincil etken olarak da Sakarya Nehri'nin taşıdığı tortul miktarının zamanla farklı nedenlerden dolayı azalmasının erozyona sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Karasu sahilinin kıyı çizgisinin zaman serisini elde edebilmek için CoastSat araç seti kullanılmıştır. Bunun için, bir Python geliştirme ortamı olan PyCharm üzerinden CoastSat araç takımı çalıştırılmıştır. CoastSat, Python'da yazılmış, kullanıcıların halka açık uydu görüntülerinden dünya çapında herhangi bir kumlu sahil şeridinde zaman serisini ve kıyı şeridi

konumunu elde etmesini sağlayan açık kaynaklı bir yazılım araç setidir. Araç seti, Landsat ve Sentinel-2 görüntülerini verimli bir şekilde almak için Google Earth Engine (GEE)'in yeteneklerinden yararlanarak kıyı yöneticilerine, mühendislerine ve bilim adamlarına kıyı şeritlerini izlemek ve keşfetmek için kullanıcı dostu ve pratik bir araç takımı sağlamaktadır. Yazılım, GitHub'dan (<https://github.com/kvos/CoastSat>) ücretsiz olarak temin edilebilmektedir (Vos vd., 2019). Şekil 2'de CoastSat'ın işlevlerini özetleyen bir akış şeması verilmiştir.



Şekil 2. CoastSat'ın işlevlerini özetleyen akış şeması [2].

2.1. Görüntü Edinme

CoastSat, görüntü alımlarını GEE aracılığıyla yapmaktadır. Bunun için, CoastSat arayüzünde sağlanan birkaç temel adım takip edilmiştir. Bu adımlar:

- Coğrafi koordinat sistemi kullanarak ilgililenen bölgeyi bir çokgen biçiminde tanımlama; Çalışma bölgesi Karasu plajı için koordinatlar Google maps üzerinden çokgen olarak belirlenmiş ve KML formatında elde edilip daha sonra Notepad++ uygulamasından açılarak CoastSat'a aktarılmıştır.
- Zaman aralığının seçilmesi; Zaman aralığı olarak Karasu'da yapılan kıyı yapılarının kıyıya olan etkilerini daha iyi gözlemleyebilmek için 1990-2021 yılları arası seçilmiştir.

- Görüntülerin indirileceği uyduların seçilmesi (Landsat 5, 7, 8 ve Sentinel-2); Her uydu, görüntüleri belirli tarihler arasında alabildiği için Landsat 5 (TM), Landsat 8 (OLI), Sentinel-2 (MSI) uyduları birlikte seçilmiştir.
- Görüntülerin kaydedildiği site adını ve dizini tanımlama.

Ayrıca, kaydedilen görüntüler yalnızca ilgi alanı olan bölge için önceden kırılıp zaman serilerinin elde edilmesine izin verecek şekilde kalibre edilmiştir.

2.2. Görüntüleri Kaydetme

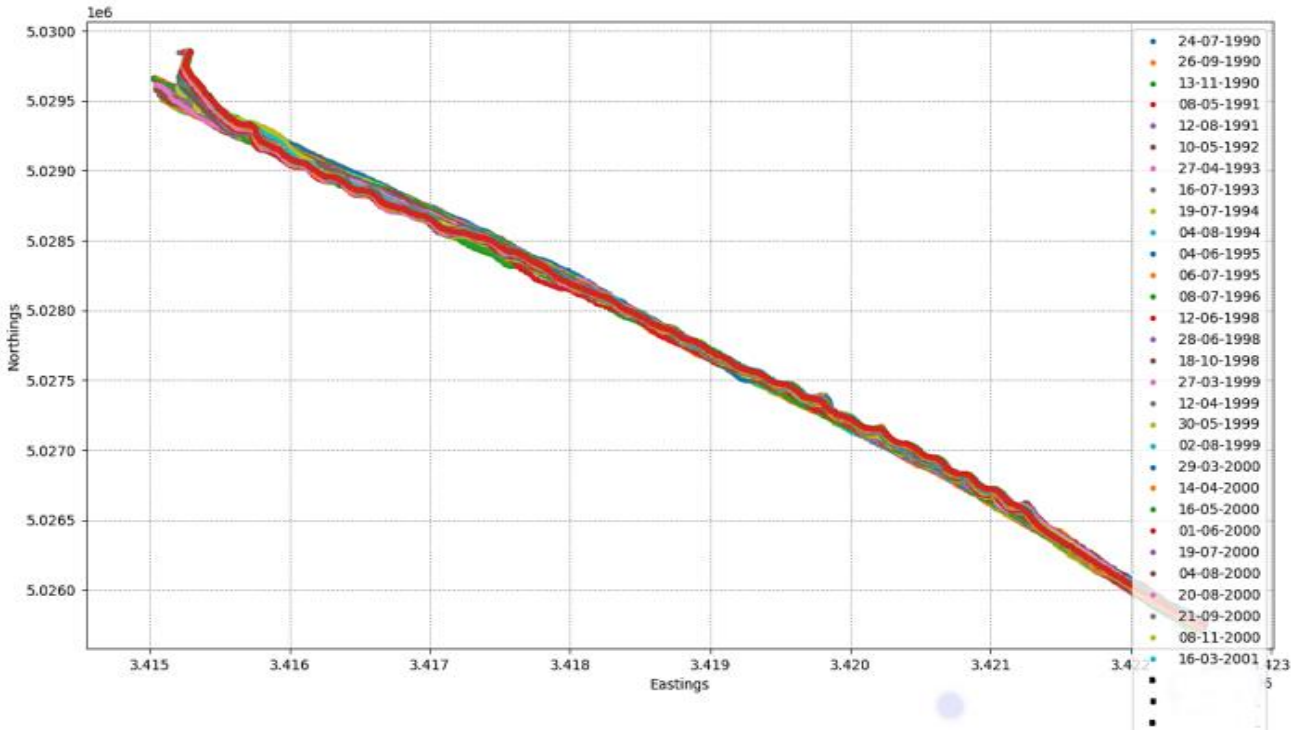
GEE aracılığıyla elde edilen tüm görüntüler TIFF formatındadır. CoastSat komutlarından biri görüntüleri resmin çekildiği tarihi içeren JPEG formatında kaydetmektedir.

2.3. Referans Kıyı Şeridi Seçimi

Referans kıyı şeridi seçilirken kullanıcı tarafından JPEG resimlerinden bulutsuz ve net olan herhangi birinde referans kıyı şeridi manuel olarak belirlenmektedir. CoastSat bu referans kıyı çizgisinden belirli bir mesafedeki noktaları geçerli kıyı çizgileri olarak kabul ettiğinden, kıyı çizgileri haritalanırken aykırı değerlerin ve yanlış algılamaların reddedilmesine yardımcı olup daha sonraki uydu görüntülerinden kıyı şeridinin otomatik olarak tespit edilmesini kolaylaştırarak bir referans oluşturmuştur.

2.4. Kıyı Tespiti

Ayarlanmış parametreler ve yerinde bir referans kıyı şeridi ile CoastSat kıyı şeridi tespit aracı, alınan görüntülerden kıyı şeritlerini çıkarmak için kullanılmıştır. CoastSat yazılımı kıyı şeridi değerlendirmesi için araç setine eklenmiş bir algoritma kullanmaktadır. Algoritma su, beyaz su, kum ve diğer arazi özellikleri olarak dört farklı piksel sınıflandırma indeksi kullanarak su ve kara arasındaki eşliği tespit etmektedir. Çıkarılan kıyı şeritleri iki farklı dosya formatında .pkl ve .geojson olarak kaydedilmektedir. Ek olarak, kullanıcı, tespit edilen kıyı şeridi ile her bir görüntüyü inceleyip görüntüyü tutmak mı yoksa atmak mı istediğine karar verebilmekte ve haritalanmış kıyı şeritlerinin görsel (jpeg) görüntülerini kaydedebilmektedir. Karasu plajı için yanlış olan ve bulutlu olup net olmayan tüm görüntüler ve veriler manuel olarak silinerek sadece net ve doğru olan haritalanmış kıyı şeritleri kaydedilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. CoastSat aracılığıyla Karasu plajı için elde edilen bütün kıyı şeritleri

2.5. Kıyı Analizi

Sayısal veriler elde etmek için çıkarılan kıyı şeritleri üzerine istenilen aralıklarla kesitler eklemek gerekmektedir. CoastSat kullanıcılarının ilgi alanına enine kesitler eklemesi için üç yol sunmuştur:

- I. Çıkarılan kıyı şeritlerinin üzerine kesitleri manuel olarak çizmek,
- II. Kesitlerin koordinatlarını içeren .geojson formatında bir dosya yüklemek,
- III. CoastSat arayüz penceresine transekt koordinatlarını manuel olarak eklemek.

Çalışma bölgesi olan Karasu Plajı için ilk seçenek seçilmiş ve kesitler manuel olarak eklenmiştir. Elde edilen bütün kıyı şeritleri üzerinde istenilen yerde ilk noktası karaya doğru ikinci

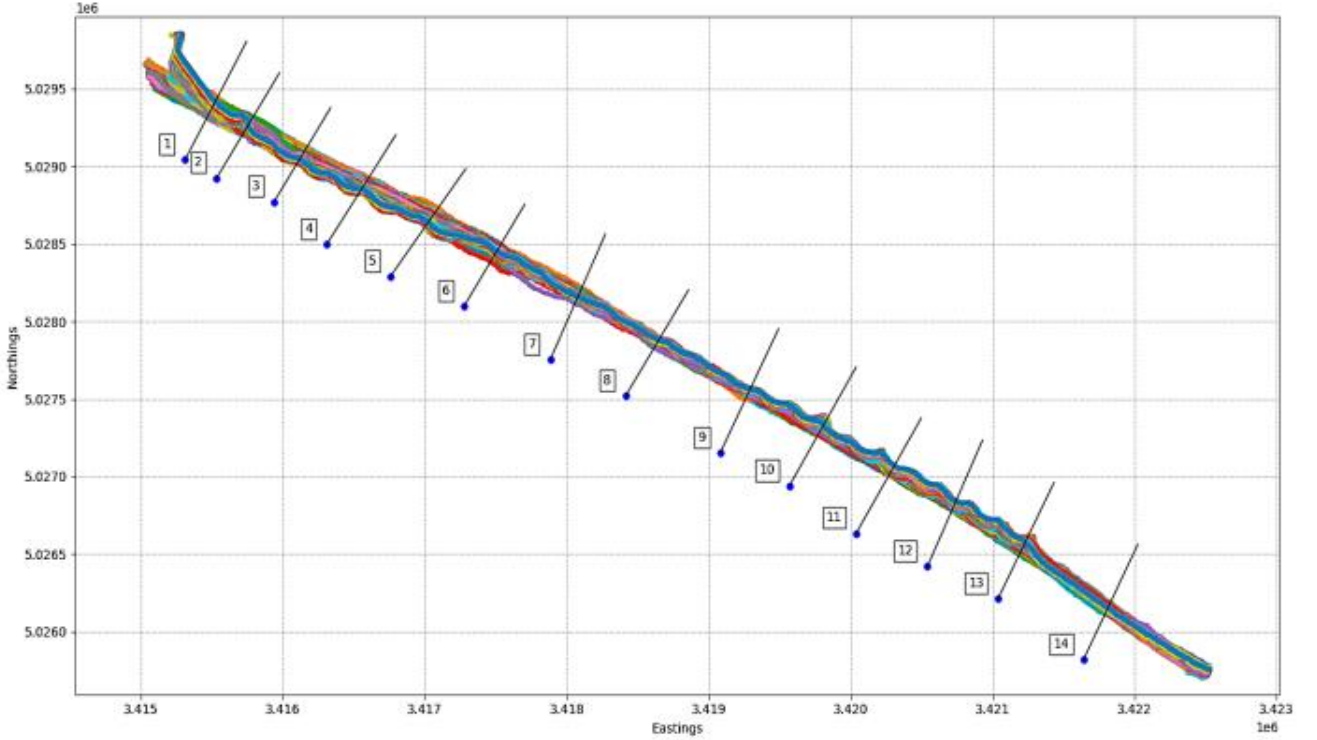
noktası ise denize doğru olacak şekilde kesitler belirlenmiştir (Şekil 4).

CoastSat araç seti bir kesit içindeki kıyı çizgisi konumunu hesaplarken, bunu kesitin kendisinin başlangıç noktasına göre yapmakta, yani her kesitin başlangıç noktasının kıyı şeritlerinden farklı bir mesafede olması verileri büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, ilgili zaman periyodu boyunca tüm kıyı şeridi konumlarının ortalaması, kesit başına alınmıştır. Daha sonra, her bir kıyı çizgisi konumu ortalamadan çıkarılmış ve düzeltilmiştir. Bu, zaman noktalarının her biri için doğru bir şekilde ölçülen kıyı çizgisi konumunun elde edilmesini sağlamıştır.

CoastSat'ın kıyı şeridi haritalama algoritması, her pikseli 4 sınıfa etiketlemek için bir görüntü sınıflandırma şeması kullanmaktadır: kum, su, beyaz su ve diğer arazi özellikleri. Bu sınıflandırıcı çok çeşitli farklı kumsallar kullanılarak eğitilmiş

olsa da, daha önce hiç görmediği belirli alanlarda çok iyi performans göstermeyebilir. Bu sebepten dolayı, CoastSat'ın görüntü sınıflandırıcısı çalışma alanı olan bölge için özel olarak

yeniden eğitilmelidir. Bu eğitime birkaç dakika içinde yapılabilen ve daha doğru sonuçlar alınabilmektedir.



Şekil 4. Kıyı şeritleri üzerinde belirlenen kesitler

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Araştırma Sonuçları

Coastsat' tan elde edilen .geojson çıktıları QGIS uygulamasında güncel harita üzerinde seçilen belirli tarihler için 1990-2021 yılları arasındaki farklı kıyı çizgileri için açılarak görselleştirilmiştir. Mevsimlerin kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisini en aza indirebilmek için aynı ay ve farklı yıllara ait kıyı çizgileri seçilmeye çalışılmıştır. Bazı yıllar için yeterince veri bulunmadığından farklı aylara ait kıyı çizgisi görünümünü seçilmiştir. Kıyı çizgisi görüntüleri ilk olarak küçük ölçekli olarak eklenmiş daha sonra kıyı çizgilerinin güncel harita üzerinde daha net incelemesi için farklı kesitler halinde daha büyük ölçeklerde eklenmiştir (Şekil 5). Ayrıca, kıyı çizgisindeki değişimlerin sayısal olarak ifade edilebilmesi için belirlenen 14 kesit üzerindeki, belirlenen yıllara ait kıyı çizgileri arasındaki

farklar, kıyı çizgilerinin koordinatları kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Kıyıda değişimin geçmiş yıllara göre nasıl değiştiğini görebilmek için 1990 yılı kıyı çizgisi referans alınmış ve 2021 yılına kadar geçen farklı zamanlardaki kıyı çizgilerinin konumları ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Böylelikle, zaman içerisinde kıyıda meydana gelen değişim sayısal olarak ifade edilmiştir.

Şekil 5 ve Tablo 1, sahilde bazı kesitlerde önemli miktarlarda erozyonlar bazı kesitlerde ise kum birikimlerinin meydana geldiğini göstermiştir. En fazla erozyon 1990 yılına göre kıyaslandığında, 2010 yılında yaklaşık 77 metre ile 5. kesitte meydana gelmiştir. Öte yandan, 1990 yılı kıyı çizgisi ile 2021 yılı kıyı çizgileri arasındaki farklar incelendiğinde, kıyı çizgisinde ilk kesitte ve 7. kesitten sonraki kesitlerde kum birikimi olduğu, 2. ve 7. kesitler arasındaki bölgede erozyon meydana geldiği görülmüştür.

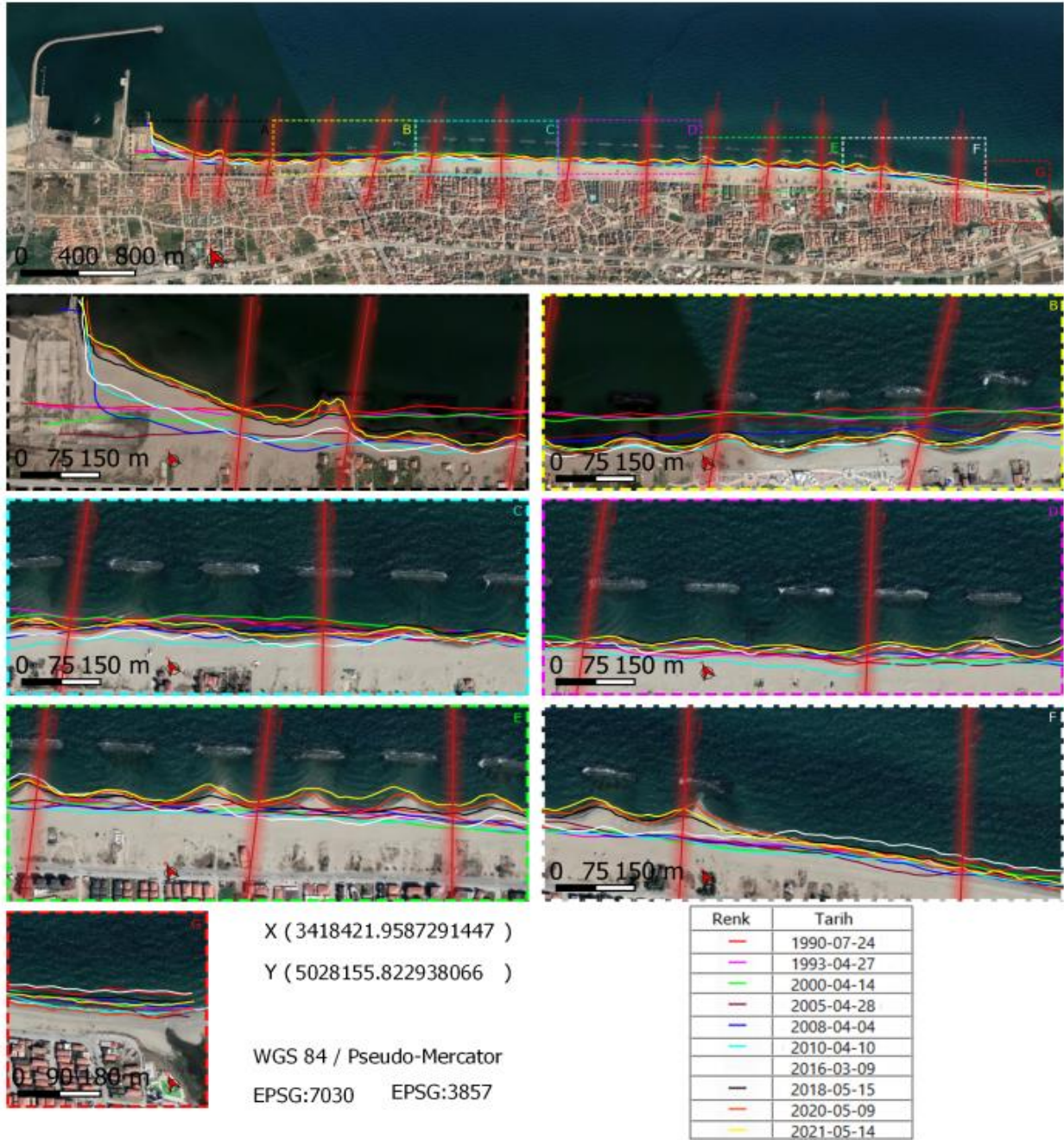
Tablo 1. Her bir kesit için 1990 - 2021 yılları arasındaki belirli tarihlerdeki kıyı çizgisinin 1990 yılı kıyı çizgisi ile karşılaştırılması sonucu oluşan farklar (m)

Tarihler / Kesitler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fark (27.04.1993-24.07.1990) (m)	-16	-11	-2	11	-9	6	-14	-2	10	11	-30	-18	-8	-16
Fark (14.04.2000-24.07.1990) (m)	-16	-11	-16	6	-16	4	6	3	12	14	-20	-25	-13	-5
Fark (28.04.2005-24.07.1990) (m)	-48	-47	-53	-15	-30	-17	-15	-6	-3	16	-19	-14	-4	-20
Fark (04.04.2008-24.07.1990) (m)	-51	-67	-57	-36	-37	-20	-23	0	12	-2	-17	-11	-2	-28
Fark (10.04.2010-24.07.1990) (m)	-48	-67	-72	-55	-77	-50	-46	-12	-23	0	-24	-17	-7	-21
Fark (9.03.2016-24.07.1990) (m)	-55	-43	-73	-44	-73	-34	-44	4	17	59	-32	-20	9	9
Fark (15.05.2018-24.07.1990) (m)	-10	-22	-51	-30	-62	-14	-8	8	34	43	-11	5	41	-10
Fark (9.05.2020-24.07.1990) (m)	0	-15	-57	-45	-59	-19	-23	-4	16	51	-10	13	53	-20
Fark (14.05.2021-24.07.1990) (m)	1	-14	-50	-36	-61	-15	-22	9	32	48	1	22	53	-14

3.2. Tartışma

Gormus vd. (2014), belirledikleri 12 kesit için Landsat uydu görüntülerini kullanarak kıyı değişimlerini hesaplamışlardır ve limanın hemen doğusundaki 8., 9. ve 10. kesitler için liman inşaatının tamamlanmasına kadar geçen sürede önemli miktarlarda erozyon olduğunu tespit etmişlerdir. Aydın ve Uysal (2013), Landsat görüntüleri ile 21 kesitteki kıyı değişimini hesaplamışlardır ve limanın hemen doğusundaki 14., 15. ve 16. kesitlerde yıllar geçtikçe artan bir erozyon gözlemlemişlerdir. Bu sonuçlar incelendiğinde, araştırma sonuçları ile daha önceki çalışmaların sonuçları benzerlik göstermektedir. Ayrıca, yapılan çalışmalar geçmiş tarihli olduklarından 2016 yılı ve sonrası için kıyı çizgisinin değişimini inceleyememişlerdir. Özellikle, Karasu

Limanı'nın inşa edilmeye başlanmasından sonraki zamanlarda limanın hemen doğusundaki kesitlerde erozyonların önemli miktarlarda arttığı araştırma sonuçlarından görülmektedir. Karasu Sahili'nde meydana gelen erozyonlar farklı çalışmalara konu olmuş ve sahilde oluşan bu erozyonları önlemek için kıyı koruma yapıları inşa edilmiştir. 2010 yılında yapımına başlanan açık deniz mendireklerinin ise 7. kesitten sonraki bölgeler için kum biriktirmede faydalı olduğu görülmektedir. Bu erozyonların sebebi olarak Karasu'da inşa edilen liman verilebilir. Ayrıca, Karasu Sahili için kıyıyı besleyen en önemli unsur Sakarya Nehri'dir. Nehir üzerinde kurulan barajlar, kum ve çakıl ocakları deniz kıyısıyla buluşan sediment miktarını %65'lere varan ciddi miktarda azaltmıştır (Aydın ve Uysal, 2013). Sakarya nehrinden gelen tortular liman inşaatı ile birlikte kesilmeye başlanmıştır ve meydana gelen fırtınalarla birlikte kıyıda erozyonlar olmuştur.



Şekil 5: 1993-2008 yılları arasındaki çeşitli tarihlere ait kıyı çizgisi görüntüleri

4. Sonuç

Karasu sahilinde zaman geçtikçe meydana gelen erozyonlar ve kum birikimleri burada inşa edilen yapılarla ilişkilendirilebilir. İnşa edilen bu yapılar kıyıya giren ve çıkan madde dengesini bozmuştur. Kıyıda bu dengenin bozulması erozyon ya da kum birikmesi durumunu ortaya çıkarmaktadır. Bu durumda, kıyıda meydana gelen bu değişimlerin tehlike yaratmaması için Karasu kıyısı düzenli aralıklarla kontrol edilmeli ve erozyon durumları incelenmeli gerekirse kıyıyı korumak için farklı önlemler alınmalıdır. Ayrıca, bir uzaktan algılama yöntemi olan Coastsat, uzman olmayan kullanıcıların Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 ve Sentinel-2 görüntülerinden kıyı şeridi çıkarmasını sağlar. Öte yandan, uydu uzaktan algılama ve yerinde saha ölçümlerinin mevcut olmadığı yerlerde kıyı bilim adamlarının ve mühendislerin ilgisini çeken zamansal ölçekleri çözebilen düşük maliyetli uzun vadeli kıyı şeridi verileri sağlayabilir.

5. Teşekkür

Bu çalışmanın CoastSat'ı çalıştırma ve kodlama aşamasındaki her türlü katkılarından dolayı Kerem KURALAY'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Aydın, M. (2013). *Kıyı Çizgisi Değişiminin İzlenmesi ve Risk Analizi: Sakarya Karasu Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Aydın, M., Uysal, M. (2013). Kıyı Çizgisi Değişiminin Uydu Görüntüleri Yardımıyla İzlenmesi: Sakarya- Karasu, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3), 24-32.
- Gormus, K. S., Kutoglu, S. H., Seker, D. Z., Ozolcer, I. H., Oruc, M., Aksoy, B. (2014). Temporal analysis of coastal erosion in Turkey: a case study Karasu coastal region. *Journal of Coastal Conservation*, 18(4), 399-414. doi:10.1007/s11852-014-0325-0
- İkieli, C., Ustaoglu, B. (2011). Sakarya Deltasının Doğu Kesiminde Kıyı Çizgisi Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Analizi. *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, 5: 483 – 492.
- Özkaya, U., ve Öztürk Ş. (2021). Roof-KSA: Binaların Semantik Bölütlemesi İçin Az Parametreye Sahip Konvolüsyonel Sinir Ağı Modeli, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 7.2: 1094-1105.
- Vos, K., Splinter, K. D., Harley, M. D., Simmons, J. A. & Turner, I. L. (2019). CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environmental Modelling and Software*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528>