

# İzmit Körfezi Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Zamansal ve Mekansal Analizi

## Temporal and Spatial Analysis of Izmit Bay Coastal Change with GIS and Remote Sensing Technologies

**Prof. Dr. Ozan ARSLAN**

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
oarslan@kocaeli.edu.tr  
ORCID: 0000-0003-1441-2965

**Damlanur KARABULUT, Begüm GÜNER, Emir Çağrı GEDİKBAŞ**

damlanurkarabulut@gmail.com, gunerbegum1@gmail.com  
KOÜ Mezunu Harita Mühendisleri

### Öz

Kıyı şeridi, gelgit yükseklik noktasının yanında yer alan deniz ile karanın buluşma çizgisidir ve yeryüzünün en önemli yeryüzü şekillerinden biri olmasının yanı sıra, zaman içinde değişebilen önemli bir özelliğidir. Denizlerin ve nehirlerin tortu birikimi, etkileşimler, farklı deniz ve hava koşulları gibi jeolojik etkilerin yanı sıra antropojenik etkiler de kıyı şeridini oluşturur. Kara ve su arasında bir ara hat olan kıyı şeridi, kıyı bölgesi ile birlikte, denizel ve karasal kuvvetlerden etkilenen ve kıyı yeryüzü şekillerini değiştiren kıyı ortamındaki çok karmaşık, dinamik ve aynı zamanda kararsız jeomorfik bileşenlerden biri olarak görülmektedir. Bu çalışmada coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve uzaktan algılama yöntemleri ile İzmit Körfezi kıyı çizgisi değişimi 2006- 2023 yılları arasında Landsat-5 ve Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanılarak zamansal ve mekansal olarak analiz edilmiştir. Su kütlelerinin tespitinde etkin bir yöntem olan NDWI (normalleştirilmiş fark su indeksi) görüntülerinde görüntü sınıflandırması yapılarak kıyı çizgisi üretilmiştir. Daha sonra üretilen kıyı çizgilerinden SCE, NSM, EPR, LRR, WLR kıyı şeridi değişim istatistikleri kullanılarak İzmit Körfezi'nin kıyı değişim analizi gerçekleştirilmiştir. 2006-2023 yılları arası minimum kıyı değişim mesafesi 0.81 m iken maksimum değişim mesafesi 668.22 m olarak hesaplanmıştır. Uydu görüntülerinden üretilen sonuçlara göre çalışma bölgesinde %41.4 kıyı aşınımı, %58.6 kıyı birikimi elde edilmiş ve bu değerler ortofotolardan elde edilen sonuçlarla doğrulanmıştır. Belirlenen değişim alanlarının büyük oranda (%90'dan daha fazla) insan kaynaklı etkiler nedeniyle oluştuğu ve insan kaynaklı kıyı değişimlerine İzmit, Körfez, Gölçük, Dilovası ve Altınova kıyılarında rastlandığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyı Şeridi Tespiti, Görüntü Sınıflandırma, Sayısal Kıyı Şeridi Analiz Sistemi (DSAS), CBS, Uzaktan Algılama ve Değişim Tespiti.

### Abstract

The coastline is the meeting line between the sea and the land next to the tidal high point and is one of the most important landforms of the earth, as well as an important feature that can change over time. In addition to geological effects such as sediment deposition of seas and rivers, interaction, different ocean and weather conditions, anthropogenic effects also form the coastline. As an intermediate line between land and water, the coastline, together with the coastal zone, is seen as one of the very complex, dynamic and at the same time unstable geomorphic components in the coastal environment, which is influenced by marine and terrestrial forces and changes coastal landforms. In this study, the shoreline change of Izmit Bay was analyzed temporally and spatially by using Landsat-5 and Sentinel-2A satellite images between 2006- 2023 with geographic information system (GIS) and remote sensing methods. Shorelines were produced by image classification of NDWI image, which is an effective method in the detection of water bodies. Then, coastal change analysis of Izmit Bay was performed by using SCE, NSM, EPR, LRR, WLR shoreline change statistics from the produced coastlines. While the minimum coastal change distance between 2006-2023 was 0.81 m, the maximum change distance was calculated as 668.22 m. According to the results produced from satellite images, 41.4% coastal erosion and 58.6% coastal accretion were obtained in the study area and these values were confirmed by the results obtained from orthophotos. It was observed that the majority of the identified change areas (more than 90%) were caused by anthropogenic impacts and anthropogenic coastal changes were encountered in Izmit, Körfez, Gölçük, Dilovası and Altınova coasts.

**Keywords:** Coastline Detection, Image Classification, Digital Shoreline Analysis System (DSAS), GIS, Remote Sensing and Change Detection.

## Giriş

Yerkürenin kıyı şeritleri, başta iklim değişikliği ve insan faaliyetleri olmak üzere birçok faktörden dolayı sürekli bir değişim halindedir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde son zamanlarda gözlemlenen aşırı iklim olaylarından da anlaşılacağı üzere, dünya çapında kıyı bölgeleri önemli bir tehdit ile karşı karşıyadır. Bu bölgeler insan yerleşimleri, balıkçılık çalışmaları, tarımsal uygulamalar, endüstriyel faaliyetler, ulaşım ağları, rekreasyonel faaliyetler ve daha fazlası ile dolup taşmaktadır. Genel olarak, bu faaliyetlerin çoğu ekosistem için önemli tehditler oluşturmakta ve su baskını, kıyı erozyonu, sedimantasyon ve habitat tahribatı gibi süreçler yoluyla doğal kaynakların bozulmasını şiddetlendirmektedir. Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak, deniz ortamındaki kıyı değişikliklerinin değerlendirilmesi ve izlenmesi önemli bir bilimsel değere sahiptir. Veri tabanlarını geliştirirken ve analiz ederken farklı modern bilimsel araçları (örneğin CBS, uzaktan algılama ve GPS) entegre etmek önemlidir. Ayrıca, yönetim eylem planlarının geliştirilmesi ve detaylandırılmasında da yardımcı olmaktadır (Aouiche vd., 2016; Alharbi vd., 2017).

Kara ve deniz arasındaki arayüzü işaretleyen kıyı şeridi, hem insan kaynaklı (antropojenik) hem de doğal faktörler nedeniyle sürekli olarak değişim geçirmektedir. Kıyı şeridinde denize ya da karaya doğru meydana gelen kaymalar, öncelikle kalkınma ya da sosyo-kültürel amaçlı yapıların inşası gibi doğal dengeyi bozan antropojenik faaliyetlere bağlanmaktadır. Yapay limanlar, iskeleler ve deniz duvarları gibi yapılar erozyon ve yığılma modellerini önemli ölçüde etkilemektedir (Chen ve Rau, 1998). Kıyı şeridi, sürekli değişen çevresel koşullar nedeniyle doğası gereği dinamik bir yapıya sahip olup kıyı yeryüzü şekillerinin ve dinamiklerinin kanıtlarını gösterir. Kapsamlı bir anlayış, sürekli izleme ve kıyı şeridindeki değişikliklerin zamanında tespiti, kıyı süreçlerini ve dinamiklerini kavramak için gereklidir. Dalgalar, gelgit hareketleri, akıntılar ve rüzgarlar gibi doğal güçlerin yanı sıra morfolojik, klimatolojik, jeolojik faktörler ve antropojenik faaliyetler kıyı şeridi değişikliklerini toplu olarak etkilemektedir (Saravanan vd., 2015; Kanwal vd., 2020).

Kıyı şeridi, gelgit yükseklik noktasının yanında yer alan deniz ile karanın buluşma çizgisidir ve zaman içinde değişebilen yeryüzünün en önemli yeryüzü şekillerinden biridir (Cameld ve Morang, 1996). Kara ve su arasında bir ara hat olan kıyı şeridi, kıyı bölgesi ile birlikte, denizel ve karasal kuvvetlerden etkilenen ve kıyı yeryüzü şekillerini değiştiren kıyı ortamındaki çok karmaşık, dinamik ve kararsız bileşenlerden biri olarak görülmektedir. Kıyı şeridi dalgalanmaları, dalga hareketi, kıyı akıntıları ile sedimantasyon, jeomorfoloji, kıyı şeridinin yanındaki jeoloji, okyanus seviyesindeki değişimler gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Carter ve Woodroffe, 1994; Pandian vd., 2004; Shibly ve Takewaka, 2012). Kıyı bölgesi genellikle daha iyi ekonomik, sosyal ve rekreasyonel fırsatlara odaklanmaktadır (Rangel-Buitrago vd., 2015). Tsunami, tehlikeli dalgalar ve kıyı erozyonu gibi doğal afetlere karşı daha yüksek risk taşımaya rağmen, ekonomik kalkınma ve doğal çevre için büyük önem taşımaktadır (Mulder vd., 2011, Cai vd., 2009; Hinkel vd., 2013, Chu vd., 2006). Kıyı şeridi sınırının dinamik yapısı göz önüne alındığında, seçilen kıyı şeridi tanımının zamansal ve mekânsal olarak değerlendirilmesi zorunludur. Anlık kıyı çizgisi, kara-su arayüzünün hemen bulunduğu yeri ifade eder (Zheng vd., 2023, Mullick vd., 2020; Hui vd., 2022). Maliyetin kısa vadeli değişkenliğe sahip, zamana bağlı bir olgu olduğunu kabul etmek önemlidir. Kıyı şeridini tanımlarken kıyı değişimlerini de hesaba katmak gerekir. Kıyı değişimi çalışmalarının çoğu ayrık geçişleri veya noktaları dikkate alır ve bunların zaman içinde nasıl değiştiğini izler.

Uzaktan algılama uydu görüntüleri, kıyı bölgelerinin ve kıyı şeridinin konumunu izlemek için yaygın olarak kullanılmakta ve kıyı değişimlerinin tekrarlanan ve tutarlı istatistiklerini sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi uzamsal bilgiyi sayısal yapıda sunarak zamansal ölçekte herhangi bir değişim tespit izleme çalışması için gerekli araçlardan biridir (Balopoulos vd., 1986; Zuzek vd. 2003). Uzaktan algılama verilerini kullanan çok sayıda araştırmacı, kıyı şeridi dinamiklerinin yanı sıra çeşitli kıyı süreçlerinin anlaşılmasındaki etkinliğini de ortaya koymuştur (Wagner vd., 1991; Boutiba ve S. Bouakline, 2011). Deniz seviyesinin yükselmesi ve bunun kıyı yeryüzü şekilleri üzerindeki etkileri, küresel ısınmanın devam eden bir sürecidir. Küresel ortalama deniz seviyesinin (MSL) 2100 yılına kadar 9 ila 88 cm artması beklenmektedir (Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001). Anthony vd. (2006) dünya kıyılarının %70'inden fazlasının erozyondan muzdarip olduğunu belirtmiştir. CBS yazılımı ArcGIS üzerinde

çalışan DSAS (Digital Shoreline Analysis System: Dijital Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi) aracı, geniş bir uygulama yelpazesine sahip çok yönlü bir araç olup; zamansal konum değişikliklerini hesaplamada etkinliği kanıtlanmıştır (Baig vd., 2020). Tarihi hava fotoğraflarındaki buzul sınırları, nehir kıyısı sınırları ve arazi kullanımı/arazi örtüsündeki değişimler dahil olmak üzere çeşitli özelliklerdeki değişiklikleri izlemek için kullanılabilir. Hesaplanan sonuçların tutarlılığını ve doğruluğunu sağlamak için DSAS, kıyı şeridi değişikliği hesaplamalarına yardımcı olmak için değişim oranı bilgileri ve matematiksel veriler sunar (Adebola vd., 2017).

Kıyı/kıyı çizgisi değişikliklerinin farklı zaman serilerinde niceliksel olarak izlenmesi, aşınma/erozyon gibi itici güçlerin ve süreçlerin belirlenmesine ve uygun kıyı yönetimi planlarının ve müdahalelerinin geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Geometri ve kıyı çizgisi konumu, kıyı bölgelerindeki değişiklikleri izlemek için kullanılacak muhtemelen en önemli göstergelerdir (Emiljan ve Altin, 2018). Kıyı çizgisi değişikliklerinin ve konumlarının izlenmesi, yüzey araştırmaları, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve LIDAR tabanlı yaklaşımlar gibi çeşitli yöntemleri içerir. Bazı yöntemler maliyetli ve zaman alıcı olsa da, CBS'nin uzaktan algılama ile entegre edilmesi, çok spektrumlu veri tabanı ve maliyet etkinliği nedeniyle yeryüzü şekli değişikliklerini anlamada oldukça verimli olduğunu kanıtlamaktadır. Büyük veri ve geniş kapsama alanı sağlayan uzay teknolojileri, kıyı özelliklerini anlamak ve sürdürülebilir kıyı gelişimini planlamak için vazgeçilmezdir. Kıyı şeridi değişikliklerini analiz etmek için jeo-uzamsal teknolojilerin kullanılması, erozyona eğilimli hassas kıyı alanlarının yönetilmesine yönelik etkili eylem planları için hayati önem taşımaktadır (Das vd., 2021). Bu alanda, mekânsal ve zamansal veri kullanılabilirliği, modelleme ve tahmin doğruluğu ve sürdürülebilir kıyı yönetimi çözümlerinin bütüncül bir şekilde tanımlanmasını içeren çeşitli araştırma boşlukları mevcuttur.

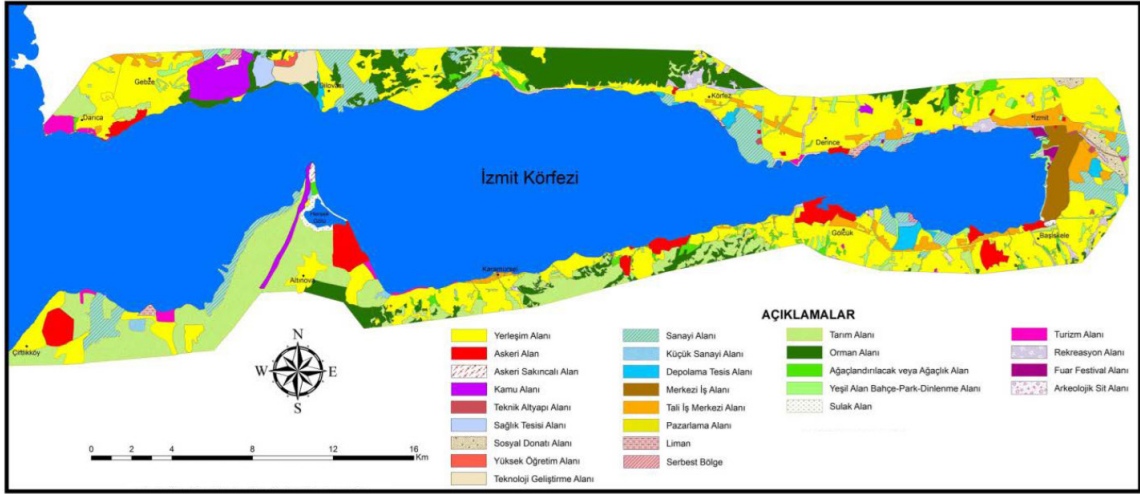
İzmit Körfezi'nin kıyı kullanımındaki bölgesel ve yerel değişimler, kıyı kullanımındaki mevcut durum ve yapılacak planlamalar hakkında önemli veriler sağlayacaktır. İzmit Körfezi'nin kıyı jeomorfolojisi birimleri hem konumları hem de nitelikleri açısından kuzeyinde, güneyinde ve doğusunda farklılık gösterir (Garipağaoğlu ve Uzun, 2014). Jeomorfolojik yapının bu çeşitliliği, kıyı kullanımının da değişmesine neden olmuştur. Özellikle alçak ve yüksek kıyı bölgeleri ile deltaların olduğu alanlardaki kıyı kullanımı, sahanın jeomorfolojik yapısından etkilenmiştir. Bu konuda literatürde yer alan çalışmalardan Uzun ve Garipoğlu (2014); İzmit Körfezi kıyılarında, kıyı çizgisi değişiminin nedenleri, etkileri ve ortaya çıkardığı sorunlar üzerinde durmuşlardır. Uzun (2021) çalışmasında; İzmit Körfezi kıyılarında, insan kaynaklı jeomorfolojik değişimleri Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanarak incelemiştir. Uzun (2023), benzer bir kıyı değişim izleme amaçlı çalışmasında Riva kıyılarındaki 1963-2023 dönemine ait değişimleri, ArcGIS yazılımı üzerinde çalışan DSAS aracını kullanarak analiz etmiştir. Kılar ve Çiçek (2018); Göksu deltası kıyılarında, kıyı çizgisi değişimini DSAS aracı ile belirlemişlerdir. Ciritci (2020) çalışmasında; benzer metodolojiyi kullanarak İzmit Körfezi'nde 1985/07/10 ile 2017/06/24 tarihleri arasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerini CBS ve Uzaktan Algılama yöntemleriyle belirlemeyi amaçlamıştır.

Bu çalışmada 2006-2023 yılları arasındaki körfez kıyı değişimi, Sentinel-2A ve Landsat uydu görüntüleri kullanılarak DSAS aracının sağladığı istatistiksel parametreler ile analiz edilmiştir. Kıyı kenar çizgisi çıkarımı için, uzaktan algılama görüntü kenar tespitinin kapsamlı bir analizini yapmak üzere 2006 yılına ait Landsat uydu görüntüsünde atmosferik düzeltme yapılmış ve ardından ArcGIS 10.5 yazılımında band birleştirme ve band oranlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. DSAS aracı ile kıyı kenar değişim analizinde beş (5) adet kıyı şeridi değişim istatistiği kullanılmıştır: Son Nokta Oranı (EPR), Kıyı çizgisi değişim zarfı (SCE), Doğrusal Regresyon Oranı (LRR), Ağırlıklı doğrusal regresyon (WLR) ve Net Kıyı Çizgisi Hareketi (NSM). Kıyı kenar değişim analizi ile elde edilen sonuçlar, mevcut yüksek çözünürlüklü ortofotolardan üretilen kıyı çizgileri ile üretilen istatistiksel parametrelerle karşılaştırılmış ve aşınım ve birikim alanlarının metrik doğruluğu test edilmiştir. Uydu görüntülerinden yararlanarak belirlenen kıyı değişim miktarlarının doğruluğu daha yüksek bir referansla (ortofoto) test edilmesi, bu çalışmanın literatürde mevcut diğer benzer çalışmalardan farklı ve ayırt edici özelliklerinden biridir.

## Çalışma Alanı

İzmit Körfezi kıyıları, 29°21' - 29°58' doğu boylamları ile 40°37' - 40°50' kuzey enlemleri arasında yer alır. Kara içine doğru sokulmuş olan 50 km uzunluğundaki İzmit Körfezi'nin en geniş yeri 9,6 km ile Hereke Karamürsel arası, en dar kısımları ise Dil Burnu-Hersek Burnu arası 2,7 km, Derince-Değirmendere arası 1,8 km'dir (Şekil 1). Çalışma alanını gösteren körfez kıyı alanı kullanım haritası Şekil 1'de gösterilmiştir. İzmit Körfezi kıyı şeridi 129,7 km.lik uzunluğuyla

doğal ortamı, beşeri yapısı, yoğun sanayi faaliyetleri, çevresel faktörler ve ulusal ulaşım ağı içindeki yolları gibi çok sayıda etkenden oluşan kıyı alanı kullanımlarına ve baskısına maruz kalan bir bölgedir. Bölgedeki mevcut kıyı kullanım durumu ve kıyı alanına etkisi, sürdürülebilir bir kıyı alanı kullanım planlamasının yapılması gerektiğini göstermektedir. Araştırma alanının kıyı jeomorfolojisi birimlerinde deltalar, falezler, lagünler, plajlar, kıyı okları, denizel taraçalar, vadiler ve kıyı kumulları bulunmaktadır (Uzun ve Garipağaoğlu, 2014).

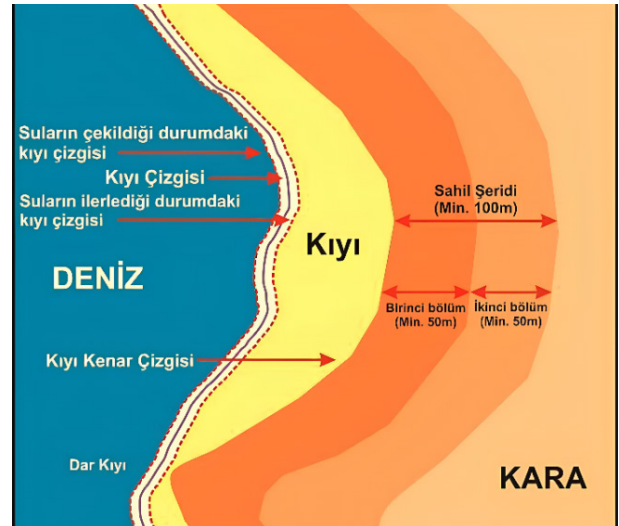


Şekil 1. İzmit Körfezi Kıyı Alanı Kullanım Haritası (Garipağaoğlu, Uzun 2015).

## Kıyı kavramı

Kıyı, yalnızca tek bir çizgiden oluşan çizgisel bir nesne değildir; kıyının hem deniz yönünde hem de kara tarafında etkileşim içinde olduğu alanlar bulunmaktadır. Kıyı kenar çizgisinin değişim nedenleri ve doğal ortam üzerine yaptığı etkileri incelemeye önce kıyı çizgisi ve diğer unsurlarının hukuksal ve teknik tanımlarını yapmak yararlı olacaktır. 3621/3830 sayılı Kıyı Kanunu'na göre kıyı, kıyı çizgisi ve kıyı kenar çizgisi arasındaki bölgedir ve temelde su ile karanın birleştiği yerdir. Kıyı çizgisi, suyun karaya temas ettiği yerlerin birbirine bağlandığı doğrusal yapıdır. Doğal süreçlerin etkisiyle, kıyı çizgisi su seviyesinin dalgalanması, gelgitler, akıntılar ve erozyon gibi faktörlerle sürekli olarak değişebilir. Kıyı kenar çizgisi, doğal ve yapay göletler, denizler ve akarsulardaki su hareketlerinin etkisiyle oluşan kumluklar, çakıllıklar, kayalıklar, taşlık alanlar, sazlıklar, bataklıklar vb. gibi yerler, kıyı çizgisinden sonra kara yönünde suya doğal bir sınır oluştururlar (Şekil 2). Sahil şeridi ise kıyı kenar çizgisinden itibaren en az 100 metre içeriye doğru uzanan kara alanını ifade eder. Kıyı konumu bilgisi, kıyı

sorunlarının üstesinden gelmek ve arazi alanı ve kıyı şeridinin çevresi gibi kara ve su kaynaklarını ölçmek ve tanımlamak için gereklidir.



Şekil 2. Kıyı Kanunu Krokisi (Özçelik,2017).

## Materyal ve Yöntem

İstatistiksel araçlar ve jeo-uzamsal teknikler, gelecekteki eğilimlerin tahmin edilmesine ve kıyı şeridi değişimi dinamiklerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. ArcGIS yazılımı DSAS aracının, kıyı şeridi değişikliklerinin ayrıntılı analizi ve tahmini için özellikle yararlı olduğu bilinmektedir (Din Hashmi ve Ahmad, 2018) ve bu çalışmada tercih edilmiştir. Uzaktan algılama verileri, kıyı ve deniz alanlarının yönetimi ve planlamasında vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir (Uckac, 1998; Yasir vd., 2024). Bu görevi yerine getirmek, özellikle geniş bir alanda geleneksel yer ölçümü yöntemleri kullanıldığında zorlu, zaman alıcı ve zaman zaman da olanaksız olabilir (Cracknell, 1999; Li ve Michiel, 2010; Kuleli vd., 2011). Uzaktan algılama verileri önemli değişim ön tahminleri sağlamaktadır. Aynı zamanda, uydu verilerinden elde edilen haritalar, kıyı şeridinde yıllar içinde

meydana gelen değişiklikleri yansıtmak için çok önemli bir kaynaktır (Kevin ve El Asmar, 1999; Ghaderi ve Rahbani, 2020, Shaghude vd., 2003). Bu çalışmada, 2006 ile 2023 yılları arasında 17 yıllık bir dönemi kapsayan Earth Explorer web sayfasından elde edilen Landsat uydu görüntüsü ile Copernicus EU web sayfasından elde edilen 3 (üç) adet Sentinel-2A uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bulutluluk oranları % 20'yi aşmayacak şekilde sınırlandırılmış görüntüler seçilmiştir. 2006 yılına ait Sentinel uydu görüntüsü bulunmadığından, 2006 yılındaki uydu görüntüsü Landsat olarak tercih edilmiştir. Farklı yıllara ait uydu görüntülerinin belirlenmesi sırasında, mevsimsel farklılıkların kıyıdaki etkilerini en aza indirebilmek için birbirine yakın tarihlerin seçilmesine dikkat edilmiştir. Seçilen uydu görüntülerine ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma kapsamında kıyı değişimi doğruluk analizi yapılması için ortofoto görüntüleri kullanılmıştır. Bu ortofoto görüntülerine ait bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo I: Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntülerine Ait Bilgiler.**

Görüntü Tarihleri	Uydu Görüntüleri	Sensör	Datum	Projeksiyon	Çözünürlük (m)	Bulutluluk (%)
05/08/2006	Landsat-5	TM	WGS84	UTM ZONE 36 N	30	5
29/06/2017	Sentinel-2A	MSI	WGS84	UTM ZONE 36 N	20	0.17
28/07/2021	Sentinel-2A	MSI	WGS84	UTM ZONE 36 N	20	0.34
23/07/2023	Sentinel-2A	MSI	WGS84	UTM ZONE 36 N	20	10

**Tablo II: Çalışmada Kullanılan Ortofotolara Ait Bilgiler**

Ortofoto Yıllar	Datum	Projeksiyon	Çözünürlük (cm)
2006	WGS84	UTM ZONE 36 N	30
2017	WGS84	UTM ZONE 36 N	30
2021	Turkish National Reference Frame	TUREF TM 30	30

Çalışmanın temel amacı, Körfez kıyı adalarında meydana gelen çeşitli kıyı değişikliklerinin türlerini ve kapsamlarını kapsamlı bir şekilde karakterize etmek için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi tekniklerini kullanmak ve

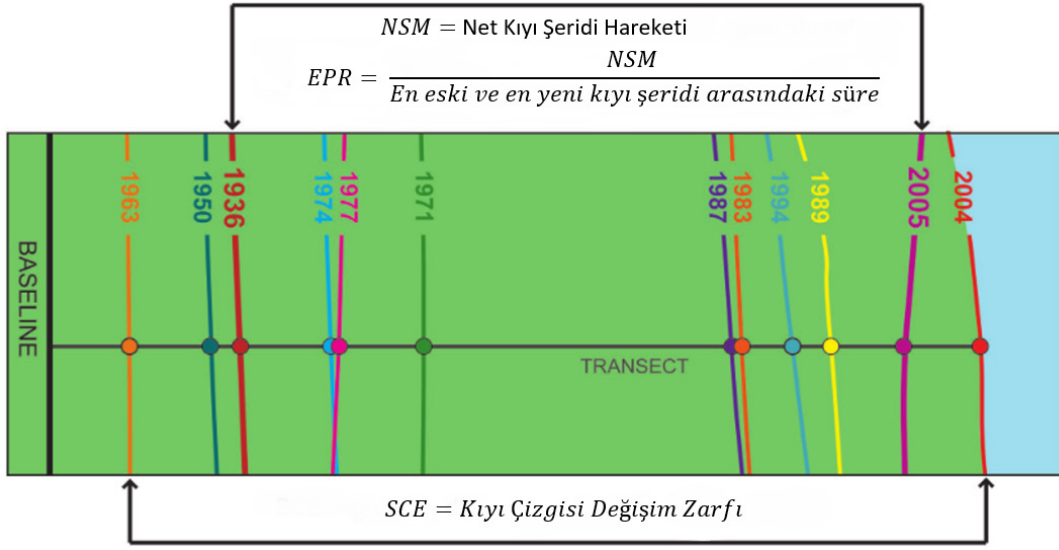
aşınma ve birikim dahil olmak üzere kıyı dinamiklerindeki değişiklikleri 2006- 2023 yılları arasındaki süre boyunca analiz etmektir. Şekil 3' de çalışmada kullanılan genel iş akış diyagramı görülmektedir.



**Şekil 3. Metodolojiyi Açıklayan Akış Şeması.**

Kıyı çizgisi değişim oranlarını hesaplamak için kullanılan her yöntem, kıyı çizgisi konumları arasındaki farkları temel alır. Raporlanan oranlar, kesitler boyunca ölçülen yıllık değişimin metre cinsinden ifade edilmesiyle belirlenir. Kıyı değişim istatistiklerinin görsel bir açıklaması/ tanımı Şekil 4'de gösterilmiştir. Kıyı çizgisi değişim zarfı (SCE), bir orandan ziyade belirli bir kesit ile kesişen tüm kıyı çizgileri arasındaki en büyük mesafeyi ifade eder. Net Kıyı Şeridi Hareketi (NSM) her bir kesit için en yaşlı ve en genç kıyı

çizgisi arasındaki mesafedir. Son nokta oranı (EPR) kıyı çizgisi hareket mesafesi, en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki zaman aralığına bölünerek hesaplanır. Doğrusal Regresyon Oranı (LRR) bir doğrusal regresyon değişim oranı istatistiği olup, bir kesit için tüm kıyı çizgisi noktalarına en küçük kareler regresyon doğrusu uydurularak belirlenir. Ağırlıklı doğrusal regresyonda, en uygun doğrunun belirlenmesinde daha güvenilir verilere daha fazla önem veya ağırlık verilir.



Şekil 4. Kıyı Değişim İstatistikleri SCE, NSM ve EPR'nin Gösterimi [1].

Uydu görüntüleri üzerinden eski-yeni kıyı çizgisi ortaya konabilmesi için tematik sınıfların belirlenmesi amacıyla band oranlama yöntemi ile görüntüler elde edilmiştir. Normalleştirilmiş fark su indeksi (NDWI), uzaktan algılama görüntülerinde yeşil (green) bant ve yakın kızıl ötesi (NIR) bantları kullanarak açık su yüzeylerinin tespitinde kullanılır.

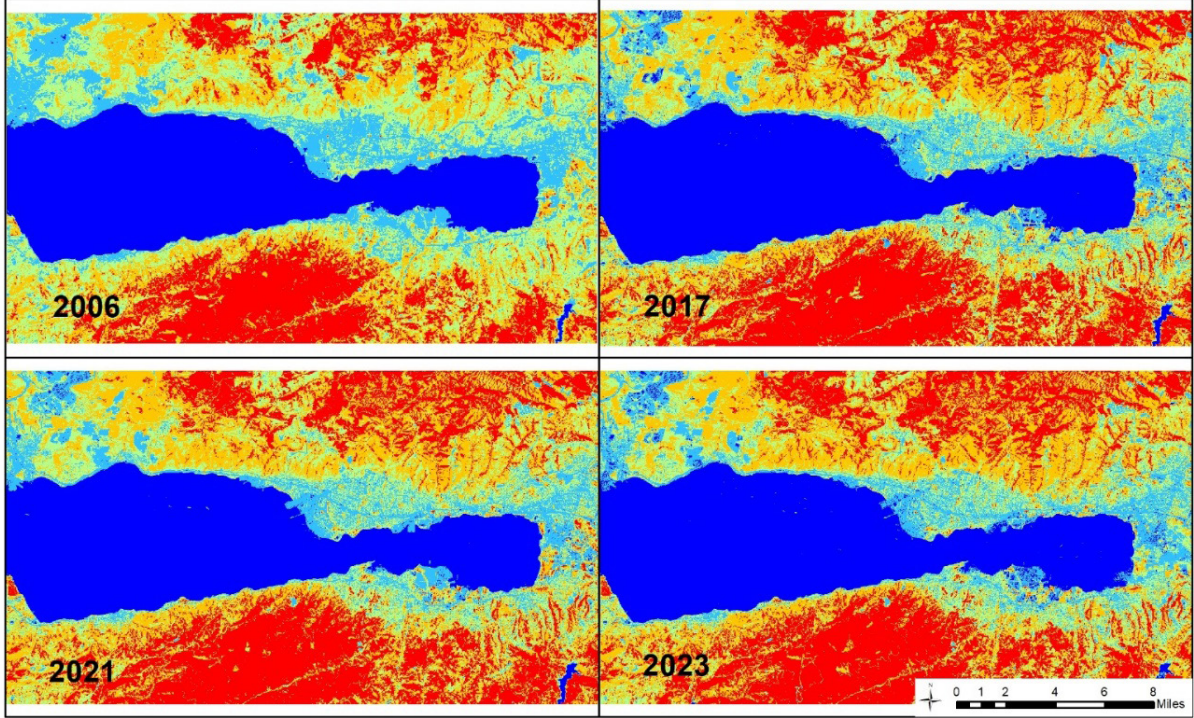
$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

NDWI'nin oluşturulma aşamasındaki yakın kızılötesi (NIR) bantının yerine kısa dalga kızılötesi bantla (SWIR) su çıkarımını iyileştirmek, yerleşik arazinin ve toprağın etkisini azaltmak amacıyla, modifiye edilmiş NDWI (MNDWI) kullanılmaktadır.

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$$

## Uygulama

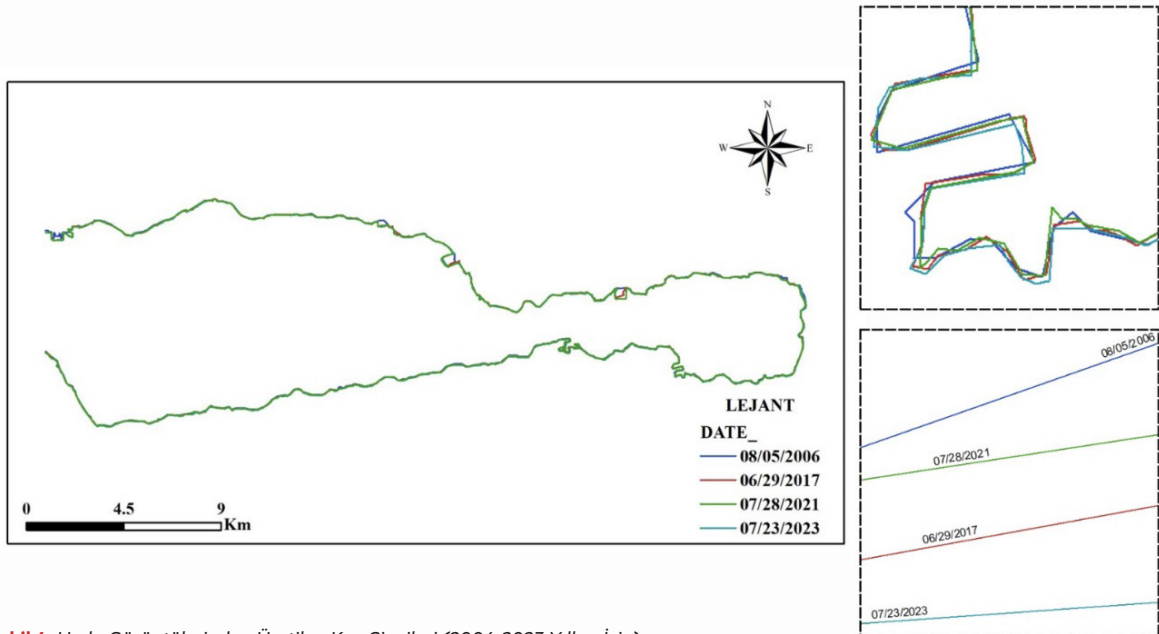
Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi'nin (NDWI) geliştirilmesinde amaç Landsat görüntülerindeki su özelliklerini ayırt etmektir. Ancak, NDWI genellikle yapılaşmış arazilerden kaynaklanan yanlış pozitifleri içermektedir. Bu sorunu ele almak için, orta kızılötesi (MIR) bantı yerine yakın kızılötesi (NIR) bantı ikame eden Değiştirilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) uygulanmıştır. MNDWI, yüzey toprağının çıkarılmasıyla elde edilen hem topraktan hem de bitki örtüsünden kaynaklanan yanlışlıkları bastırırken yüzey suyunu izole etmede mükemmeldir (Pandey vd., 2023). Bu çalışmadaki MNDWI analizinde; Landsat-5 TM uydu görüntüleri için Bant2 ve Bant7, Sentinel-2A uydu görüntüleri için ise Bant3 ve Bant12 kullanılarak işlem yapılmıştır. Farklı yıllara ait uydu görüntülerine uygulanmış NDWI analiz görüntüleri Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. NDWI Görüntüleri (2006-2023 Yılları İçin).

MNDWI analiz sonuçlarına 3 sınıf belirlenerek kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır. Sınıflandırma yapılan görüntü üzerinden Körfez alanının ayırt edilebilmesi için rasterdan vektöre (alan) dönüştürme

işlemi yapılmıştır. Daha sonra alandan çizgiye dönüştürme aracı kullanılarak İzmit Körfez kıyı çizgileri üretilmiştir. Her yıl için bu adımlar tekrarlanmıştır. Üretilen kıyı çizgileri detaylı şekilde Şekil 6'da gösterilmiştir.

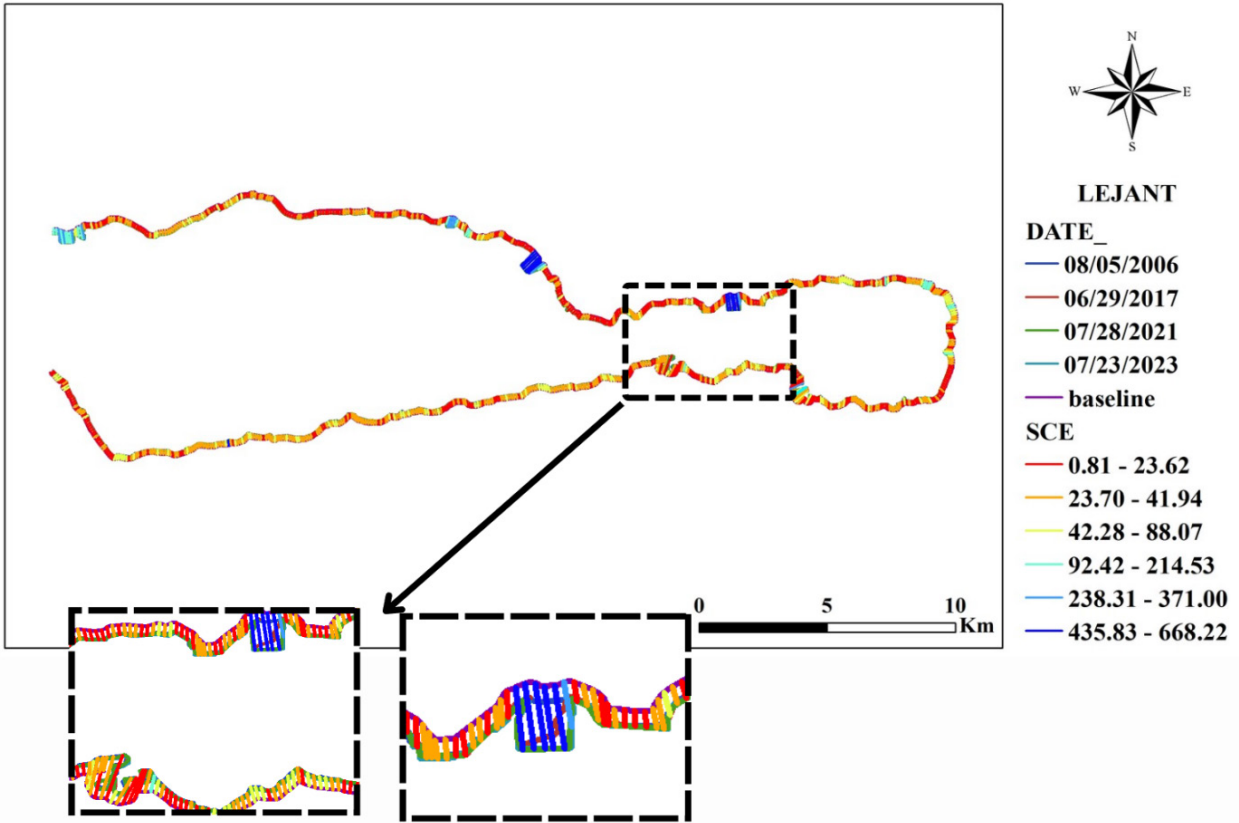


Şekil 6. Uydü Görüntülerinden Üretilen Kıyı Çizgileri (2006-2023 Yılları İçin).

Analiz sonucunda İzmit Körfezi'nin kıyı çizgilerinde farklı konumlarda dikkat çeken değişimler yaşanmıştır. Kıyı çizgisinin uzunluğunun değişmesinde ise kıyıda mekânsal ve zamansal olarak meydana gelen değişimler sebep olmuştur. 2006 yılında kıyı uzunluğu 98.4 km iken, 2017'de 101.3 km, 2021'de 100.9 km, 2023'te 101.3 km olarak hesaplanmıştır. Kıyı çizgisi uzunluğunun 2006 yılından 2023 yılına kadar 2.9 km artmasının nedenlerini, kıyı deprem sebebiyle değişimlerin yaşanması ve liman, tersane gibi unsurların kıyıyı yeniden şekillendirmesi oluşturmaktadır.

Oluşturulan kıyı çizgileri ve kıyı çizgilerine paralel, kıyı yönünde yaklaşık 150 m mesafede tampon bölge oluşturularak temel çizgi katmanı oluşturulmuştur. Yaklaşık 88 km

uzunluğundaki temel çizgi üzerinde 100 m aralıklarla toplam 883 kesit üretilmiştir. Baseline katmanının kıyıda seçilmesi sebebiyle DSAS aracında onshore (karada) seçeneği seçilmiştir. Ayrıca DSAS aracına diğer gerekli parametrelerin tanımlanmasıyla denizden-karaya ve karadan-denize doğru değişim durumları SCE, NSM, EPR, LRR ve WLR değişim istatistiksel ölçütleri ile % 95 güven aralığında analiz edilmiştir. 2006-2023 yılları arasında İzmit Körfez kıyı değişiminin % 53.8'ini kıyı aşınımı, % 46.2'sini kıyı birikimi oluşturmaktadır. Kuzey kıyılarda bulunan kıyı şeridinde antropojenik düzenlemeler ile kıyı dolgu alanları oluşturulmuştur. Bu sebeple İzmit kuzey kıyılarında kıyı birikimi, güney kıyılarındaki ise kıyı aşınımı görülmektedir.

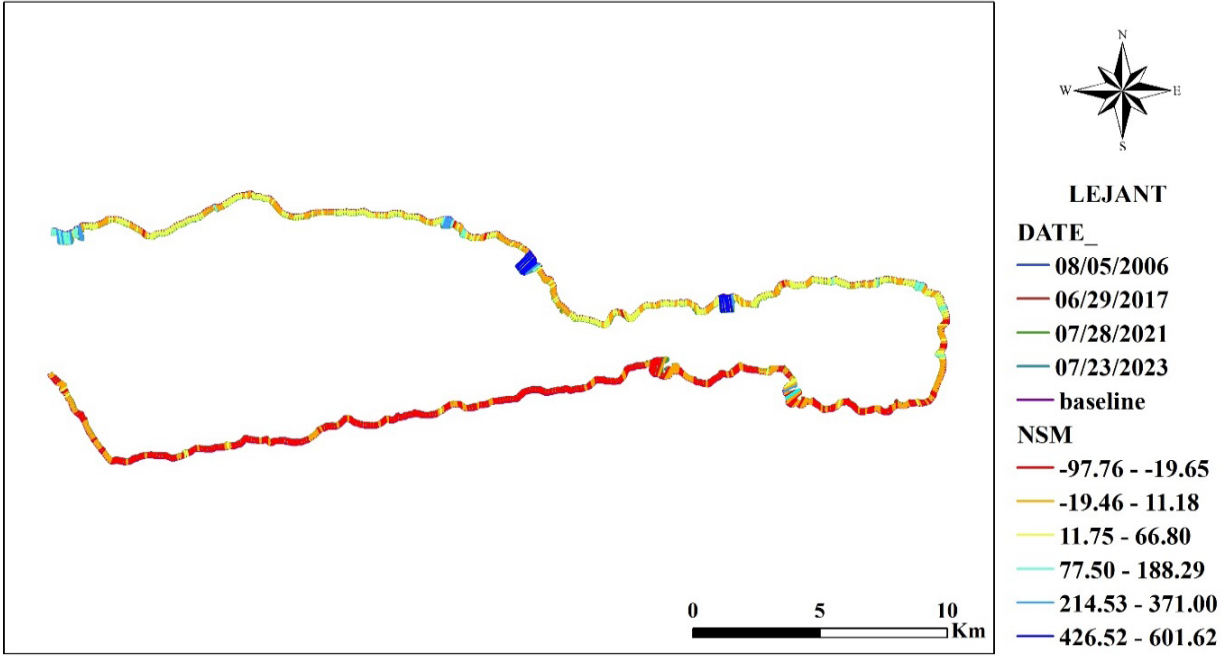


Şekil 7. İzmit Körfezi SCE İstatistiği Analizi.

Kesitler arasında en fazla değişimin olduğu mesafeyi temsil eden analiz parametresi SCE (Kıyı çizgisi değişim zarfı)'dir. SCE negatif değer içermez, daima pozitifdir. 2006-2023 yılları arası minimum değişim mesafesi 0.81 m iken maksimum değişim mesafesi 668.22 m olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucunu içeren metrik değer sonuçları Şekil 7'de gösterilmiştir. En yaşlı kesit ile en genç kesit arası mesafe

analizi NSM (Net Kıyı Şeridi Hareketi) analizi olup bu çalışmada 2006 ile 2023 yılları arası gerçekleşen total değişimi ifade etmektedir. Analiz sonucu yıl bazında görsel olarak Şekil 8'de ve kesit bazında hesaplanan değerleri Şekil 9'da gösterilmiştir. İzmit Körfez kıyılarında maksimum 97.76 m erozyon, 601.62 m birikim görülmektedir.





Şekil 8. İzmit Körfezi'nin NSM İstatistiği Analizi.

EPR, NSM'nin en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki zaman aralığına bölünerek hesaplanır. Bu analiz sonucunda minimum değeri -5.76 m/yıl iken maksimum değer 35.46

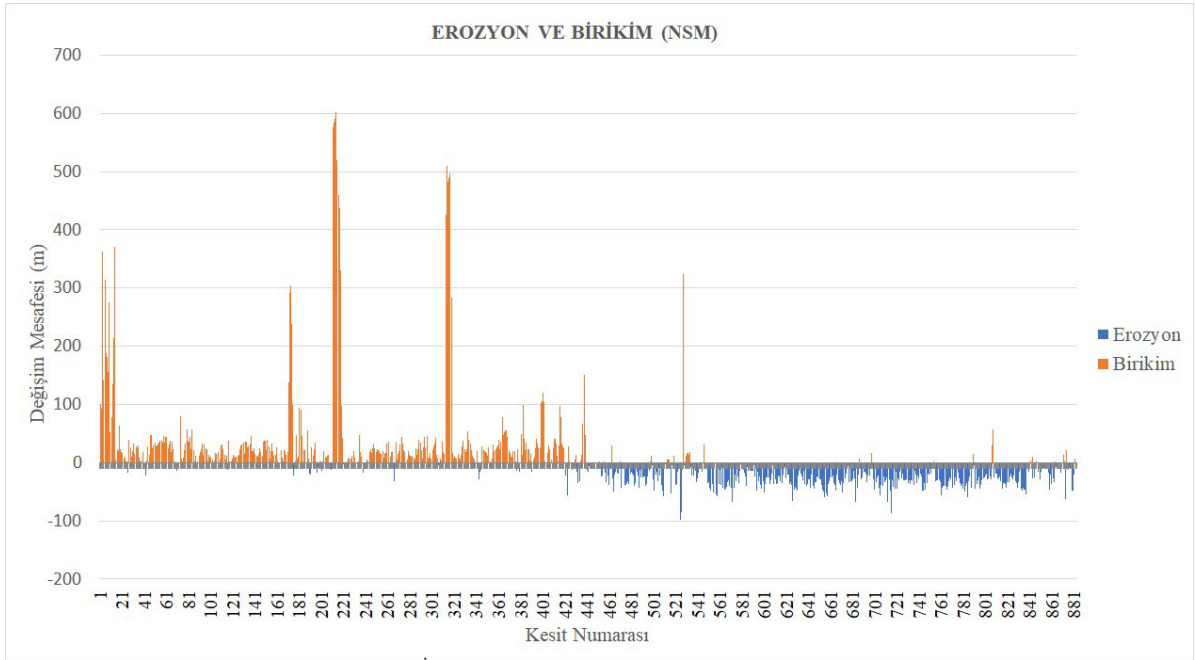
m/yıl olarak hesaplanmıştır. Yani bölgede yılda yaklaşık 6 m erozyon, 36 m toprak birikimi görülmektedir (Tablo 3).

**Tablo III: 2006 - 2023 Yılları Arasındaki Kıyı Değişimi Analiz Sonuçları (metre).**

Parametreler	Karadan-Denize Doğru Değişim			Denizden-Karaya Doğru Değişim		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
<b>SCE</b>	0.81	668.22	44.61	0.81	668.22	37.58
<b>NSM</b>	-97.76	601.62	8.38	-107.04	601.62	4.05
<b>EPR</b>	-5.76	35.46	0.49	-6.31	35.46	0.24
<b>LRR</b>	-5.16	39.1	0.65	-7.35	39.1	0.37
<b>WLR</b>	-5.16	39.1	0.65	-7.35	39.1	0.37

İzmit ilçesinin Fuar alanını içeren Karabaş Mahallesi kıyısında yer yer birikim ve erozyon görülmektedir. Bu alanda maksimum birikim değeri 120.43 m, maksimum erozyon (aşınım) değeri ise 15.36 m olarak tespit edilmiştir. Sekapark kısmında da erozyon görülmektedir. Bu bölgede görülen erozyonun başlıca sebebi 2005 yılında kapatılan SEKA Kağıt Fabrikası'dır. Sahanın yeniden değerlendirilmesi amacıyla alanda çevresel ve toplumsal yararlar sağlayacak yeni rekreasyon alanları, konutlar, restoranlar ve diğer ticari işletmelerin kurulması sahada insan faaliyetini arttırmıştır. Yine İzmit ilçesinin

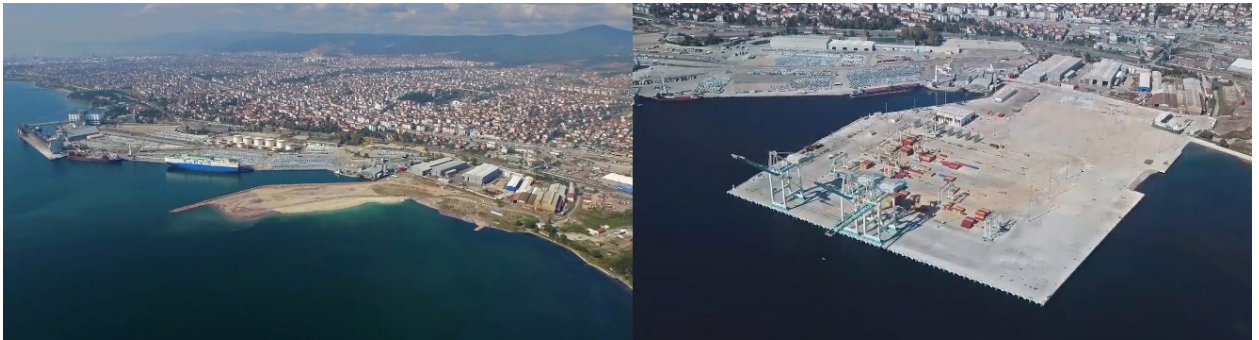
Cumhuriyet Mahallesinde bulunan Demokrasi Parkı kıyısında birikim görülmüştür. Bu alanlarda birikim görülmesinin başlıca sebebi bitki örtüsü ve kıyı bitkileridir. Kumul alanlarında bulunan kıyı bitkileri, toprak ve diğer sedimanların stabilizasyonunda kritik bir rol oynar. Bu tür bitkilerin gelişmiş kök sistemleri, kumları sıkıca tutarak onların yerinden oynamasını engeller. Bu durum, kıyı erozyonunun önlenmesine ve sedimanların kıyıda birikmesine olanak tanır. Bitkiler bu şekilde, kıyı şeridinin korunmasına ve erozyonla mücadelede doğal bir destek sağlar.



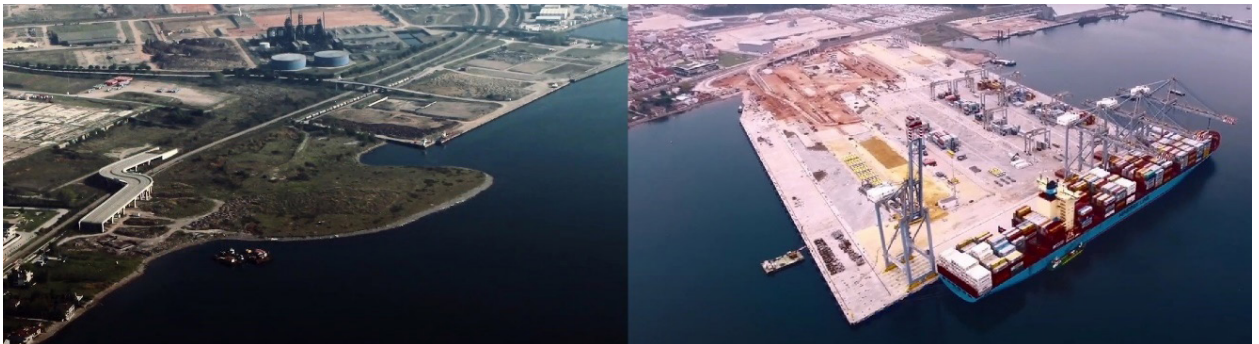
Şekil 9. Uydu Görüntülerinden Elde Edilen NSM İstatistiği Grafiği.

Kiraz Dere deltasının yakınında 34.62 m erozyon görülmektedir. Dalga aksiyonu, gelgit hareketleri ve kıyı akıntıları gibi doğal süreçler, kıyı şeridinin şeklini değiştirir ve bazen aşırı erozyona neden olabilir. Bu süreçler, delta alanının sürekli olarak yeniden şekillendirilmesine yol açar. Derince'de

ve Körfez'de bulunan limanlar sebebiyle denizin doldurulması ile kara alanında artış görülmüştür (Şekil 10, Şekil 11). Derince'de 481.75 m, Körfez'de ise 601.62 m artış olduğundan kıyı değişime uğramıştır. Ayrıca Körfez bölgesinde bulunan fabrikalarda kıyı değişimine sebep olmuştur.



Şekil 10. Derince Limanı Öncesi ve Sonrası.



Şekil 11. Körfez Limanı Öncesi ve Sonrası.

Dilovası'nda kıyıda insan faaliyetlerinin artması ve kıyıya yakın bulunan taşıt yolu düzenlemeleri kıyıda birikimi arttırmıştır. Dilovası ilçesine bağlı Fatih mahallesinde birikimin 350-370 m arası değişim gösterdiği alanda ise liman bulunmaktadır. Karamürsel, Gölcük ve Başiskele ilçelerinde gerçekleştirilen kıyı yapılandırılmaları, liman yapımları ve diğer insan kaynaklı aktiviteler, doğal sediment akışını etkilemiştir. Bu tür yapıların varlığı, dalga akışlarını ve su akıntılarının yönlerini değiştirerek, belirli bölgelerde erozyonun şiddetlenmesine neden olmuştur.



Şekil 12. Ortofotodan Üretilen Kıyı Çizgileri.

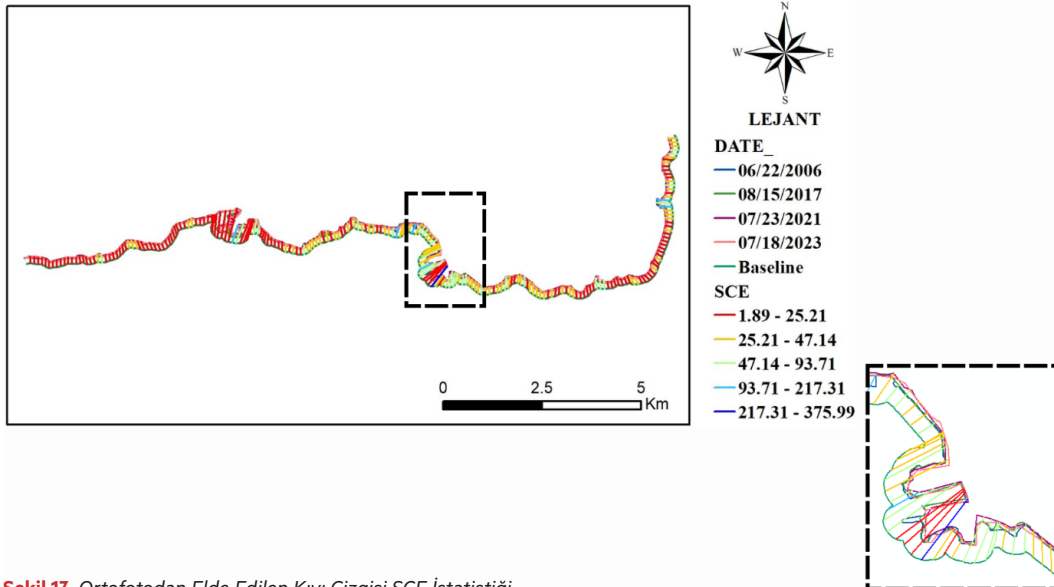
## Kıyı Çizgilerinin Ortofoto Görüntüleri ile Doğruluk Değerlendirmesi

Bu çalışmada ortofoto görüntülerinden, İzmit Sanayi Bölgesi'nden başlayarak Gölcük'e kadar olan güney kıyıları için kıyı çizgisi üretilmiştir (Şekil 12). Uydu görüntülerinden elde edilen kıyı çizgileri, ortofotodan elde edilen kıyı çizgileri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Ortofotoda referans alınan bölgenin kıyı çizgi uzunluğu 2006 yılında 28.9 km, 2017 yılında 28.4 km, 2021 yılında 28.2 km, 2023 yılında 28.1 km olduğu görülüp, 2006-2023 yılları arasında kıyı çizgisi uzunluğunun 0.8 km azaldığı tespit edilmiştir. Kıyı çizgisi uzunluğunda tespit edilen değişimin, özellikle alçak kıyı özelliğindeki kesimlerde dalga ve gelgit olayının zamansal olarak yol açtığı kıyı aşınımı ve kıyı biriktirme etkinliklerinin dinamik süreç olarak devamlılığını korumasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



SCE analizine göre referans alınan bölgede minimum 1.89 m, maksimum 375.99 m mesafe ölçümü bulunmaktadır. SCE

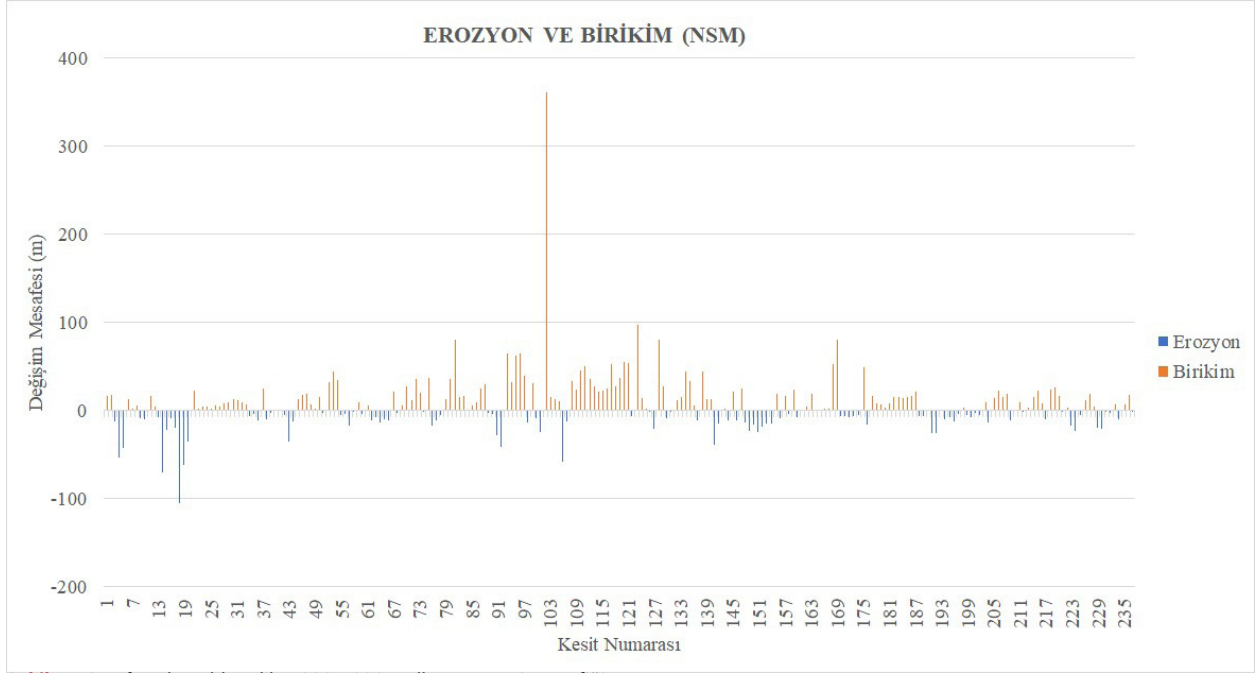
en fazla değişimin olduğu yılları referans olarak hesaplanmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Ortofotodan Elde Edilen Kıyı Çizgisi SCE İstatistiği.

NSM parametresi hesabı sonucunda bölgede en fazla 105.35 m erozyon, 360.18 m ise birikim bulunmaktadır (Şekil 14). Lineer regresyon analizi, bir bağımlı değişkenin zaman, coğrafi konum veya diğer bağımsız değişkenlerle nasıl ilişkilendirildiğini görmek için kullanılan istatistiksel bir yöntem

olup en küçük kareler regresyon fonksiyonu uydurularak LRR istatistiği belirlenmiştir. Bu analize göre maksimum değer 21.76 m/yıl iken minimum değer -6.06 m/yıl değerleri elde edilmiştir.



Şekil 14. Ortofotodan Elde Edilen 2006-2023 Yılları Arası NSM grafiği.

Çalışmada ortofoto görüntüleri referans alınarak uydu görüntülerinin doğruluğu analiz edilmiştir. Ortofoto görüntüleri yüksek çözünürlüklü görüntüler olduğu için doğruluğu uydu görüntülerine göre daha yüksektir. Tablo 4'te elde edilen bulgular göz önüne alındığında uydu görüntüleri ile ortofoto görüntüleri arasında metrik farklar olduğu görülmüştür. Bu farklar, çözünürlükler ele alındığında kabul edilebilir sınırlar içindedir. Uydu görüntülerinden üretilen sonuçlara göre bölgede %41.4 kıyı aşınımı, %58.6 kıyı birikimi elde edilmişken bu oranlar ortofotoda %39.2 ile %60.8 şeklinde değişiklik göstermiştir. Uydu görüntüleri ve ortofoto görüntüleri; çekim açıları, çözünürlük, geometrik doğruluk ve

güncellik gibi faktörler açısından birbirlerinden ayrılmaktadır. Uydu görüntüleri yörüngeden geniş alanları görüntüleyebilir ve genellikle perspektif kaynaklı bozulmalara sahiptir; ancak, düzenli olarak geniş alanları tarayabilirler. Öte yandan, ortofoto görüntüleri daha düşük yükseklikten alınır, daha yüksek çözünürlüklü ve detaylı görüntüler sunar. Dijital düzeltmelerle geometrik olarak daha doğru ve hassas hale getirilir. Bu nedenle ortofotodan üretilen kıyı değişim analiz sonuçları daha doğru ve güvenilirdir. Her iki tür görüntü de coğrafi bilgi sistemleri ve çevresel takip gibi alanlarda farklı amaçlarla kullanılmakta olup, tercihler özel ihtiyaçlara göre değişiklik gösterebilir.

Tablo IV: Karşılaştırma Sonucu Kıyı Değişimi Analiz Sonuçları (metre).

Parametreler	Uydu Görüntüleri ile üretilen			Ortofoto ile üretilen		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
SCE	2.96	343.33	32.18	1.89	375.99	32.58
NSM	-97.76	323.45	-19.25	-105.35	360.18	7.11
EPR	-5.76	19.07	-1.13	-6.17	21.10	0.42
LRR	-4.67	20.63	-0.85	-6.06	21.76	0.68
WLR	-4.67	20.63	-0.85	-6.06	21.76	0.68

## Sonuçlar

Kıyı çizgisindeki değişimlerin sürekli olarak gözlemlenmesi ve analiz edilmesi, pek çok kıyısız sorunun çözümünde kritik bir öneme sahiptir; bu nedenle bu tür çalışmalar zorunludur. Dolayısıyla, kıyı bölgelerinde potansiyel olarak ortaya çıkabilecek zararların önlenmesi veya minimuma indirilmesi için, kıyı çizgisi değişiklikleri üzerine yapılan çalışmaların yoğunlaştırılması ve bu değişikliklerin düzenli aralıklarla izlenmesi şarttır. Bu çalışmada CBS ve uzaktan algılama yöntemleri ile İzmit Körfezi kıyı çizgisi değişimini zamansal ve mekansal olarak analiz etmek üzere 05/08/2006-23/07/2023 tarihleri arasındaki Landsat-5 ve Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanılarak kıyı çizgileri çıkarılmıştır. İzmit Körfezi kıyılarında belirlenen tarih süreci içinde kıyı çizgisi uzunluğundaki değişimler ile birikim ve aşınım sahaları tespit edilmiştir. Su kütlelerinin tespitinde etkin bir yöntem olan NDWI görüntüsüne sınıflandırma yapılarak bu görüntülerden farklı yıllar için kıyı çizgileri üretilmiştir. Daha sonra üretilen kıyı çizgileri kullanılarak SCE, NSM, EPR, LRR, WLR kıyı değişim istatistikleri ile İzmit Körfezi'nin kıyı değişim analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ortofoto görüntüleri yüksek çözünürlüklü görüntüler olduğu ve metrik olarak daha doğru olması nedeniyle referans kabul edilerek uydu görüntülerinin doğruluğu da test edilmiştir.

Tarih boyunca süregelen kıyı çizgisi değişiklikleri, jeomorfolojik olaylar, depremler ve tektonik aktiviteler gibi fiziksel faktörlerin etkisinde kalmıştır. Son zamanlarda ise, artan insan faaliyetleri ve kıyı kullanımının yoğunlaşması, bu değişim sürecinde insan kaynaklı etkenlerin de önemli bir rol üstlenmeye başladığını göstermektedir. Yapılan çeşitli analizler belirlenen değişim alanlarının büyük oranda (%90 ve daha fazla) insan kaynaklı etkiler nedeniyle oluştuğunu, az miktarda (%2 - %5) bir oranın doğal koşullar sebebiyle meydana geldiğini göstermiştir. İnsan kaynaklı kıyı değişimlerine İzmit, Körfez, Gölcük, Dilovası ve Altınova kıyılarında rastlanabilmektedir. Kıyı çizgisindeki bu değişimler, çözüm bulunmadığı takdirde kronik sorunlara yol açabilecek potansiyele sahiptir. Sürdürülebilir kıyı yönetimi amacıyla, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama tekniklerinin etkin kullanımı, bu sorunlara müdahalede hızlı ve etkili çözümler sunabilir. Bu çalışmanın güncel digital veriler ve çeşitli ek kaynaklar ile genişletilmesi halinde, gelecekte kıyı bölgelerindeki yönetimlere kıyı değişimlerini daha iyi planlama ve yönetme konusunda katkılar sağlayacağı açıktır.

## Kaynakça

- Adebola, A. O., Ojoye, S., and Ibitoye, M. O. (2017). Geospatial Analysis of Coastal Land Use/Land cover Pattern and Shoreline Changes in Akwa-Ibom State, Nigeria.
- Alharbi, O.A., Michael, R.P., Allan, T.W., Tony, T., Mohammed, H., Jihad, K., Abdoul Jelil, N., El Sayed, H. (2017). Temporal Shoreline Change and Infrastructure Influences along the Southern Red Sea Coast of Saudi Arabia. Arab. J. Geosci., 10, 360-364.
- Anthony, E. J., Vanhee, S., and Ruz, M. H. (2006). Short-Term Beachdune Sand Budgets on the North Sea Coast of France: Sand Supply from Shoreface to Dunes and the Role of Wind and Fetch, *Geomorphology*, vol. 81, nos. 34, pp. 316329, doi: 10.1016/j.geomorph.2006.04.022.
- Aouiche, I., Daoudi, L., Anthony, E.J., Sedrati, M., Ziane, E., Harti, A., Dussouillez, P. (2016). Anthropogenic Effects on Shoreface and Shoreline Changes: Input From a Multi-Method Analysis, Agadir Bay, Morocco. *Geomorphology* 254, 16-31.
- Baig, M.R.I., Ahmad, I.A., Shahfahad, Tayyab, M., and Rahman, A. (2020). Analysis of Shoreline Changes in Vishakhapatnam Coastal Tract of Andhra Pradesh, India: An Application of Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Ann. GIS* 26, 361-376. doi: 10.1080/19475683.2020.1815839.
- Balopoulos, E. T., Collins, M. B., and James, A. E. (1986). Satellite Images and Their Use in the Numerical Modelling of Coastal Processes, *Int. J. Remote Sens.*, vol. 7, no. 7, pp. 905919.
- Boutiba M., and Bouakline, S. (2011). Monitoring Shoreline Changes Using Digital Aerial Photographs, Quick-Bird Image and DGPS Topographic Survey: Case of the East Coast of Algiers, Algeria, *Eur. J. Sci. Res.*, vol. 48, no. 3, pp. 361369.
- Cai, F., Su, X., Liu, J., Li, B., and Lei, G., (2009). Coastal Erosion in China under the Condition of Global Climate Change and Measures for its Prevention, *Prog. Natural Sci.*, vol. 19, no. 4, pp. 415426, doi:10.1016/j.pnsc.2008.05.034.
- Cameld, F. E., and Morang, A. (1996). Denying and Interpreting Shoreline Change, *Ocean Coastal Manage.*, vol. 32, no. 3, pp. 129151.
- Carter, R.W.G. and Woodroffe, C.D. Eds., (1994). *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics: A Contribution to IGCP Project 274: Coastal Evolution in the Quaternary*. Cambridge, U.K., Cambridge Univ. Press.
- Chen, L.C., Rau, J.Y. (1998). Detection of Shoreline Changes for Tideland Areas Using Multi-Temporal Satellite Images. *Int. J. Rem. Sen.* 19, 3383-3399.
- Chu, Z. X., Sun, X. G., Zhai, S. K., and Xu, K. H. (2006). Changing Pattern of Accretion/Erosion of the Modern Yellow River (Huanghe) Subaerial Delta, China: Based on Remote Sensing Images, *Mar. Geol.*, vol. 227, nos. 12, pp. 1330.

- Ciritci, D. (2020). İzmit Körfezi Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Otomatik Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sivas: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri.
- Cracknell, A.P. (1999). Remote Sensing Techniques in Estuaries and Coastal Zones - An Update. *Int. J. Of Remote Sens.* 19, 485-496.
- Das, S.K., Sajjan, B., Ojha, C., Soren, S. (2021). Shoreline change behavior study of Jambudwip island of Indian Sundarban using DSAS model. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 2021, 24, 961-970.
- Emiljan, G., Altin, K. (2018). DSAS Application in Monitoring Shoreline. CASE STUDY: "Shkumbini River Mouth Divjaka Beach Coastline. In Proceedings of the 1st Western Balkan Conference (GIS-Mine Surveying-Geodesy-Geomatics), Tirana, Albania, 18-21.
- Garipağaoğlu N., Uzun, M. (2014). Kıyı Çizgisi Değişiminin Yaratacağı Riskler Açısından İzmit Körfezi Kıyıları'nın Değerlendirilmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 7 Sayı: 31 Volume: 7 Issue: 3.
- Garipağaoğlu N., Uzun, S. (2015). İzmit Körfezi Kıyılarında Kıyı Alanı Kullanımı, *Türk Coğrafya Dergisi* Sayı 63: 9-22, İstanbul.
- Ghaderi, D., and Rahbani, M. (2020). Detecting Shoreline Change Employing Remote Sensing Images (Case study: Beris Port-east of Chababar, Iran). *Int. J. Of Coastal Offshore And Environ. Eng.* 5, 1-8.
- Hashmi, S.G.M.D., Ahmad, S.R. (2018). GIS-Based Analysis and Modeling of Coastline Erosion and Accretion along the Coast of Sindh Pakistan. *J. Coast. Zone Manag.*
- Hinkel, J., Nicholls, R. J., Tol, R. S. J., Wang, Z. B Hamilton, J. M. Boot, G. Vafeidis, A. T. McFadden, L. Ganopolski, A. and Klein, R. J.T. (2013). A Global Analysis of Erosion of Sandy Beaches and Sea-Level Rise: An Application of DIVA," *Global Planet. Change*, vol. 111, pp. 150158, doi:10.1016/j.gloplacha.2013.09.002.
- Kanwal, S., Ding, X., Muhammad, S., Abbas, S. (2020). Three Decades of Coastal Changes in Sindh, Pakistan (1989-2018): A Geospatial Assessment. *Rem. Sen.* 2020, 12, 8.
- Kevin, W., and El Asmar, H. M. (1999). Monitoring Changing Position of Coastlines Using Thematic Mapper Imagery, an Example from the Nile Delta. *Geomorphology* 29, 93-105. doi: 10.1016/S0169-555X(99)00008-2.
- Kılar, H., ve Çiçek, İ. (2018), Gökusu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin DSAS Aracı ile Belirlenmesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 89-104.
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., and Dihkan, M. (2011). Automatic Detection of Shoreline Change on Coastal Ramsar Wetlands of Turkey. *Ocean Eng.* 38 (10), 1141-1149.
- Li, X., and Michiel, C.J. (2010). Damen Coastline Change Detection with Satellite Remote Sensing for Environmental Management of the Pearl River Estuary, China. *J. Mar. Syst.* 82, S54-S61.
- McCarthy, J., Canziani, O. F., Leary, N., Dokken, D. J., White, K. S. (2001). Impacts, Adaptation and Vulnerability in Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.
- Mulder, J.P.M., Hommes, S., and Horstman, E.M., Implementation of coastal erosion management in The Netherlands," *Ocean Coastal Manage.*, vol. 54, no. 12, pp. 888897, Dec. 2011.
- Özçelik, M. (2017). Kıyı Alanlarının Kullanılmasında Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi: Eğirdir Yerleşim Alanı Örneği. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5(3), 595 - 600.
- Pandey, A., Singh, K., and Sharma, A. (2023). Integrating NDWI, MNDWI, and Erosion Modeling to Analyze Wetland Changes and Impacts of Land Use Activities in Ropar Wetland (India).
- Pandian, P. K. Ramesh, S. Murthy, M. V. R. Ramachandran, S. and Thayumanavan, S., (2004). Shoreline Changes and Near Shore Processes along Ennore Coast, East Coast of South India," *J. Coast. Res. West Palm Beach*, vol. 20, pp. 828845, Jul. 2004, doi: 10.2112/1551-5036(2004)20[828:SCANSP]2.0.CO;2.
- Rangel-Buitrago, N.G., Anfuso, G. and Williams, A.T. (2015). Coastal erosion along the Caribbean Coast of Colombia: Magnitudes, Causes and Management, *Ocean Coastal Manage.*, vol. 114, pp. 129144.
- Saravanan, S., Parthasarathy, K.S.S., Kumaresan, P.R., Vishnu Prasath, S.R., Vasanth Kumar, T. (2015). Shoreline Change Detection for Chennai Coast Using Geospatial Techniques. In Proceedings of the HYDRO, International Conference Held at IIT, Roorkee, India, 17-19 December.
- Scott, D. B., (2005). Coastal Changes, Rapid BT. *Encyclopedia of Coastal Science*, M. L. Schwartz, Ed. Dordrecht, The Netherlands: Springer, pp. 253255.
- Shaghude, Y.W., Wannäs, K.O., and Lundén, B. (2003). Assessment of Shoreline Changes in the Western Side of Zanzibar Channel Using Satellite Remotesensing. *Int. J. Remote Sens.* 24, 4953-4967.
- Shibly M. and Takewaka, S., (2012). Morphological Changes along Bangladesh Coast Derived From Satellite Images, *Proc. Coastal Eng.*, vol. 3, pp. 4145.
- Uçkaç, Ş. (1998). Kıyı Alanlarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları 2. Ulusal Konferansı, 22-25 Eylül 1998, Ankara, Türkiye Kıyıları 98 Konferansı Bildiriler Kitabı, 557-564.
- Uzun, M. (2014). İzmit Körfezi Doğu Kıyısındaki Kıyı Alanı ve Kıyı Çizgisinde Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri İle İncelenmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 7 Sayı: 33 Volume: 7 Issue: 33.
- Uzun, M. (2021). İzmit Körfezi Kıyılarında İnsan Kaynaklı Jeomorfolojik Değişimler ve Süreçler / Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / *Journal of Geomorphological Researches*, (7), 61-8
- Uzun, S. M. (2023). Riva (İstanbul) Kıyılarında Doğal ve Antropojenik Etkenlerle Değişen Kıyı Çizgisinin DSAS Aracı ile Analizi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (11), 95-113.
- Wagner, T. W., Michalek, J. L., and Laurin, R. (1991). Remote Sensing Application in the Coastal Zone: A Case from the Dominican Republic, Univ. Center, Michigan, Consort. *Int. Earth Sci. Inf. Netw. Rep.*
- Yasir, M., Liu, S., Mingming, X., Wan, J., Pirasteh, S., and Dang, K. B. (2024). ShipGeoNet: SAR Image-Based Geometric Feature Extraction of Ships Using Convolutional Neural Networks. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*. doi: 10.1109/TGRS.2024.3352150.
- Zuzek, P., Nairn, R., and Thieme, S., (2003). Spatial and Temporal Consideration for Calculating Shoreline Change Rates in The Great Lakes Basin, *J. Coastal Res.*, vol. 38, pp. 125146.
- [URL 1]: <https://pubs.usgs.gov/of/2018/1179/ofr20181179.pdf>, 14 Mayıs 2024.