

İzmit Körfezi Doğu Kıyısındaki Doğal ve Antropojenik Kökenli Değişimlerin DSAS Aracı İle Analizi

Analysis of Natural and Anthropogenic Changes on the Eastern Coast of the Gulf of Izmit Using DSAS Tool

S. Murat Uzun^{1*} 

¹Marmara Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul/Türkiye.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

S. Murat Uzun
murat.uzun@marmara.edu.tr

doi: [10.48123/rsgis.1410923](https://doi.org/10.48123/rsgis.1410923)

Yayın süreci

Geliş tarihi: 27.12.2023
Kabul tarihi: 05.03.2024
Basım tarihi: 28.03.2024

Özet

Bu çalışmada, jeomorfolojik olarak çeşitlilik sunan, yoğun antropojenik baskının olduğu İzmit Körfezi doğu kıyılarındaki 1975-2023 arası kıyı değişimleri DSAS aracı ile incelenmiştir. Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri etkin şekilde kullanılmıştır. Araştırmada 1975-2020 arası 5'er yıllık arayla ve 2023 yılına ait Landsat uydu görüntüleri üzerinden NDWI ve MNDWI analizleri ile kıyı çizgileri belirlenmiştir. Daha sonra kıyı çizgileri DSAS aracındaki NSM, SCE, EPR ve LRR analizlerine tabi tutulmuş, kıyı çizgisi değişiminin zamansal açıdan mekânsal ve kantitatif verileri saptanmıştır. Çalışmada, NSM analizine göre ortalama 4,53 m, maksimum 510,6 m ve minimum -833,6 m'lik kıyı çizgisi değişimleri saptanmıştır. LRR istatistiğine göre İzmit Körfezi doğu kıyılarında yıllık 0,3 m, maksimum 13,1 m, minimum -20,8 m'lik değişimler hesaplanmıştır. Geniş alanlı kıyı değişimleri, Çuhane Deresi deltasının ortadan kalktığı, Kiraz Dere deltasının oluştuğu sahalarda, İzmit sahil şeridi dolgu alanında, Başiskele-Gölcük arası sanayi, tersane kıyı şeridinde gözlemlenmiştir. Meydana gelen kıyı değişimlerine, kıyı jeomorfolojisi dinamik koşullarının yanında doğrudan ve dolaylı olarak kıyıya yapılan antropojenik müdahalelerin neden olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: DSAS, Kıyı değişimleri, Uzaktan algılama (UA), Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), İzmit körfezi

Abstract

In this study, coastal changes between 1975-2023 on the eastern coast of Izmit Bay, which offers geomorphological diversity and has intense anthropogenic pressure, were examined with DSAS tool. In the study, Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques were used effectively. In the study, coastlines were determined by NDWI, MNDWI analysis on Landsat satellite images of 1975-2020 at 5-year intervals and 2023. Then, the coastlines were subjected to NSM, SCE, EPR and LRR analyses in the DSAS tool, and spatial and quantitative data of the coastline change in terms of time were determined. According to the NSM analysis, the mean shoreline change was 4.53 m, the maximum was 510.6 m and the minimum was -833.6 m. According to LRR statistics, annual changes of 0.3 m, maximum 13.1 m and minimum -20.8 m were calculated on the eastern shores of Izmit Bay. Large area coastal changes were observed in the areas where the Çuhane Stream delta disappeared and the Kiraz Stream delta was formed, in the Izmit coastline filling area, in the industrial, shipyard coastline between Başiskele-Gölcük. It has been determined that the coastal changes are caused by the dynamic conditions of coastal geomorphology as well as direct and indirect anthropogenic interventions to the coast.

Keywords: DSAS, Shoreline change, Remote sensing, Geographic information systems (GIS), Gulf of Izmit

1. Giriş

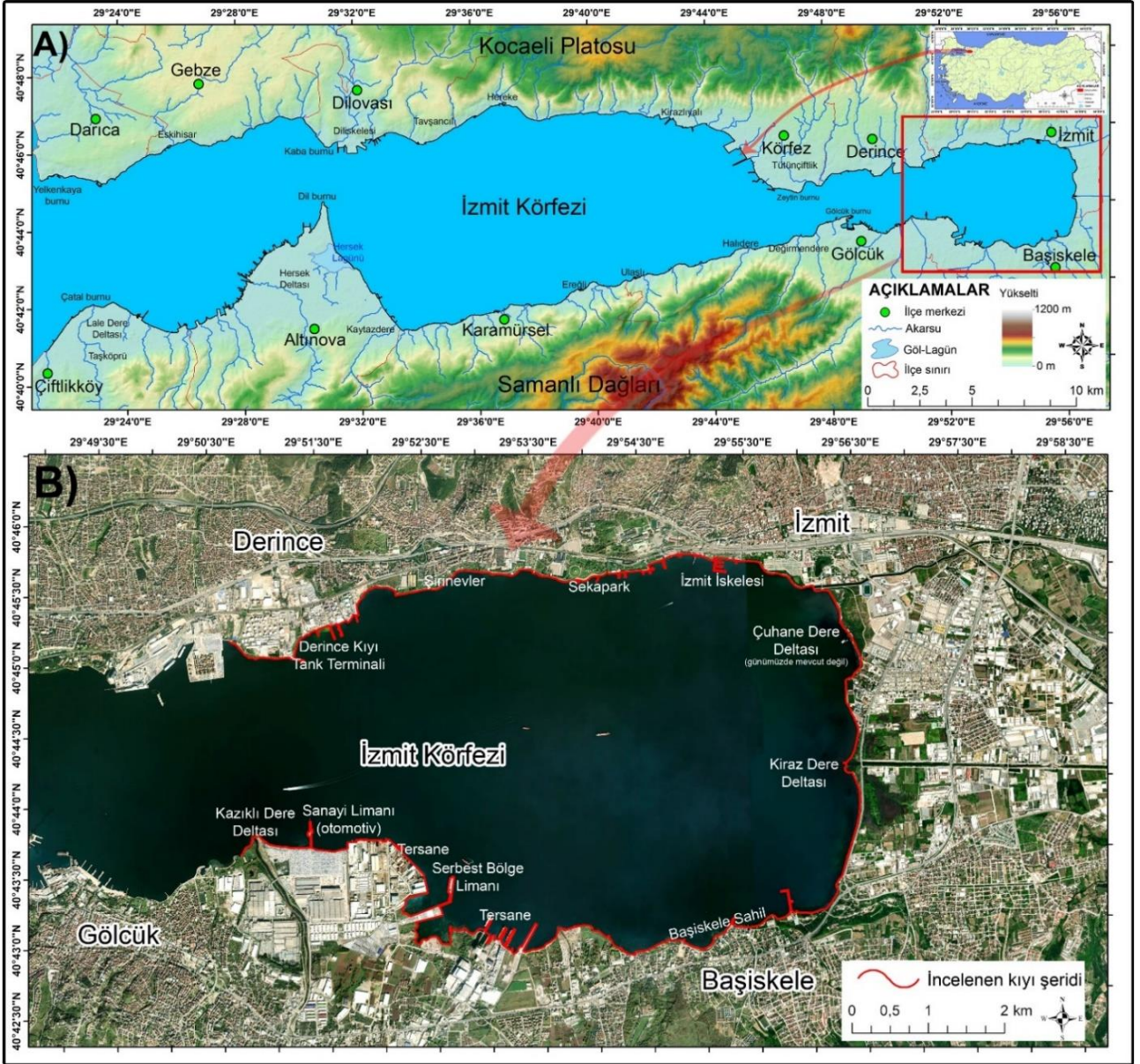
Doğal ve beşerî unsurlar arasındaki etkileşimde doğal ortam özellikleri, istisnai faaliyetler dışında, uzun bir zaman dilimi boyunca insanlığın faaliyetlerinin dağılışı ve boyutlarında etkili olmuştur. Geçmişte mikro ölçekli olsa da sanayi devriminden itibaren insanlığın doğal ortam koşullarına etkisi her geçen gün artmış ve artmaya devam etmektedir (Cuff, 2008). Artan dünya nüfusu, gelişen tarım teknikleri, sanayi ve teknolojik imkanlar ile talep ve ihtiyaçların artması doğal unsurların daha fazla kullanılmasına neden olmaktadır (Ellis, 2017). Dolayısıyla antropojenik faaliyetler doğrudan ya da dolaylı olarak bütün döngüler ve dinamik işleyiş süreçlerine etki etmektedir (Uzun, 2021). Bu durum jeolojik anlamda da artık insan etkisinin doğal koşullar üzerinde değişim ve şekillendirici boyuta geldiği döneme ithafen antroposen kavramı ile isimlendirilmektedir (Crutzen & Stoermer, 2000; Szabó vd., 2010; Steffen vd., 2011). Antroposen kavramının geçmişi 1800'lü yılların sonuna gelse de özellikle iklim değişikliği ve etkileri ile 2000 yıllar itibarıyla bilim dünyasında rol almış, tartışılmış ve artık birçok bilimsel çalışmanın konusu olmuştur (Li vd., 2017; Cao vd., 2020; Hoelle & Kawa, 2021).

Dinamik yapısı, değişen, gelişen ve çok çeşitli unsurlarla gözlemlenen jeomorfolojik süreç ve yapılar da antropojenik faaliyetlerden etkilenmiştir (Goudie, 1993; Tarolli vd., 2019). Bu durumdan hareketle rölyef, topografya, morfolojik birimler ve jeomorfik süreçlerde ki antropojenik etkinin arttığı, doğrudan ve dolaylı olarak rölyefe müdahalenin olduğu, değişimler yaşandığı ve topografyanın yeniden tanzim edildiği ortaya çıkmaktadır (Brown vd., 2013; Goudie, 2020). Bu kapsamda jeomorfolojik unsur ve süreçler üzerinde antropojenik etkenlerle meydana gelen değişimler, etkiler ve değişen morfolojik unsurların analizi antropojenik jeomorfoloji alanında incelenmektedir (Rózsa & Novák, 2011; Brown vd., 2017; Price vd., 2011). Jeomorfolojik unsur ve süreçler arasında da antropojenik etkinin müdahalesine en kısa zamanda değişim ve yeniden şekillenme olarak tepki veren kıyı jeomorfolojik unsurlarıdır (Pouye vd., 2023). Kıyı jeomorfolojik birimleri, kara ve hidrografik unsurlar arasındaki etkileşimden kaynaklanan, farklı parametrelerin süreç ve yapı üzerinde etkili olduğu aynı zamanda değişimlerin çok kısa periyotta meydana geldiği birimlerdir (Bird, 2008). Bu durumda antropojenik etkenlerin kıyıların jeomorfolojik değişim sürecinde rol almasına neden olmaktadır (Turoğlu, 2019; Song vd., 2021).

Kıyı jeomorfolojik birimleri temel olarak kıyı çizgisi, kıyı bölgesi ve kıyının bölümleri belirlenerek ortaya çıkmaktadır (Erinç, 1986; Erol, 1989). Kıyılarındaki unsurlar jeolojik devirlerde meydana gelen, iklim salınımları, östatik, tektonik hareketler ve diğer unsurların etkisi ile büyük değişimlere uğramış, bu değişim günümüzde doğal koşulların yanında antropojenik koşulların etkisiyle de devam etmektedir (Bird, 2008; Turoğlu, 2017). Kıyılarındaki değişimler çizgisel ve alansal olarak meydana gelebileceği gibi uzun ve kısa periyotlarda da zamansal olarak da meydana gelebilmektedir (Davidson-Arnott, 2010). Meydana gelen değişimlerin zamansal, mekânsal ve boyutsal olarak değerlerinin tespit edilmesi, kıyı yönetimi, jeomorfolojik süreç analizi, kent planlama, ekolojik analizler gibi çok farklı alanlara etki etmektedir (Turoğlu, 2009). Bu büyük etki aynı zamanda ekosistem değişimlerinin de kıyı ve kıyının deniz ile kara tarafındaki bölümlerinde yaşanmasına sebebiyet vermektedir (Grottoli vd., 2023). Meydana gelen değişimlerde antropojenik etkinin artması farklı sorunlarında ortaya çıkabilmesine neden olmaktadır (Kale, 2019). Bu nedenden dolayı yaşanması muhtemel sorunların önüne geçilmesi, kıyının dinamik işleyiş yapısının tahmin edilmesi ve diğer çalışma alanlarında kullanılmak üzere Dünya'da ve Türkiye'de kıyı değişimleri kapsamında çok farklı teknikler kullanılarak çalışmalar yapılmaktadır (Tağlı & Cürebal, 2005; Kuleli, 2010; Darwish vd., 2017; Çoban vd., 2020; Samra & Ali, 2021; Alevkayalı vd., 2023; Kazı & Karabulut, 2023; Öztürk & Uzun, 2023). Yapılan çalışmalarda farklı çözünürlükteki uydu görüntüleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanılarak incelenmekte ve kıyının farklı değişimleri analiz edilmektedir (Ataol vd., 2019; Hu & Wang, 2020; Gómez-Pazo vd., 2022; Lazuardi vd., 2022; Siyal vd., 2022; Wu vd., 2022; Kılar, 2023; Uzun, 2023; Tağlı vd., 2023). Bu analizlerden biri de Amerika Birleşik Devletler Jeoloji Araştırma Kurumu (United States Geological Survey - USGS) ürünü olan ve ArcGIS yazılımına eklenti sağlayan Sayısal Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi'dir (DSAS - Digital Shoreline Analysis System). Sistem içerisinde yer alan farklı istatistikler ile kıyıların geçmişten günümüze değişimi mekânsal açıdan analiz edilebilmekte ve sayısal olarak değişim verileri ortaya konmaktadır (Kale, 2019; Öztürk & Uzun, 2023). Belirtilen bütün kapsamlar dahilinde bu çalışmada yoğun nüfus, sanayi, yerleşim ve ulaşım baskısı altında kalmış olan, doğal ve antropojenik değişimlerin odaklandığı İzmit Körfezi doğu havzası kıyı şeridinin 1975-2023 yılları arasındaki kıyı değişimi DSAS aracı ile analiz edilmiştir.

Çalışma sahası Marmara Denizi'nin doğusunda kara içine doğru sokulmuş olan İzmit Körfezi kıyılarındaki doğu baseni olarak adlandırılan havzanın kıyı şerididir (Şekil 1). Kıyının kuzey kesimindeki sınırını Derice limanı, güneydeki sınırını Kazıklı Dere ağız kesiminin hemen batısı oluşturmaktadır.

Kıyı şeridi idari açıdan Kocaeli iline bağlı Derince, İzmit, Başiskele ve Gölcük ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Coğrafi koordinat sistemine göre İzmit Körfezi doğu kıyı sahası 40° 43' 0" - 40° 45' 30" kuzey enlemleri ile 29° 50' 30" - 29° 56' 30" doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme sahasının lokasyon haritası

İzmit Körfezi kıyıları, neo-tektonik hareketlerle depresyon alanı olan sahanın östatik hareketler ve iklim salınımları sonucu deniz haline geçmesi ile meydana gelmiştir (Hoşgören, 1995). Kıyıların güney cephesini oluşturan Samanlı Dağları (Kartepe bloğu) kuzeydeki Kocaeli platosuna göre tektonizma sonucu daha fazla yükselmiş ve kıyıların drenaj şebekesinin genişlemesini sağlamıştır. Oluşan drenaj ağı erozif faaliyetler, sedimantasyon ile birlikte özellikle İzmit Körfezi-Sapanca oluşunu alüvyal birimlerle doldurmuş ve bu kıyılarda delta, lagüner alanlar meydana gelmiştir (Turoğlu, 1993). Yine güneyden eğimi yüksek, havza alanı geniş olan konsekant akarsular materyal taşıyarak Kazıklı Dere deltası başta olmak üzere diğer mikro deltaları oluşturmuştur. Kuzeyde, havza alanı küçük olan akarsular daha düşük materyal taşınımı, topografik durum nedeniyle kıyıda geniş deltalar oluşturamamıştır. Jeolojik iklim salınımları, değişen kıyı kademe seviyesi nedeniyle İzmit Körfezi kıyıları gerisinde denizel taraçalar da mevcuttur. İzmit Körfezi doğu kıyı şeridinin tamamı alçak kıyı özelliği göstermektedir. İncelenen kıyı şeridini drene eden su toplama havzası 866 km²lik alan kaplamaktadır.

Çalışmada, İzmit Körfezi Doğu kıyılarında 1975-2023 yılları arasında belirlenen periyotlardaki kıyı çizgilerinin tespit edilmesi, meydana gelen değişimlerin saptanması, DSAS araçlarındaki analizlerle değişimlerin kantitatif boyutunun ortaya konması ve meydana gelen kıyı değişimindeki doğal ve antropojenik kökenli nedenlerin açıklanması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda coğrafi bakış açısı, araştırma yöntemleri ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin etkin kullanımı sonucu meydana gelen kıyı değişimlerin bütüncül olarak analiz edilmesi diğer amacı oluşturmaktadır. Bu doğrultuda ortaya konacak bulguların çalışma sahası ve alan yazını ile ilgili yeni soruları, hipotezleri açığa çıkarma ve tekrar sorgulama imkânı sağlaması da hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada altlık malzeme olarak, araştırma sahası kapsamında Harita Genel Müdürlüğünden alınan 1:25.000 ölçekli topografya paftaları, Amerika Birleşik Devletler Jeoloji Araştırma Kurumu (United States Geological Survey- USGS)'ndan Landsat uydu görüntüleri (1975-2023 arası), Google Earth Pro'dan (GEP) son 10 yıla ait uydu görüntüleri, arazi çalışmalarındaki bulgular, belediyelerden temin edilen fotoğraflar ve daha önce yapılmış çalışmalarda kullanılan görseller kullanılmıştır.

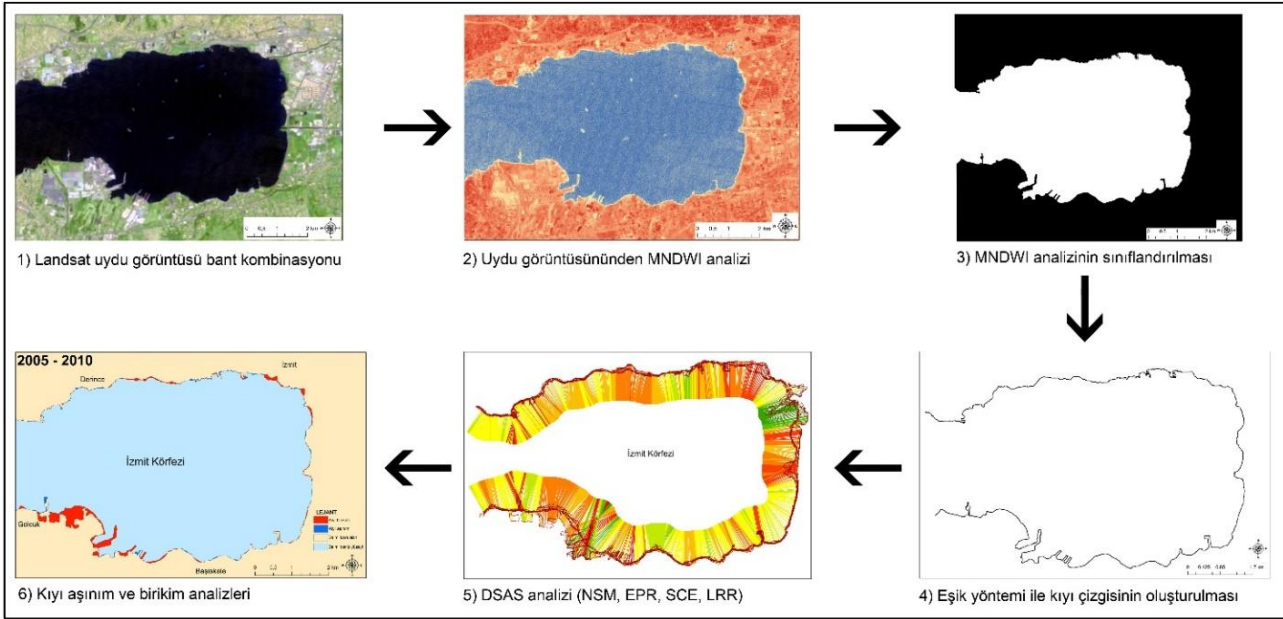
Araştırmada ilk olarak İzmit Körfezi doğu kıyılarının sınırları belirlenmiş, drenaj havzasının Sayısal Yükselti Modeli (SYM) oluşturulmuştur. Daha sonra Landsat üzerinden 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 ve 2023 yıllarına ait uydu görüntüleri temin edilmiştir (Tablo 1). Kıyı çizgisi değişim analizi için uydu görüntülerinin bant kombinasyonları su yüzeyine uygun hale getirilmiştir. Daha sonra kıyı çizgisinin tam olarak saptanabilmesi için her bir uydu görüntüsünün bant verileri kullanılarak Normalleştirilmiş Fark Su İndisi (NDWI) ve Modifiye Edilmiş Normalize Su Farkı İndeksi (MNDWI) analizleri uygulanmıştır (McFeeters, 1996; Xu, 2006). NDWI ve MNDWI analizlerinde aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$NDWI = \frac{(P_{green} - NIR)}{(P_{green} + NIR)} \quad MNDWI = \frac{(P_{green} - P_{SWIR2})}{(P_{green} + P_{SWIR2})} \quad (1)$$

NDWI analizinde yeşil (P_{green}) ve yakın kızılötesi (NIR), MNDWI analizinde yeşil (P_{green}) ve ikinci kısa dalga kızılötesi (P_{SWIR2}) bantlar üzerinden analizler yapılır (Gao, 1996; McFeeters, 1996). NDWI ve MNDWI sonuçları 1 ve -1 arasında değişmektedir. Çalışmada 0,2 ve daha fazla değere sahip alanlar su yüzeyi olarak kabul edilmiş, eşik analizi ile kıyı çizgisi çıkarımı otomatik olarak yapılmıştır (Singh vd., 2015; Hossain vd., 2021). Daha sonra GEP üzerinden tekrar kontrol edilen kıyı çizgilerinde manuel düzenlemeler yapılarak DSAS analizleri için uygun hale getirilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan Landsat uydu görüntülerinin özellikleri

Tarih	Uydu	Çözünürlük (m)	Bulutluluk (%)
17.06.1975	Landsat 2-MSS	60	2,4
10.08.1980	Landsat 2-MSS	60	1,3
27.08.1985	Landsat 5-TM	30	0
24.07.1990	Landsat 5-TM	30	0
6.07.1995	Landsat 5-TM	30	0,1
4.08.2000	Landsat 5-TM	30	0
1.07.2005	Landsat 7-ETM	30	0,2
31.07.2010	Landsat 7-ETM	30	0
14.08.2015	Landsat 8-OLI-TIRS	15	0
26.07.2020	Landsat 8-OLI-TIRS	15	0
4.08.2023	Landsat 9-OLI-TIRS	15	0

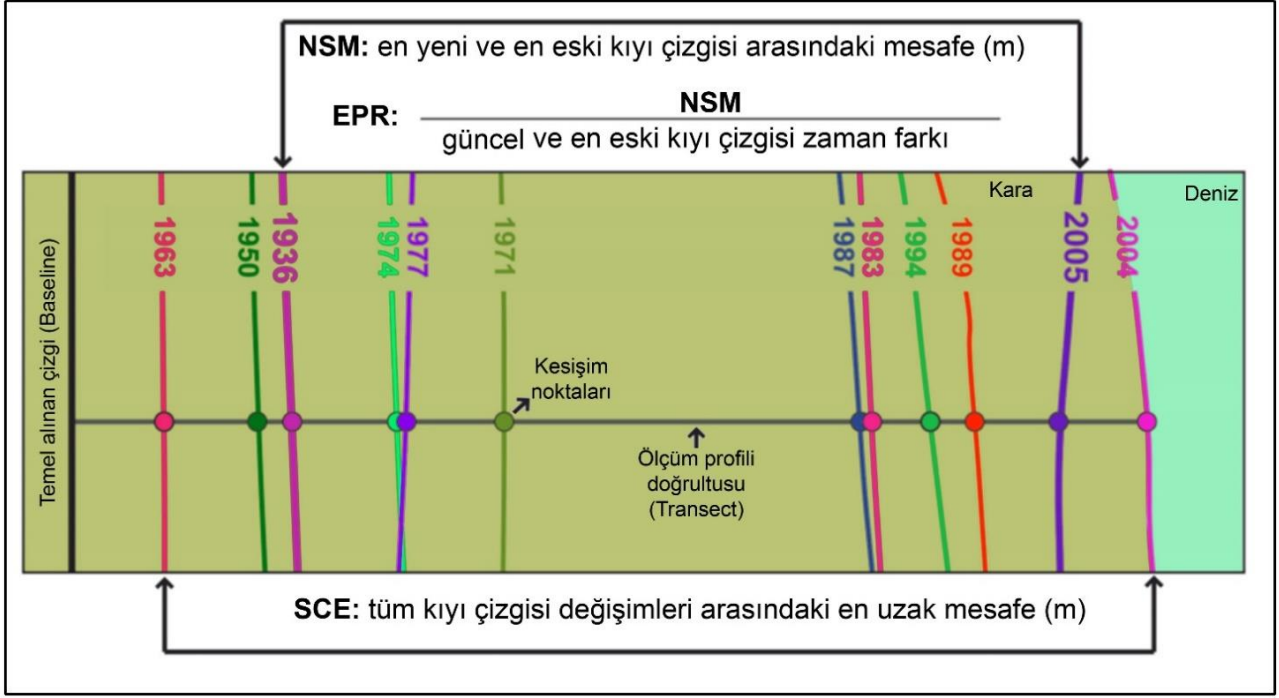


Şekil 2. Çalışmanın iş-akış şeması

Elde edilen kıyı çizgileri verileri ArcGIS 10.8 yazılımına eklenti olan Digital Shoreline Analysis System-DSAS V5.1 aracı kullanılarak analiz edilmiştir (Şekil 2). Araştırmada DSAS aracı içerisindeki istatistikler kullanılarak İzmit Körfezi Doğu kıyılarındaki çizgisel değişimlerin zamansal ve mekânsal boyutu tespit edilmiştir. DSAS aracında Net Kıyı Çizgisi Değişimi (Net Shoreline Movement-NSM), Son Nokta Oranı (End Point Rate-EPR), Kıyı Çizgisi Değişim Limiti (Shoreline Change Envelope - SCE) ve Doğrusal Regresyon Oranı (Linear Regression Rate-LRR) analiz istatistikleri kullanılmıştır.

NSM istatistiği kıyı çizgisi belirlenen periyotlardaki eski ve yeni kıyı çizgilerinin mesafesini analiz etmekte kullanılmaktadır (Himmelstoss, 2018; Kılar & Çiçek, 2018). NSM istatistiği ile kıyı çizgilerinin belirlenen dönemlerdeki değişim değerinin ortalaması, maksimum ve minimum miktarı saptanabilmektedir. EPR istatistiği incelenen dönemlerdeki eski ve yeni kıyı çizgisi değişim mesafesinin zamana bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Öztürk & Uzun, 2023) (Şekil 3). EPR sonuçları yıllık kıyı aşınım ve birikim miktarını açıklamakta kullanılır (Himmelstoss, 2018). SCE analizi, belirli bir transect üzerinden zamansal olarak tüm kıyı şeritleri arasındaki en büyük mesafeyi temsil eder (Himmelstoss, 2018; Kazı & Karabulut, 2023). Zamansal olarak iki kıyı şeridi arasındaki toplam mesafenin işareti olmadığından, SCE değeri her zaman pozitifdir ve metre cinsinden ifade edilir. LRR, belirlenen profildeki bütün kıyı şeritlerinin zamana bölünmesi ile hesaplanır (Himmelstoss, 2018). LRR analizi kıyı çizgisi değişiminde hatayı en aza indirerek hesaplama yapılmasını sağlar.

Çalışmada ArcGIS eklentisi olarak kurulan DSAS V5.1 aracında İzmit Körfezi doğu kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi için ilk olarak deniz tarafında baseline çizilmiş, sonra kıyı çizgisi tarihleri ve belirsizlik (uydu görüntülerinin çözünürlüğüne göre) değerleri veri olarak sayısallaştırılmıştır (Himmelstoss vd., 2018). Çalışmada kıyı çizgisi değişimi için belirlenen transect (profil) aralığı 10 metre olarak temel alınmıştır.



Şekil 3. DSAS aracı analiz sistematığının gösterimi (Himmelstoss vd., 2018'den faydalanılarak üretilmiştir)

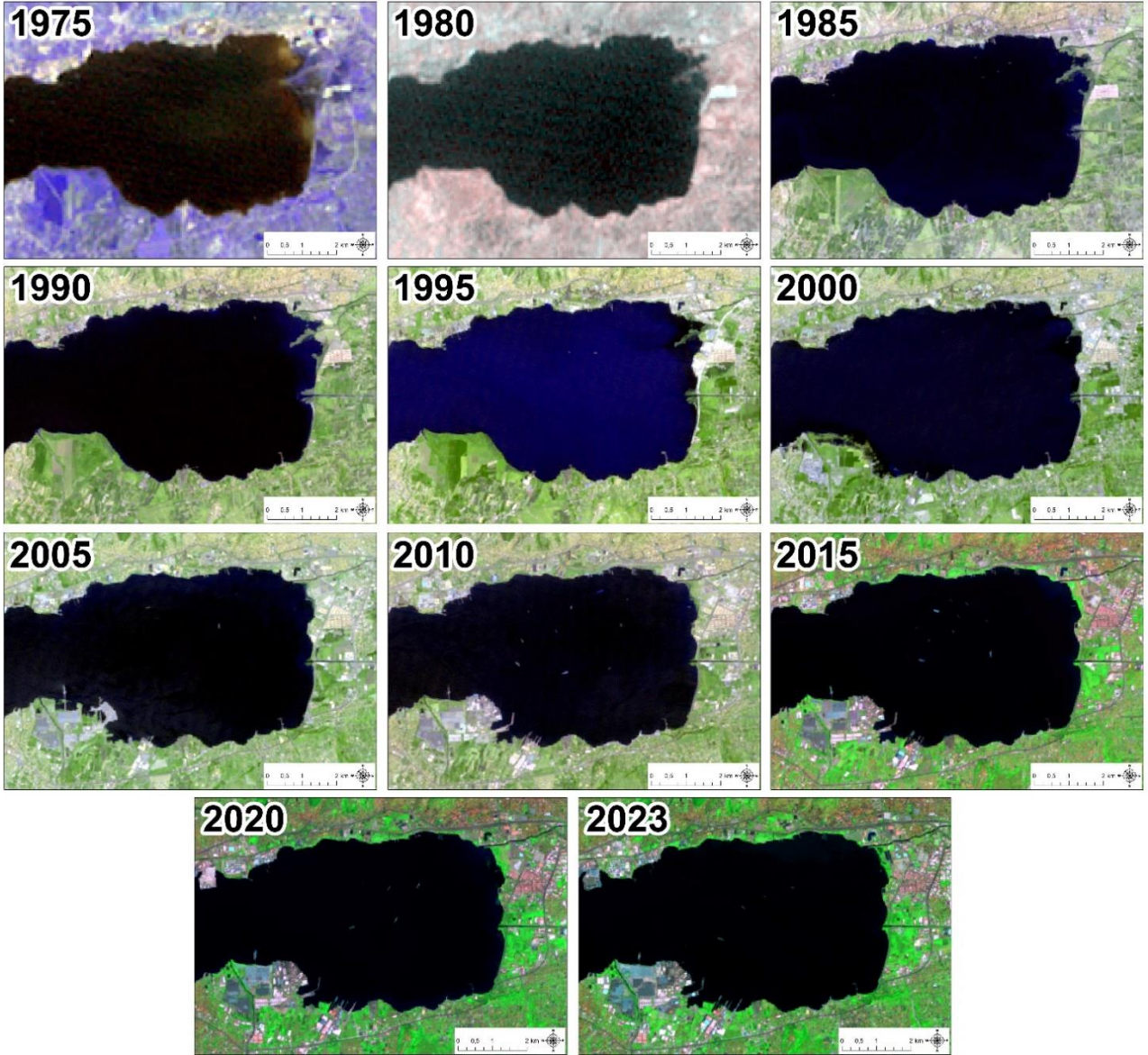
İzmit Körfezi doğu kıyı çizgisi değişim analizlerinden sonra incelenen her tarihteki kıyı çizgisi daha sonra ArcGIS yazılımında poligona çevrilmiştir. ArcGIS-geoprocessing-union özelliği kullanılarak ardışık dönemler arasında ve uzun dönemli olarak (1975-2023) kıyı aşınımı ve kıyı birikim sahaları tespit edilmiştir.

Elde edilen bütün analiz, istatistik ve kartografik bulgular coğrafi bakış açısıyla incelenerek çalışma sahasında zamansal ve mekânsal olarak meydana gelen kıyı değişimlerinin nedenleri ortaya konmuştur.

3. Bulgular

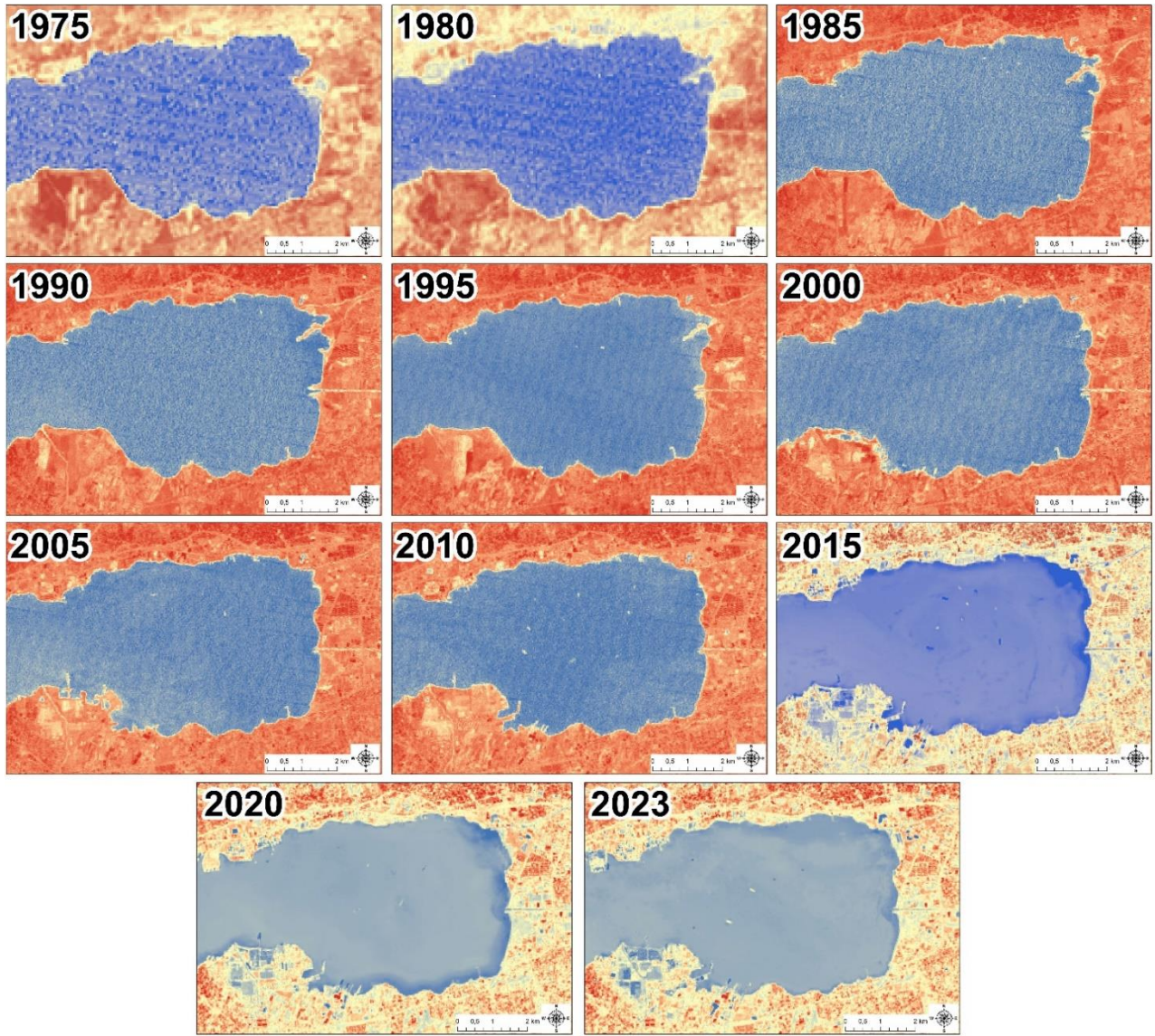
3.1 İzmit Körfezi Doğu Kıyı Çizgilerinin Zamansal Olarak Değişim Analizi

İzmit Körfezi doğu kıyılarındaki, 1975-2023 yılları arasında Landsat uydu görüntüleri ve görüntülerin MNDWI analizi sonuçları, farklı lokasyonlarda alansal ve çizgisel olarak değişimlerin yaşandığı göstermektedir (Şekil 4 ve 5). Ayrıca meydana gelen değişimler 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 ve 2023 yıllarında mekânsal olarak farklılıklar göstermektedir. Bu durum İzmit Körfezi doğu kıyısında periyotlar halinde mekânsal, zamansal, çizgisel ve geometrik değişimlerin çeşitlilik göstermesine ve değişime neden olan doğal ve antropojenik faktörlerinde farklılaşmasına neden olmuştur.



Şekil 4. Çalışmada kullanılan İzmit Körfezi doğu kıyılarının Landsat uydu görüntüleri

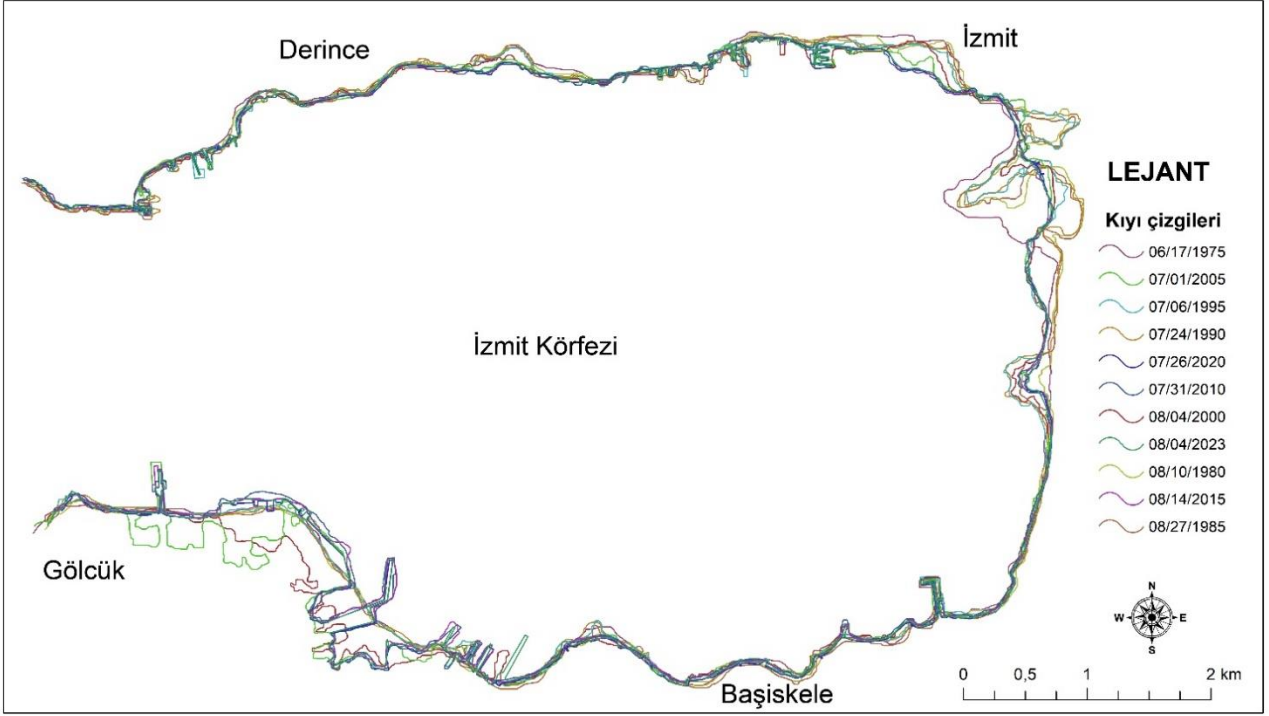
İzmit Körfezi doğu kıyılarının NDWI ve MNDWI analizleri sonuçları incelendiğinde, 1975 yılından 2023 yılına özellikle körfezin doğu kıyısında Çuhane Dere (Büyük Azmak) deltasının kıyı erozyonuna uğradığı, belli alanlarda antropojenik faaliyetlerle değişimlerin yaşandığı hemen dikkat çekmektedir (Şekil 5). Ayrıca İzmit ve Derince sahil şeridinde kıyının ilerlediği ve antropojenik dolgu çalışmalarının olduğu uydu ve MNDWI analizinden anlaşılmaktadır. İnceleme sahasının güney kıyılarında ise dönemsel olarak doğal ve antropojenik faktörlerin ortak etkisinde farklı kökenli kıyı değişimleri yaşanmıştır. Özellikle Kazıklı Dere deltası ve doğusunda 17 Ağustos 1999 depreminin etkisi ile zemin sıvılaşmaya uğramış, çökmüş ve deniz ilerlemesi gerçekleşmiştir (Özmen, 2000; Efe & Demirci, 2001) (Şekil 4 ve 5). Daha sonra belirtilen saha antropojenik etkenlerle yeniden tanzim edilmiş, tersane, sanayi, liman sahalarına dönüştürülmüş ve antropojenik kökenli kıyı dolgu alanları meydana gelmiştir.



Şekil 5. Belirlenen tarihlerdeki uydu görüntülerin NDWI ve MNDWI analizi sonuçlarına göre İzmit Körfezi doğu kıyıları

İzmit Körfezi doğu kıyılarında uydu görüntüleri ve NDWI, MNDWI analizleri sonuçları göstermektedir ki kıyı çizgilerinde farklı lokasyonlarda önemli değişimler yaşanmıştır. Değişimler, kıyı ilerlemesi ve kıyı gerilmesi şeklinde gerçekleşirken, doğal ve beşerî faktörler meydana gelen değişimlerin nedenlerini oluşturur. Kıyı da zamansal ve mekânsal olarak meydana gelen değişimler kıyı çizgisinin uzunluğunun da değişmesine neden olmuştur (Şekil 6). İzmit Körfezi doğu kıyısının uzunluğu 1975 yılında 25,3 km iken, 1980’de 27,2 km, 1985’de 29,7 km, 1990’da 30,7 km, 1995’de 31,7 km, 2000’de 31,2 km, 2005’de 33,9 km, 2010’da 32,7 km 2015’de 33,6 km, 2020’de 34,3 km ve 2023 yılında 35,6 km olarak hesaplanmıştır. Kıyı çizgisi uzunluğunun 1975 yılından 2023 yılına kadar 10,3 km artmasının nedenlerini, liman, tersane gibi antropojenik unsurların kıyıyı yeniden tanzim etmesi, kıyıda deprem nedenli değişimlerin yaşanması, flüvyal süreçlerin etkisi ile kıyıya materyal taşınımı ve delta gelişimleri oluşturmaktadır.

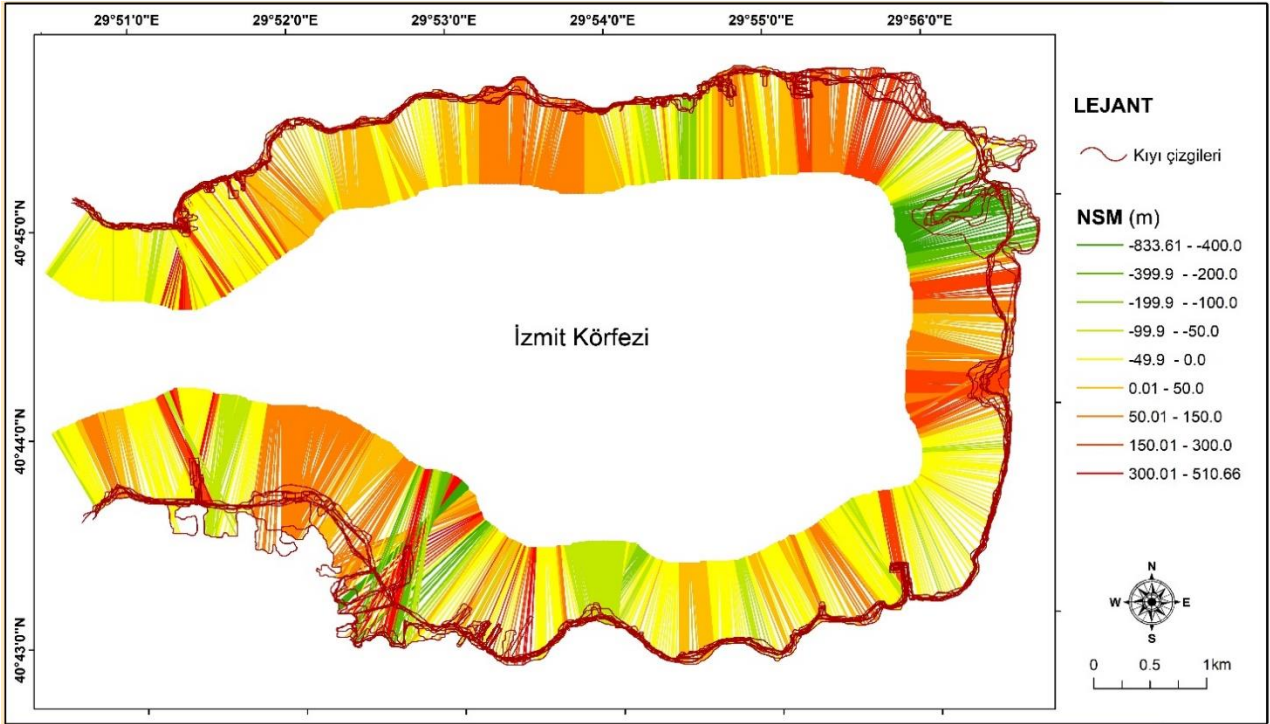
Kıyı çizgisi uzunluğu inceleme sahasının kuzey kıyılarında antropojenik müdahaleler sonucu değişime uğramıştır. Doğü kıyıları ise doğal ve antropojenik kökenli olarak doğrudan ve dolaylı yollarla kıyının dinamik yapısı değişmiş ve kıyı çizgisi uzunluğu değişmiştir. Çuhane Dere deltası doğrudan ve dolaylı antropojenik etkenler ile jeomorfolojik süreçlerdeki doğal dinamizmin devam etmesi ile delta yok olmuş, güneydeki sahada ise sulak alana Kiraz Dere’nin kanal vasıtasıyla bağlanması sonucu yeni delta sahası meydana gelmiştir. İnceleme sahasının güney kıyıları ise doğal ve antropojenik etkenler kıyının jeomorfolojik yapısında ortak etken olmuş, kıyının girinti-çıkıntı yapısı artarak kıyı çizgisi uzunluğu da artmıştır (Şekil 6).



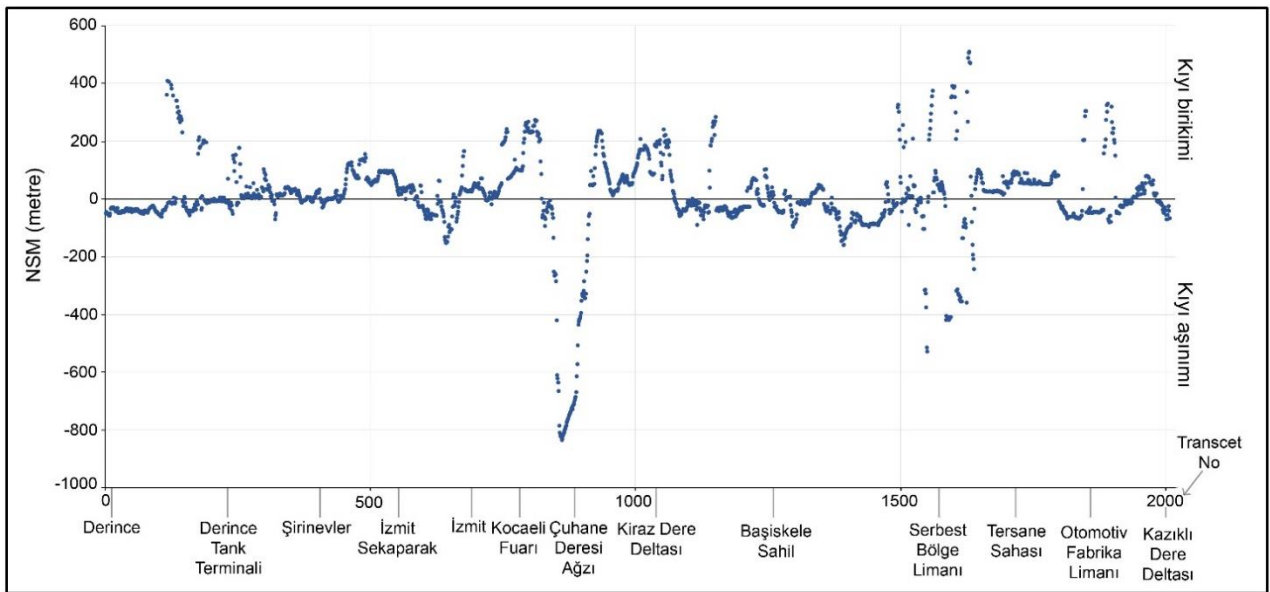
Şekil 6. İzmit Körfezi doğu kıyılarının belirlenen tarihlerdeki kıyı çizgileri

3.2. İzmit Körfezi Doğu Kıyısındaki Değişimlerin DSAS Aracı ile Analizi

İzmit Körfezi doğu kıyısı çizgilerinin tüm inceleme yıllarına ait verileri, DSAS aracında yer alan NSM, EPR, SCE ve LRR istatistikleri ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. İzmit Körfezi doğu kıyılarında 1975-2023 yılları arasında NSM istatistiğine göre ortalama 4,53 m, maksimum 510,6 m ve minimum -833,6 m'lik kıyı çizgisi değişimi tespit edilmiştir (Tablo 2). NSM analizinde pozitif yönlü olarak kıyı ilerlemesinin görüldüğü maksimum alanlar, İzmit fuar alanından batıya doğru kıyı şeridinin birkaç alan hariç tamamında gözlemlenmektedir (Şekil 7). Bu alanda antropojenik faktörlerle yapılan kıyıya müdahale, dolgu alanları, kıyı peyzaj düzenlemesi kıyının ilerlemesine neden olmuştur. Diğer kıyı birikimi sahası ise Kiraz Dere deltasının jeomorfolojik olarak oluşmasıyla meydana gelmiştir. Ancak deltanın ortaya çıkmasına Çuhane Dere yatağının yapay kanala alınması, güneyden geniş bir havzadan gelen Kiraz Dere'nin İzmit Körfezi sulak alana yönelmesi ile doğrudan ve dolaylı olarak antropojenik şeklinde de değişimler neden olmuştur. Bu etken Kiraz Dere Deltası kuzeyindeki Çuhane Dere deltasının ise 1975-2023 yılları kapsamında erozyona uğramasına ve ortadan kalmasına da sebebiyet vermiştir (Şekil 7 ve 8). Bu saha aynı zamanda NSM istatistiği içerisinde negatif yönlü pik değerlerin görüldüğü kıyıyı oluşturmaktadır. NSM istatistiğine göre Gölcük-Kazıklı Dere deltası-Başiskele kıyı şeridinde ise doğal ve antropojenik etkenlerle hem kıyı erozyonu hem de kıyı birikimi meydana gelmiştir (Şekil 7 ve 8). 17 Ağustos 1999 Gölcük depremi nedeniyle Gölcük-Başiskele arasındaki Kazıklı Dere deltasında meydana gelen sıvılaşma ve zemin çökmesi ile kıyı erozyona uğramış, kara deniz haline geçmiştir. 2005 yılından sonra bu kıyıya sanayi, tersane ve liman odaklı antropojenik müdahale yapılmış ve kıyıda dolgu alanları oluşturulmuştur. Bu durum NSM istatistiğinde Gölcük-Başiskele arasında pozitif ve negatif yönlü değerlerin birlikte görülmesine neden olmuştur (Şekil 7 ve 8).

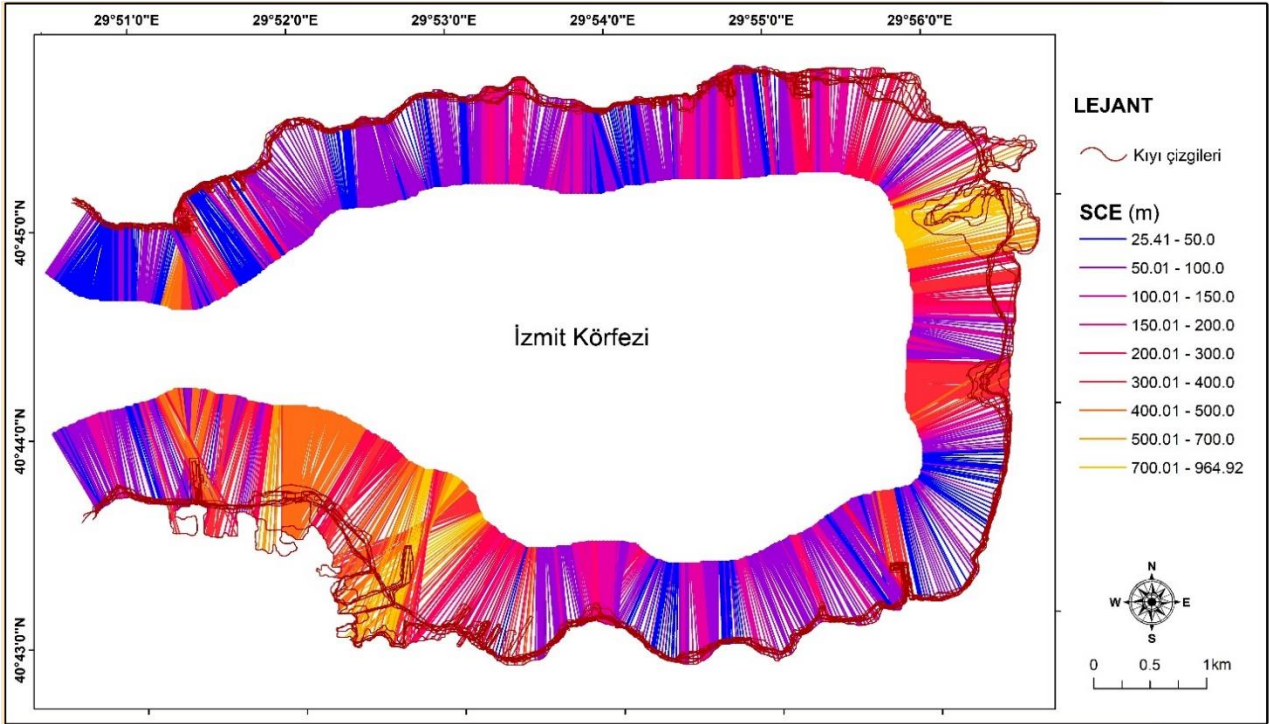


Şekil 7. İzmit Körfezi doğu kıyılarının NSM istatistiği analizi

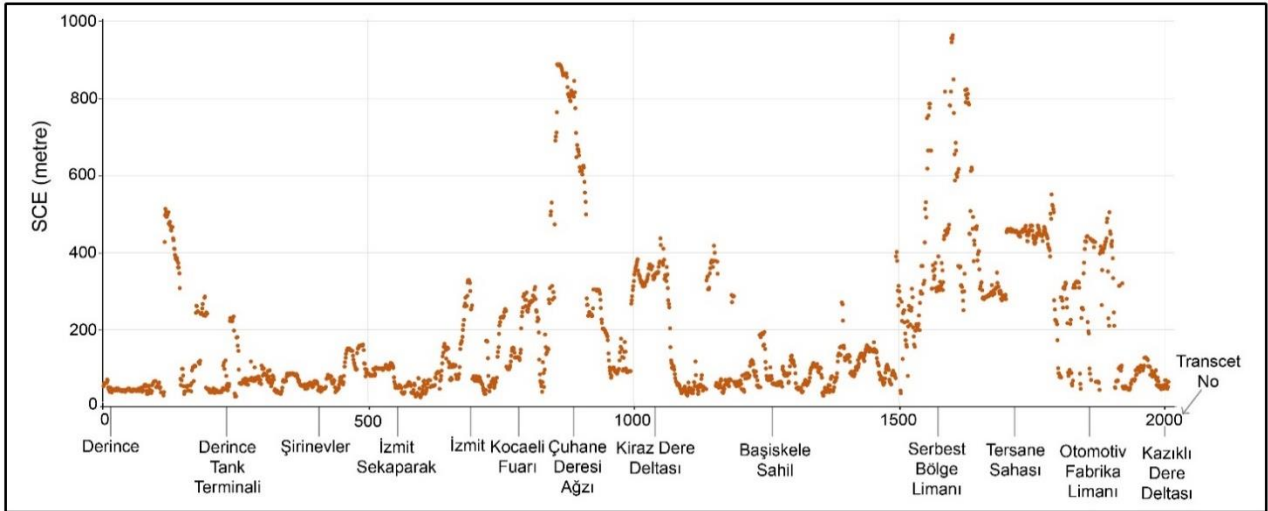


Şekil 8. İzmit Körfezi doğu kıyılarının NSM istatistiksel analiz grafiği

İzmit Körfezi doğusunda 1975-2023 yılları arasında SCE istatistiğine göre kıyı çizgisinde, ortalama 191,5 m, maksimum 964,9 m ve minimum 25,4 m'lik değişim saptanmıştır (Tablo 2). SCE tüm kıyı çizgileri arasındaki en uzak mesafeyi ortaya koyduğu için değer daima pozitiftir. İzmit Körfezi doğu kıyılarının mesafe açısından en büyük değişimi, geçmişten günümüze jeomorfolojik olarak yok olan Çuhane Dere'si deltasında ve Başiskele serbest bölge limanında meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 9 ve 10). İzmit Sekapark kıyılarından batıya doğru Derince kıyılarına kadar değişimin mesafe boyutu muhtelif alanlar hariç 200 m altında kalmaktadır (Şekil 9 ve 10). Aynı değişim süreci ve mesafe boyutu Başiskele sahil şeridinden tersane-serbest bölge limanına kadar da görülebilmektedir.



Şekil 9. İzmit Körfezi doğu kıyılarındaki SCE istatistiksel analiz



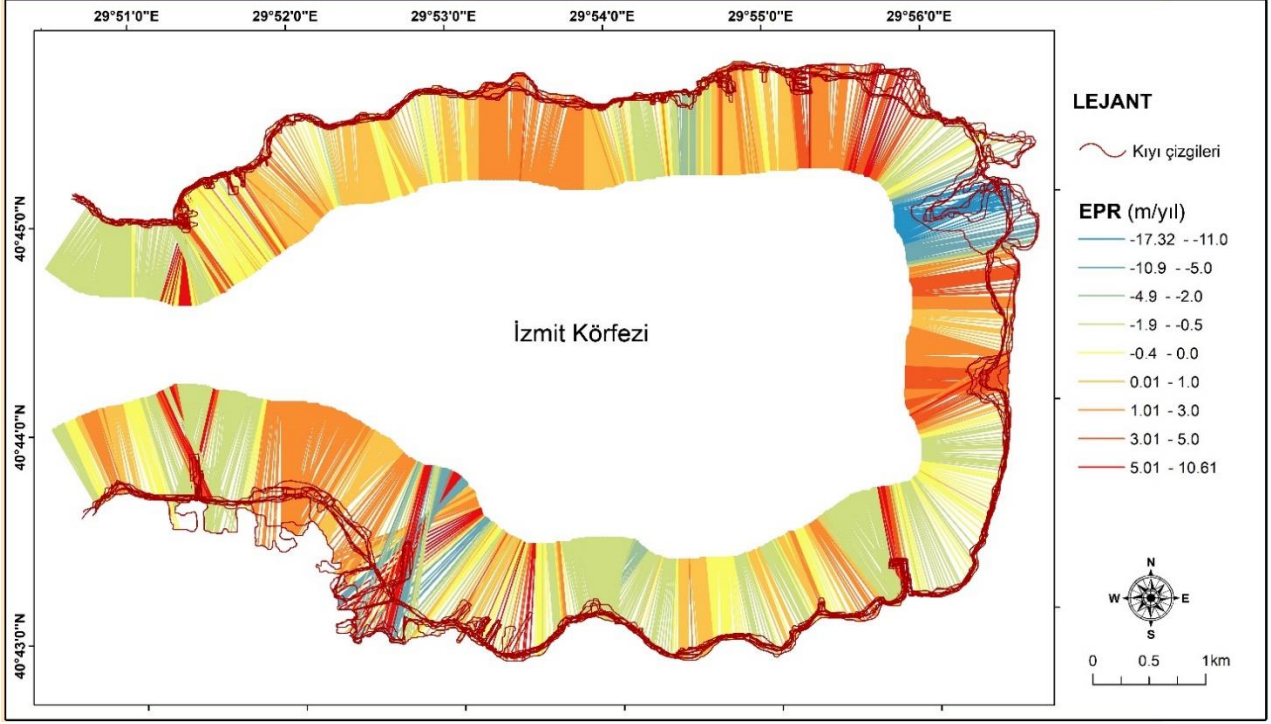
Şekil 10. İzmit Körfezi doğu kıyılarındaki SCE istatistiksel analiz grafiği

Tablo 2. İzmit Körfezi doğu kıyılarındaki NSM, EPR, SCE ve LRR istatistikleri ortalama, maksimum ve minimum değerleri

	Ortalama	Maksimum	Minimum
NSM (m)	4,53	510,6	-833,6
EPR (m/yıl)	0,09	10,6	-17,32
SCE (m)	191,5	964,9	25,4
LRR (m/yıl)	0,3	13,1	-20,8

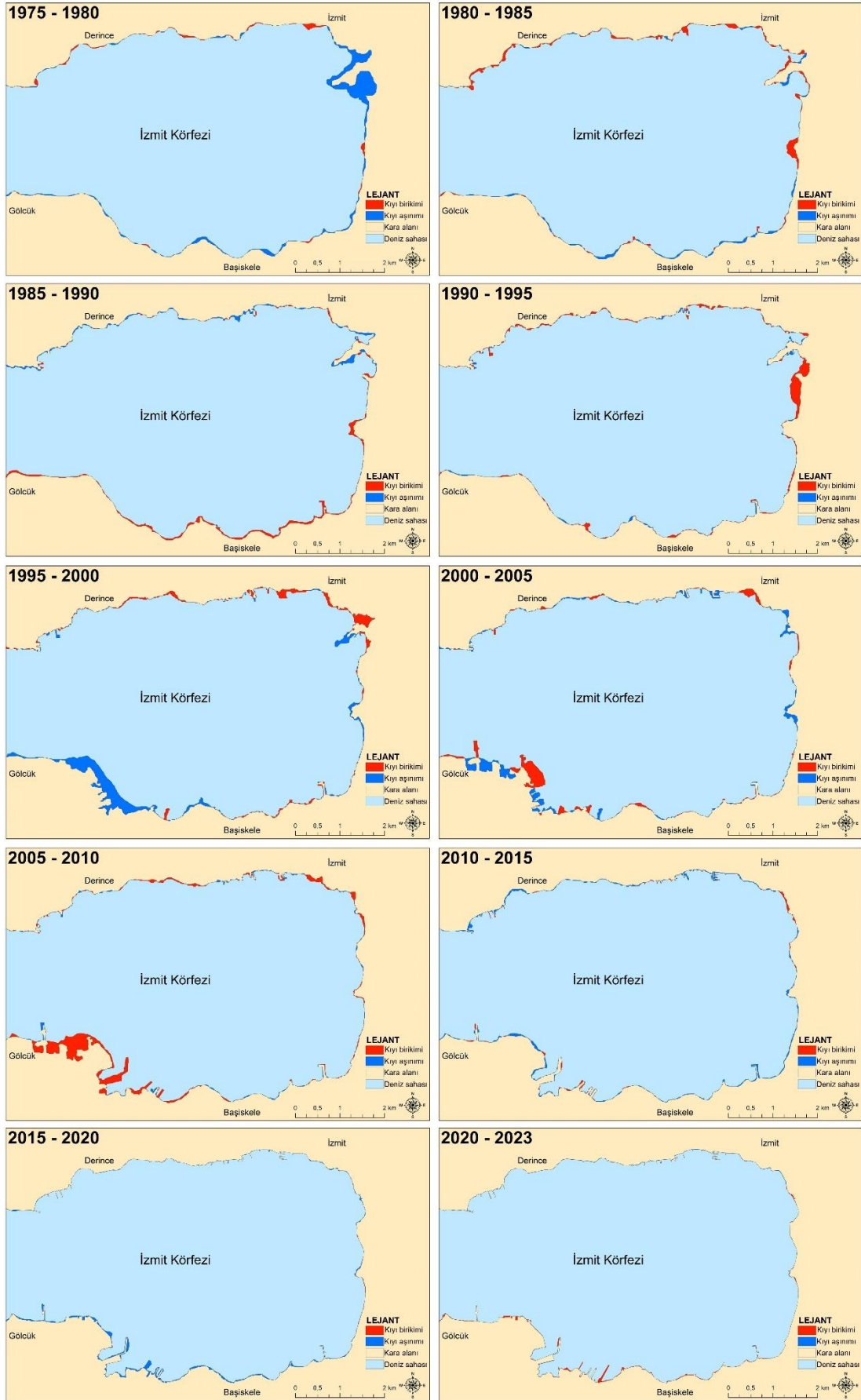
EPR istatistiksel analiz sonuçlarına göre İzmit Körfezi doğu kıyılarındaki 1975-2023 yılları arasında ortalama 0,09 m/yıl, maksimum 10,6 m/yıl ve minimum -17,31 m/yıl değerinde kıyı çizgisi değişimleri saptanmıştır (Tablo 2). EPR analiz sonuçlarına göre yıllık değişimin pozitif yönlü olarak en yüksek mesafede meydana geldiği alanları, İzmit ilçe merkezi sahil şeridi, Başiskele tersane sahası ve Kiraz Dere deltası oluşturmaktadır (Şekil 11).

Kıyı gerilemesinin görüldüğü ve negatif değerlerle temsil edilen alanları, yok olan Çuhane Dere deltası ve serbest bölge liman alanında 17 Ağustos 1999 depreminden sonra çöken kıyı şeridi oluşturmaktadır (Şekil 11). Diğer kıyı şeritlerinde ortalama değerlerin 0-1 m/yıl olduğu ve değişimin kıyı dolgu alanları şeklinde görüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 11. İzmit Körfezi doğu kıyılarındaki EPR istatistiksel analizi

LRR istatistik analizi sonucuna göre İzmit Körfezi doğu kıyılarındaki 1975-2023 yılları arasında ortalama 0,3 m/yıl, maksimum 13,1 m/yıl ve minimum -20,8 m/yıl değerinde kıyı çizgisi değişimleri saptanmıştır (Tablo 2). Doğrusal regresyon analizi sonuçları İzmit Körfezi doğu kıyısında yaşanan değişimin yıllık mesafe boyutunu kantitatif veriler üzerinden en doğru şekilde ortaya koymaktadır. Bu durumdan dolayı kıyıdaki ortalama değişimin yıllık olarak 0,3 m/yıl olması, incelenen kıyı şeridinde mesafe olarak büyük değerde ilerleme-gerilemenin olmadığını ortaya koyar. Ancak kıyı şeridinde spesifik lokasyonlarda çok büyük değişimler yaşanmıştır. Günümüzde deniz haline geçen Çuhane Dere deltası 1975-2023 arasında yıllık -17,32 m mesafe ile kıyı gerilemesine uğramıştır (Şekil 12). Kazıklı Dere deltasının doğusu ve batısında 17 Ağustos 1999 Gölçük depremi nedeniyle çöken sahalarda ise kıyı gerilemesi yıllık -7 ve -10 m arasında değişmektedir (Şekil 12). İzmit kıyı şeridinde otopark alanı olarak kıyının doldurulması bu sahada kıyı ilerlemesinin yıllık 10 m'nin üzerinde değerde olmasına neden olmuştur. Diğer kıyı şeritlerinde de değişim kıyı ilerlemesi şeklinde olup pozitif yönlüdür. Ancak değişimin yıllık mesafe boyutu 0-3 m arasındadır.



Şekil 13. İzmit Körfezi doğu kıyılarında zamansal olarak meydana gelen değişim ile oluşan kıyı birikim ve aşınım alanları

Tablo 3. İzmit Körfezi doğu kıyılarında zamansal periyot bazında kıyı birikim ve aşınımının sayısal değerleri

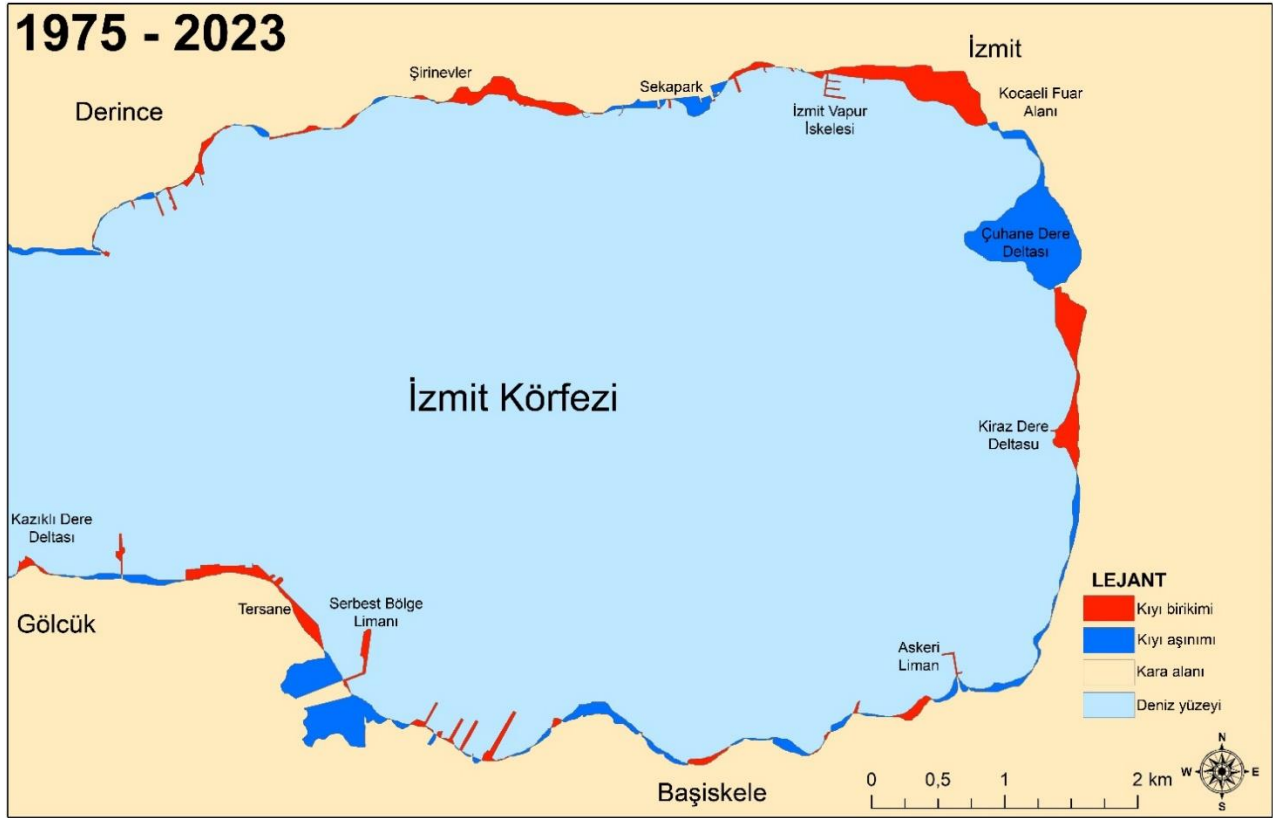
Dönemler	Kıyı birikimi (km ²)	Kıyı aşınımı (km ²)	Kıyı birikimi (%)	Kıyı aşınımı (%)	Toplam değişen kıyı alanı (km ²)
1975-1980	0,14	0,82	15	85	0,96
1980-1985	0,42	0,23	65	35	0,65
1985-1990	0,24	0,41	37	63	0,65
1990-1995	0,48	0,14	77	23	0,62
1995-2000	0,42	0,84	33	67	1,26
2000-2005	0,5	0,54	48	52	1,04
2005-2010	0,85	0,14	86	14	0,99
2010-2015	0,1	0,34	23	77	0,44
2015-2020	0,02	0,31	6	94	0,33
2020-2023	0,13	0,06	68	32	0,19
1975-2023	0,72	0,97	43	57	1,69

2000-2005 yılları arası dönemde İzmit Körfezi doğu kıyılarında meydana gelen değişimin % 48'i kıyı birikimi, % 52'si kıyı erozyonu şeklindedir (Tablo 3). Belirtilen dönem içerisinde Kazıklı Dere deltasında meydana gelen çökme alanında antropojenik müdahalelerle kıyı dolgu alanı oluşturulmuştur. Aynı alana tersane ve sanayi alanı için düzenlemeler yapılmış, bu durum kıyı birikimi ve aşınım sahalalarının birlikte görülmesine neden olmuştur. Çuhane Deresi deltasında da kıyı aşınımı bu dönemde de devam etmiştir (Şekil 13). 2005-2010 yılları arası dönemde inceleme sahası kıyılarında meydana gelen değişimin % 86'sı kıyı birikimi, % 14'ü kıyı aşınımı şeklinde olmuştur (Tablo 3). 17 Ağustos 1999 depreminden dolayı çökmenin ve kıyı aşınımın meydana geldiği sahaya yapılan antropojenik müdahaleler bu dönemde de devam etmiştir. Bundan dolayı belirtilen periyot içerisinde kıyı birikim sahası oransal olarak oldukça fazla olmuştur.

İzmit Körfezi doğu kıyılarında 2010-2015, 2015-2020 ve 2020-2023 yılları arasındaki dönemler diğer dönemlere göre kıyı değişim miktarında alansal olarak düşüş görülmektedir (Tablo 3) Bu durumun oluşmasında kıyının peyzaj açısından tamamen düzenlenmesi ve antropojenik kaynaklı kıyı alanlarının sahil şeridini kaplaması, Kiraz Dere'ye Yuvcak Barajı kaynaklı materyal taşınımının azalması, kıyı drenaj ağının tamamen kanallara (dere ıslah çalışmaları ile) alınması ve kıyıda doğal jeomorfolojik süreçlerin yavaşlaması etkili olmuştur.

1975-2023 yılları arasındaki uzun dönemde İzmit Körfezi doğu kıyılarında 0,72 km²'lik kıyı birikimi, 0,97 km²'lik kıyı aşınımı toplam 1,69 km²'lik alansal kıyı değişimi meydana gelmiştir (Tablo 3). Oluşan değişimin % 43'ü kıyı birikimi, % 57'si ise kıyı erozyonu süreci olduğu gözlemlenir. Uzun periyot içerisinde kıyı erozyonu, yok olan Çuhane Dere deltası, güneydeki küçük delta alanları, Kazıklı Dere deltasında deprem nedeniyle meydana gelen çökme alanında gözlemlenmektedir (Şekil 14). Kıyı birikim alanları ise İzmit Körfezi doğu kıyısı genelinde antropojenik müdahale ile kıyı dolgu alanı olarak meydana gelmiştir. Kiraz Dere deltasındaki kıyı birikimi ise doğal jeomorfolojik süreç ile akarsu yatağına yapılan antropojenik müdahalenin etkisinde meydana gelmiştir. Kıyı birikim alanlarının kıyı dolgu alanı şeklinde meydana geldiği sahaları, İzmit sahil şeridindeki otopark ve rekreasyon alanları ile doğuya doğru olan kıyılardaki rekreasyon alanları oluşturur. İzmit Körfezi sulak alan sahasında ve hemen kuzeyindeki alanda doğal jeomorfolojik süreçler ile antropojenik müdahalelerin ortak etkisinde kıyı birikimi gözlemlenmiştir (Şekil 14). Gölcük ve Başiskele sahil şeridinde ise liman ve kıyı rekreasyon alanı düzenlemesi ile kıyı dolgu alanları meydana gelmiştir.

İzmit Körfezi doğu kıyı sahasında meydana gelen değişimlerin kökenini doğal jeomorfolojik süreçler ile antropojenik etkiler oluşturmaktadır. Dünya'da ve Türkiye'deki birçok körfez kıyısında, doğal jeomorfolojik süreçler, antropojenik etkenler, deprem ve tsunamiler, deltalardaki sel-taşkın sonrası etkenler gibi faktörler kökeninde değişimler yaşanmaktadır (Tağil & Cürebal, 2005; Aouiche vd., 2016; Ataol, 2019; Nassar vd., 2019; Ciritci & Türk, 2020; Uzun, 2021; Tağil, 2023). İzmit Körfezi doğu kıyılarında 1975-2023 yılları arasında meydana gelen kıyı değişimlerinin polijenik (çok kökenli) ve polisiklik (çok zamanlı) özellikte olması, inceleme sahasını Dünya ve Türkiye ölçeğindeki körfezlerde süregelen kıyasal değişimlerden ayırmaktadır. Bu nedenle incelenen kıyı şeridinde kıyı jeomorfoloji süreçleri sonucu aşınım ve birikimler meydana gelerek değişimler yaşanmıştır. Ayrıca tektonik olarak Kuzey Anadolu Fay hattının kıyıya direkt etkisi ve 17 Ağustos 1999 Gölcük depremi de kıyıda doğrudan değişimleri meydana getirmiştir. Son yıllarda artan antropojenik baskılarda İzmit Körfezi doğu havzası kıyılarının değişimlerinde rol oynamıştır. Bütün etmenler farklı zamansal döngülerde polijenik olarak İzmit Körfezi doğu havzası kıyısında değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur.



Şekil 14. 1975-2023 yılları arası İzmit Körfezi doğu kıyısında oluşan kıyı birikimi ve kıyı aşınımı sahaları

4. Sonuç

Araştırmada, İzmit Körfezi doğu kıyılarının 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 ve 2023 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerinin NDWI ve MDNWI analizleri üzerinden kıyı çizgileri üretilmiştir. Daha sonra kıyı çizgileri DSAS aracında yer alan NSM, SCE, EPR ve LRR istatistiksel analizleri ile test edilmiş ve kıyı değişimlerinin zamansal, mekânsal ve boyutsal durumu ortaya konmuştur. Elde edilen bulgulardan, İzmit Körfezi doğu kıyılarında 1975 yılından 2023 yılına kadar kıyı uzunluğu, kıyının jeomorfolojik yapısı ile diğer sistemler üzerinde doğal ve antropojenik etkenlerle meydana gelen değişimler olduğu tespit edilmiştir. 1975-2023 yılları arasındaki incelenen kıyı çizgilerinin tamamı üzerinden DSAS ile yapılan analizlere göre NSM istatistiği ortalama 4,53 m kıyı ilerlemesinin olduğunu, LRR istatistiğine göre ise yıllık 0,3 m kıyı birikiminin olduğu saptanmıştır. SCE istatistiğine göre kıyıdaki ortalama değişim 191 m olarak hesaplanmıştır. Kıyı çizgilerine uygulanan istatistiksel analizler, ortalama değerlerin dışında da kıyıda mekânsal olarak çok büyük oranda kıyı ilerlemesi ve kıyı gerilemesinin de olduğunu da ortaya koymuştur. NSM analizine göre maksimum 501 m, minimum -833 m değişim tespit edilirken SCE analizine göre maksimum 964,9 m'lik kıyı değişimi saptanmıştır. 1975-2023 yılları arası dönemde kıyıda alansal olarak 1,69 km²'lik saha değişime uğramıştır. Özellikle Çuhane Deresi doğal ve antropojenik etkenler neticesinde gerilemiş ve günümüzde ortadan kalkmıştır. Kiraz Dere'nin denize döküldüğü alanda ise yeni bir delta ortaya çıkmıştır. Meydana gelen delta değişimlerinde doğal süreçlerinde yanında kıyıya doğrudan müdahale ile kıyı havzasındaki akarsular üzerinde yapılan barajların dolaylı etkileri olduğu tespit edilmiştir. 17 Ağustos 1999 depremi ile Gölcük Başiskele kıyılarında sınılaşma ve çökme meydana gelmiştir. Daha sonra bu alanlara liman ve tersane amaçlı antropojenik müdahale yapılmış ve kıyılarda hem birikim hem de kıyı erozyonu meydana gelmiştir. İzmit ilçe merkezi sahil şeridinde ise kıyı dolgu alanları yapılmıştır. Bütün meydana gelen kıyı değişimleri, deniz ve kara ekosisteminde de farklı değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur. Ayrıca meydana gelen antropojenik kökenli müdahaleler kıyının doğal jeomorfolojik dinamiğini değiştirmiştir. Yoğun antropojenik baskıların yaşandığı İzmit Körfezi doğu havzası kıyı şeridinde meydana gelen değişimlerin CBS ve UA teknolojileri ile zamansal ve mekânsal olarak tespit edilmesi ise özellikle geleceğe dönük sürdürülebilir kıyı yönetimi ve planlaması çalışmaları için oldukça önemli veriler ortaya koymuştur. Kıyıda meydana gelen değişimin yıllık olarak kantitatif verilerinin sunulması ve mekânsal değişim alanlarının ortaya konması DSAS aracı ve istatistiksel analiz verilerinin kıyı yönetiminde ve planlamasındaki faydasını göstermektedir.

Bu kapsamda araştırma sahasının kıyı yönetimi ve bütüncül bakış açısı ile havza yönetiminde, meydana gelen doğal ve antropojenik kökenli kıyı değişimlerin değerlendirilmesi ve CBS, UA teknolojilerin etkin şekilde kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Alevkayalı, Ç., Atayeter, Y., Yayla, O., Bilgin, T., & Akpınar, H. (2023). Burdur Gölü'nde uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri ve iklim ilişkisi: Zamansal-mekânsal eğilimler ve tahminler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 82(2023), 37–50. <https://doi.org/10.17211/tcd.1287976>
- Ataol, M., Kale, M. M., & Tekkanat, İ. S. (2019). Assessment of the changes in shoreline using digital shoreline analysis system: a case study of Kızılırmak Delta in northern Turkey from 1951 to 2017. *Environmental Earth Science*, 78, 579. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8591-7>
- Aouiche, I., Daudi, 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.013>
- Bird, E. (2008). *Coastal geomorphology: An introduction* (Second edition). John Wiley & Sons Ltd.
- Brown, A. G., Tooth, S., Chiverrell, R. C., Rose, J., Thomas, D., Wainwright, J., Bullard, J. E., Thorndycraft, V. R., Aalto, R., & Downs, P. (2013). The Anthropocene: is there a geomorphological case? *Earth Surface Processes and Landforms*, 38(4), 431–434. <https://doi.org/10.1002/esp.3368>
- Brown, A. G., Tooth, S., Bullard, J. E., Thomas, D., Chiverrel, R., Plater, A., & Murton, J. (2017). The geomorphology of the Anthropocene: emergence, status and implications. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(1), 71–90. <https://doi.org/10.1002/esp.3943>
- Cao, W., Sofia, G., & Tarolli, P. (2020). Geomorphometric Characterisation of Natural and Anthropogenic Land Covers. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, 2. <https://doi.org/10.1186/s40645-019-0314-x>
- Ciritci, D., & Türk, T. (2020). Analysis of coastal changes using remote sensing and geographical information systems in the Gulf of Izmit, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 341–360. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08255-9>
- Çoban, H., Koç, Ş. & Kale, M. M. (2020). Shoreline changes (1984 – 2019) in the Çoruh delta (Georgia/Batumi). *International Journal of Geography and Geography Education*, 42, 589–601. <https://doi.org/10.32003/igge.741573>
- Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. (2000). The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.
- Cuff, D., (2008). Anthropogeomorphology. In D. Cuff & A. Goudie (Eds.), *Oxford Companion to Global Change*. Oxford University Press.
- Darwish, K., Smith, S.E., Torab, M., Monsef, H., & Hussein, O. (2017). Geomorphological Changes along the Nile Delta Coastline between 1945 and 2015 Detected Using Satellite Remote Sensing and GIS. *Journal of Coastal Research*, 33(4), 786–794. <http://dx.doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-16-00056.1>
- Davidson-Arnott, R., (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Cambridge University Press.
- Efe, R., & Demirci, A. (2001). Gölçük 1999 depreminde zemin ve yerçekili özelliklerinin şiddet ile hasar dağılışına etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 36, 1–15.
- Ellis, E. C. (2017). Physical Geography in the Anthropocene. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 41(5), 525–532. <https://doi.org/10.1177/0309133317736424>
- Erinç, S., (1986). Kıyılardan yararlanmada hukuki düzenlemelere jeomorfolojinin katkısı. *Jeomorfoloji Dergisi*, 14, 1–5.
- Erol, O., (1989). Türkiye'de kıyıların doğal niteliği, kıyı ve kıyı varlıklarının korunmasına ilişkin Kıyı Kanunu ve uygulamaları konusunda jeomorfolojik yaklaşım. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 6, 15–46.
- Gao, B-C. (1996). NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266. [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Gómez-Pazo, A., Payo, A., Paz-Delgado, M. V., & Delgadillo-Calzadilla, M. A. (2022). Open Digital Shoreline Analysis System: ODSAS v1.0. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(1), 26. <https://doi.org/10.3390/jmse10010026>
- Grottollı, H., Biauxque, M., Jackson, D., & Cooper, J. A. (2023). Long-term drivers of shoreline change over two centuries on a headland-embayment beach. *Earth Surface Processes and Landforms*, 48(13), 2500–2520. <https://doi.org/10.1002/esp.5641>
- Goudie, S. A. (1993). Human Influence in Geomorphology. *Geomorphology*, 7(1-3), 37–59. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(93\)90011-P](https://doi.org/10.1016/0169-555X(93)90011-P)
- Goudie, A., (2020). The human impact in geomorphology – 50 years of change. *Geomorphology*, 366, 106–120. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.12.002>
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2018). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide* (No. 2018-1179). US Geological Survey.

- Hoelle, J. & Kawa, N. C. (2021). Placing the Anthropos in Anthropocene. *Annals of the American Association of Geographers*, 111(3), 655–662.
- Hossain, S. Yasir, M. Wang, P. Ullah, S. Jahan, M., Hui, S., & Zhao, Z. (2021). Automatic shoreline extraction and change detection: A study on the southeast coast of Bangladesh. *Marine Geology*, 441, 106628. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106628>
- Hoşgören, M. Y. (1995). İzmit Körfezi Havzasının Jeomorfolojisi. In E. Meriç (Ed.), *İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi* (pp. 343–348). Deniz Harp Okulu Komutanlığı Basımevi.
- Hu, X., & Wang, Y. (2020). Coastline Fractal Dimension of Mainland, Island, and Estuaries Using Multi-temporal Landsat Remote Sensing Data from 1978 to 2018: A Case Study of the Pearl River Estuary Area. *Remote Sensing*, 12, 2482. <https://doi.org/10.3390/rs12152482>
- Kale, M. M., Ataol, M. & Tekkanat, İ. S. (2019). Assessment of shoreline alterations using a Digital Shoreline Analysis System: a case study of changes in the Yeşilirmak Delta in northern Turkey from 1953 to 2017. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 398. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7535-8>
- Kazı, H., & Karabulut, M. (2023). Monitoring the shoreline changes of the Göksu Delta (Türkiye) using geographical information technologies and predictions for the near future. *International Journal of Geography and Geography Education*, 50, 329–352. <https://doi.org/10.32003/igge.1304403>
- Kılar, H. & Çiçek, İ. (2018). Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin DSAS Aracı ile Belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 89–104. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000192
- Kılar, H., (2023). Shoreline change assessment using DSAS technique: A case study on the coast of Meriç Delta (NW Türkiye). *Regional Studies in Marine Science*, 57, 102737. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102737>
- Kuleli, T. (2010). Quantitative analysis of shoreline changes at the Mediterranean Coast in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167, 387–397. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1057-8>
- Lazuardi, Z., Karim, A., & Sugianto, S. (2022). Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) di Pesisir Timur Kota Sabang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(1). <http://doi.org/10.17969/jimfp.v7i1.18872>
- Li, J., Yang, L., Pu, R., & Liu, Y. (2017). A Review on Anthropogenic Geomorphology. *Journal of Geographical Sciences*, 27(1), 109–128.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <http://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Nassar, K., Mahmud, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., & Negm, A. (2019). Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1), 81–95. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2018.1448912>
- Özmen, B., (2000). *17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle)*. Türkiye Deprem Vakfı.
- Öztürk, D., & Uzun, S. (2023). Kızılırmak Deltası Kıyı Çizgisinin EPR ve LRR Yöntemleriyle 1984–2022 Periyodunda Değişim Analizi ve 2030 Yılı Tahmini. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 21(2), 306–339. <https://doi.org/10.33688/aucbd.1310132>
- Pouye, I., Adjoussi, D. P., Ndione, J. A., Sall, A. (2023). Topography, Slope and Geomorphology's Influences on Shoreline Dynamics along Dakar's Southern Coast, Senegal. *Coasts*, 3(1), 93–112. <https://doi.org/10.3390/coasts3010006>
- Price S. J., Ford J. R., Cooper A. H., & Neal, C. (2011). Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1938), 1056–1084, <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0296>
- Rózsa P., & Novák, T. (2011). Mapping anthropogenic geomorphological sensitivity on global scale. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 55(1), 109–117.
- Samra, R. M. A., & Ali, R. R., (2021). Applying DSAS tool to detect coastal changes along Nile Delta, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3-1), 463–470 <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.11.002>
- Singh, K. V., Setia, R., Sahoo, S., Prasad, A., & Pateriya, B. (2015). Evaluation of NDWI and MNDWI for assessment of waterlogging by integrating digital elevation model and groundwater level. *Geocarto International*, 30(6), 650–661. <https://doi.org/10.1080/10106049.2014.965757>
- Siyal, A. A., Solangi, G. S., Siyal, P., Babar, M. M., & Ansari, K. (2022). Shoreline change assessment of Indus delta using GIS-DSAS and satellite data. *Regional Studies in Marine Science*, 53, 102405 <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102405>
- Song, Y., Shen, Y., Xie, R., & Li, J. (2021). A DSAS-based study of central shoreline change in Jiangsu over 45 years. *Anthropocene Coasts*, 4(1), 115–128. <http://dx.doi.org/10.1139/anc-2020-0001>
- Steffen, W., Grinevald, J., & Crutzen, P. (2011). The Anthropocene: Conceptual and Historical Perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 369, 842–867.
- Szabó, J., David, L., & Loczy, D. (2010). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. Springer.
- Tağıl, Ş., & Cürebal, İ. (2005). Altınova sahilinde kıyı çizgisi değişimini belirlemede uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 51–68.

- Tağıl, Ş., Alevkayalı, Ç., & Aytan, B. (2023). Gediz Deltası Sulak Alanı Boyunca Kıyı Şeridi Evrimi ve Erozyon Hassasiyetinin Değerlendirilmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(Cumhuriyet'in 100. Yılı Özel Sayısı), 127–142. <https://doi.org/10.51800/ecd.1322803>
- Tarolli, P., Cao, W., Sofia, G., Evans, D., & Ellis, E. (2019). From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology. *Progress in Physical Geography*, 43(1), 95–128.
- Turoğlu, H., (1993). İzmit Körfezi doğu kıyısı dolgusunun mühendislik jeomorfolojisi açısından etüdü. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 4, 321–343.
- Turoğlu, H., (2009). 3621 Sayılı Kıyı Kanununun ve Onun Uygulama Problemleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 53, 31–40.
- Turoğlu, (2017). Deniz ve Göllerde Kıyı. In H. Turoğlu & H. Yiğitbaşıoğlu (Eds.), *Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla KIYI* (pp. 1–30). Jeomorfoloji Derneği.
- Turoğlu, H. (2019). Yapay kıyıların jeomorfolojik tanımlaması: Diliskelesi kıyıları örneği (Kocaeli, Türkiye). *Coğrafya Dergisi*, 39, 11–27. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2019-0015>
- Uzun, M. (2021). İzmit Körfezi Kıyılarında İnsan Kaynaklı Jeomorfolojik Değişimler ve Süreçler. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2021(7), 61–81. <https://doi.org/10.46453/jader.983465>
- Uzun, S. M. (2023). Riva (İstanbul) Kıyılarında Doğal ve Antropojenik Etkenlerle Değişen Kıyı Çizgisinin DSAS Aracı ile Analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2023(11), 95–113. <https://doi.org/10.46453/jader.1335105>
- Xu, H. (2006). Modification of Normalised difference water index NDWI to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033.
- Wu, Q., Miao, S., Huang, H., Guo, M., Zhang, L., Yang, L., & Zhou, C. (2022). Quantitative Analysis on Coastline Changes of Yangtze River Delta based on High Spatial Resolution Remote Sensing Images. *Remote Sensing*, 14, 310. <https://doi.org/10.3390/rs14020310>