

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :
ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

Yüksek riskli kıyısal değişim bölgelerinin Google Earth Engine (GEE) kullanılarak otomatik çıkarılması amacıyla gerçekleştirmiş olduğum bu araştırmamda her türlü bilgi ve desteğini benden esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr.Öğr.Üyesi Mustafa DİHKAN hocama ve değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Abdülaziz GÜNEROĞLU hocama teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olan, beni her daim destekleyen abim, annem, kardeşim ve çok sevgili babama; karşılaştığım her türlü zorlukta yanımda olan sevgili eşim Emre YILMAZ’a, Arş.Gör.Dr. Cansu BEŞEL, Ebru KALKAN OKUR ve Arş.Gör.Dr. Fatih Yesevi OKUR’a ayrıca teşekkür ederim.

Canan HAMZAOĞLU

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yüksek Riskli Kıyısal Değişim Bölgelerinin Google Earth Engine (GEE) Kullanılarak Otomatik Çıkarılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Mustafa DİHKAN ‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/06/2023

Canan HAMZAOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.1.1. Kıyı Çizgisi Göstergeleri	1
1.2. Kıyı Çizgisi Dinamiklerini Belirleme Yöntemleri	5
1.2.1. Yersel Ölçüm Teknikleri Kullanılarak Kıyı Çizgisi Değişimlerinin Tespiti.....	6
1.2.2. Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Kıyı Çizgisi Değişimlerinin Tespiti.....	6
1.3. Kıyı Çizgisi Tespitinde Kullanılan Veri Kaynakları	13
1.4. GEE Platformu ve Kıyı Çizgisi Değişim Analizine Faydası.....	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	25
2.1. Çalışma Alanı	25
2.2. Veri	27
2.3. Metot.....	28
3. BULGULAR	35
4. İRDELEME.....	47

5.	SONUÇ	51
6.	ÖNERİLER	53
7.	KAYNAKLAR.....	54

ÖZGEÇMİŞ



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

YÜKSEK RİSKLİ KIYISAL DEĞİŞİM BÖLGELERİNİN GOOGLE EARTH ENGINE (GEE) KULLANILARAK OTOMATİK ÇIKARILMASI

Canan HAMZAOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr.Öğr.Üyesi MUSTAFA DİHKAN
2023, 53 Sayfa

Kıyı bölgeleri çağlar boyunca insanlığın gözde mekanlarından biri olmuştur ve insanoğlunu cezbeden alanlar olarak yerleşim, ulaşım, rekreasyon, savunma ve ticaret amaçlı kullanılmıştır. Bu bölgeler hayvan ve bitkiler için yaşam alanı oluşturmalarının yanı sıra sahip oldukları mikro klima ikliminin sağladığı ılıman ve yumuşak etki sebebiyle tatil ve dinlenme olanağı sağlar. Kıyı bölgelerinin cezbediciliği insanların çeşitli nedenlerle bu alanlara yönelmesine sebep olmuş ve bu yönelim sonucunda bu bölgelere inşa edilen tesis ve yaşam alanları kıyı bölgelerinin değişmesine etki etmiştir. Bu sebeple kıyı çizgisinin konumunu saptamak ve zaman içinde uğradığı değişimleri belirlemek önemli bir konu olmuştur. Bu çalışmada kullanıcılara çok sayıda uzaktan algılanmış veri kümesine ücretsiz erişim sağlayan coğrafi bir veri işleme platformu olan GEE platformunda çeşitli konumsal sorgulama ve görüntü işleme algoritmaları yardımıyla Landsat verileri üzerinden kıyı çizgisini otomatik olarak tespit edebilen ve farklı zamansal periyotlar için metrik değişimlerini ortaya koyabilen bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yaklaşımla, 1985 ve 2021 yılları arasındaki farklı zamansal dönemler için kıyı çizgisi değişimleri GEE platformunda python yazılım dili kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Güney Karadeniz kıyı bölgesinde üç erozyon ve yedi dolgu alanı olmak üzere maksimum kıyı değişiminin olduğu enkesitler belirlenerek çalışma alanı on bölgeye ayrılmıştır. Erozyon bölgelerinde maksimum değişim miktarı yaklaşık -634m iken, dolgu bölgelerinde 1204m'ye kadar ulaştığı belirlenmiştir. Bu çalışmada kıyı değişiminin hızlı bir şekilde belirlenip kıyı yönetimi ve planlanmasına ilişkin konularda karar vericilere katkıda bulunması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kıyı değişim analizi, Google Earth Engine, Uzaktan algılama, Landsat, MNDWI indeks

Master Thesis

SUMMARY

AUTOMATIC EXTRACTION OF HIGHLY RISKY COASTAL RETREAT ZONES USING GOOGLE EARTH ENGINE (GEE)

Canan HAMZAOĞLU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatic Engineer Graduate Program
Supervisor: Dr.Öğr.Üyesi MUSTAFA DİHKAN
2023, 53 Pages

Coastal areas have been one of the favorite places of humanity throughout the ages and have been used for settlement, transportation, recreation, defense and trade as areas that attract human beings. In addition to creating habitats for animals and plants, these regions provide vacation and resting opportunities due to the mild and soft effect of their microclimate climate. The attractiveness of coastal regions has caused people to turn to these areas for various reasons, and as a result of this orientation, the facilities and living spaces built in these regions have affected the change of coastal regions. For this reason, it has been an important issue to determine the position of the coastline and to determine the changes it has undergone over time. In this study, an approach that can automatically detect the shoreline over Landsat data and reveal metric changes for different temporal periods with the help of various spatial query and image processing algorithms on the GEE platform, which is a geographical data processing platform that provides free access to many remotely sensed datasets to users, is proposed. With the proposed approach, coastline changes for different temporal periods between 1985 and 2021 are coded in the GEE platform using python software language. The results obtained revealed ten important regions with maximum coastal change, three of which were erosion and seven areas of accumulation, in the Southern Black Sea coastal region. It has been determined that while the maximum change amount is approximately -634 m in erosion zones, it reaches up to 1204 m in agglomeration zones. In this study, it is expected that the coastal change will be determined quickly and will contribute to the decision makers in matters related to coastal management and planning.

Key Words: Shoreline detection, Google Earth Engine, Remote Sensing, Landsat, MNDWI index

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Kıyı profili	2
Şekil 2. Kıyı kenar çizgisi göstergeleri.....	3
Şekil 3. Uzaktan algılama yöntemleriyle kıyı çizgisi belirlemede genel bakış	8
Şekil 4. Çalışma alanı	26
Şekil 5. Akış diyagramı	32
Şekil 6. Bölgelere ayrılan çalışma alanı	36
Şekil 7. A bölgesi	38
Şekil 8. B Bölgesi	39
Şekil 9. C Bölgesi	39
Şekil 10. D Bölgesi.....	40
Şekil 11. E Bölgesi	41
Şekil 12. F Bölgesi	42
Şekil 13. G Bölgesi.....	43
Şekil 14. H Bölgesi.....	43
Şekil 15. I Bölgesi	44
Şekil 16. J Bölgesi	45
Şekil 17. Değişim Trend Grafikleri	46

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Kıyı çizgisi izleme için farklı modern teknolojilerin özeti	20
Tablo 2. Landsat görüntülerinin teknik özellikleri	28
Tablo 3. Yıllara göre değişim miktarları	37



SEMBOLLER DİZİNİ

ACCA	Automated Cloud Cover Assessment
ACM	Aktif Kontur Modelini
AKM	Askıda Katı Madde
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CDM	Kıyı Çizgisi Fark Ölçümü
DEM	Dijital Yükseklik Modeli
DOM	Yüksek Hassasiyetli Sayısal Ortofoto Harita
DSAS	Dijital Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi
ETM	Enhanced Thematic Mapper
Fmask	Function of Mask
GEE	Google Earth Engine
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
HES	Hidroelektrik Santrali
HSV	Renk, Doygunluk, Parlaklık Uzayı
IHS	Yoğunluk, Ton, Doygunluk Uzayı
İHA	İnsansız Hava Aracı
LİDAR	Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini
MNDWI	Modifiye edilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi
MODIS	Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi
MSS	Multispectral Scanner System
NDSI	Normalized Difference Snow Index
NDWI	Normalleştirilmiş Su Farkı İndeksi
NIR	Yakın Kızılötesi Bant
OLI	Operational Land Imager
PCA	Ana Bileşen Analizi
SAR	Sentetik Açıklıklı Radar
SCA	Kıyı çizgisi değişim analizi
SURF	Speeded Up Robust Features
SVM	Destek Vektör Makinesi
SYM	Sayısal Yüzey Modeli

SWIR	Kısa Dalga Boyu Kızılötesi Bandı
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TM	Thematic Mapper
TOA	Top-Of-Atmosphere
UTM	Universal Transversal Merkator
VIR	Görünür Dalga Boyu
WT	Watershed Transformation



1. GENEL BİLGİLER

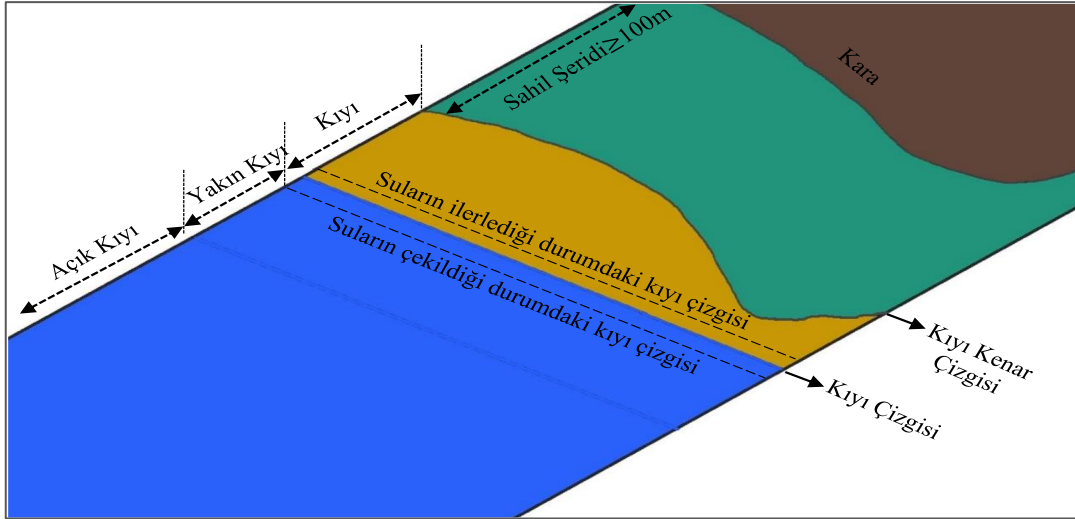
1.1. Giriş

Çağlar boyunca insanlığın gözde mekanlarından biri olan kıyı bölgeleri insanoğlunu cezbeden alanlar olarak yerleşim, ulaşım, savunma, ticaret gibi birçok amaçla kullanılmaktadır. İnsanların suya olan ihtiyacı kıyı bölgelerindeki popülaritenin artmasını sağlamıştır. Bu bölgeler hayvan ve bitkiler için yaşam alanı oluşturmalarının yanı sıra sahip oldukları mikro klima ikliminin sağladığı ılıman ve yumuşak etki sebebiyle tatil ve dinlenme olanakları sağlamaktadır. Gelişen ekonomik düzey, kıyı kullanımını yaygınlaştırır ve insanların kıyıya yönelimini artırarak çeşitli ihtiyaçlar doğrultusunda bu bölgelerin kullanımına yönelik isteği açığa çıkarır.

1.1.1. Kıyı Çizgisi Göstergeleri

Kıyılar; salt kara ile su arasındaki bir sınır çizgisi biçiminde olmayıp denizden karaya doğru şeritler halinde uzanan, uzunlamasına ve derinlemesine olmak üzere iki boyuta sahip olarak kabul edilen yerlerdir (Çelik, 2015). Gens' e, (2010) göre kara ile okyanus etkileşimleri denizde 200m batimetrik konturdan karada 200m yükseklik konturuna kadar tüm bölgedir. Şekil 1' de görüldüğü gibi tipik bir kıyı profilinde dört genel alan tanımlanabilir; kıyı kenar çizgisinin kara yönünde yatay olarak en az 100m mesafeden başlayan sahil çizgisi, kıyı, yakın kıyı ve sonrasında açık kıyı kısmı gelmektedir.

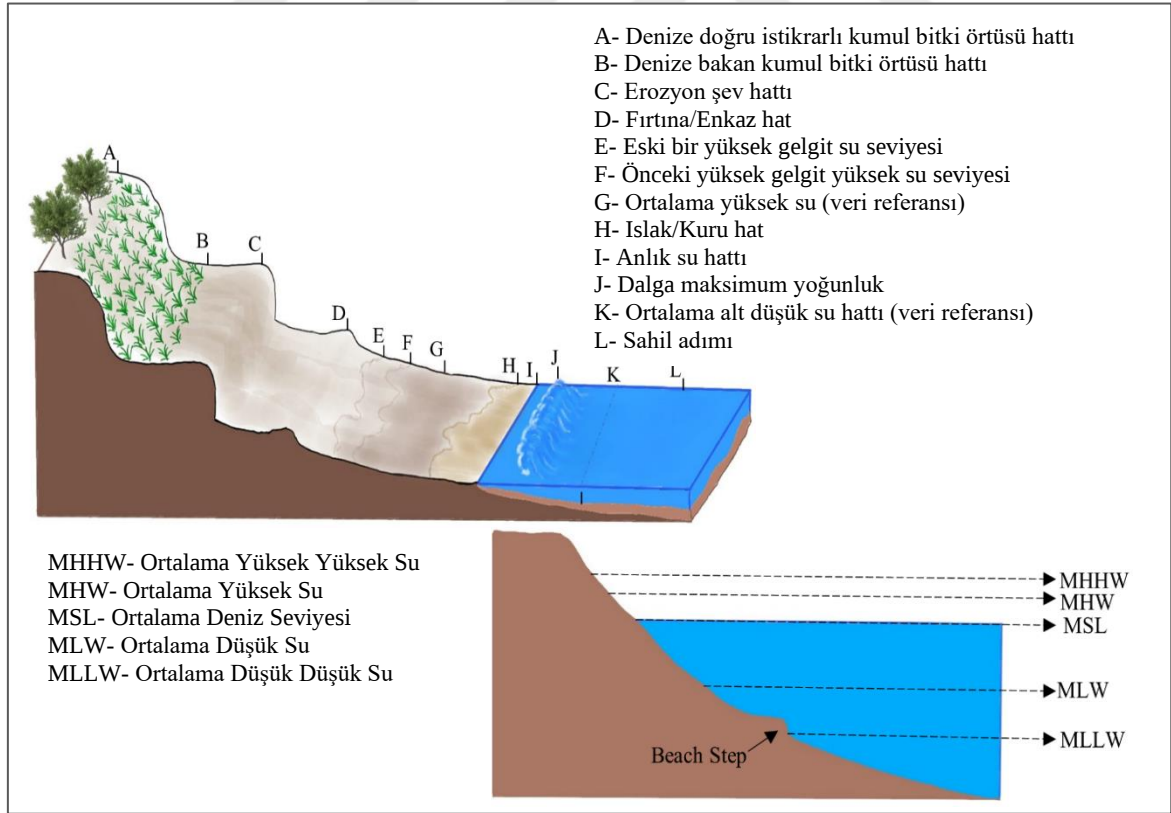
Kıyı çizgisi değişiminin belirlenebilmesi için öncelikle kıyı çizgisinin bir tanımı yapılmalıdır (Toure vd., 2019). Kıyı çizgisi; deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında suyun herhangi bir anda kara parçasına değdiği noktaların birleştirilmesi ile oluşan ve kara ile su ortamını birbirinden ayıran çizgidir (Turoğlu, 2010). Dünya çapında yaklaşık 504.000km kıyı çizgisi olduğu ve Dünya nüfusunun %50' sinden fazlasının denizin 100km yakınında yaşadığı tahmin edilmektedir ve bu durum ekonomik ve sosyal öneme sahip kıyı çizgilerinin tespit edilme ve izlenme gereksinimini ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 1. Kıyı profili (Sesli, 2006; Turoğlu, 2010; Toure vd., 2019 çalışmalarından uyarlanmıştır).

İdealde kara ve suyun fiziksel ayrımı olarak karakterize edilen kıyı çizgisi aslında her kıyı için bu tanımlı sağlayamadığı ve kıyı profilleri farklı olduğundan deniz seviyesine, dalgalara, gelgitlere, jeomorfolojik durum, bitki örtüsünün konfigürasyonu ve kıyıya yakın akıntılar gibi sebeplere bağlı olarak değiştiği için kullanılabilecek tek bir kıyı çizgisi göstergesi yoktur. Kıyı çizgisi göstergesi 'gerçek' kıyı çizgisi konumunu temsil etmek için temsili olarak kullanılan bir özelliktir (Gens, 2010). Boak ve Turner, (2005) kıyı çizgisi göstergelerini üç grupta kategorize etmiştir. Bunların ilki görünür ayırt edilebilir özellikler, diğeri kıyı profilinin belirli bir alanın gelgit bileşenleri tarafından tanımlanan belirli bir dikey yükseklikle kesişmesiyle belirlenen gelgit referans noktası tabanlı kıyı çizgisi göstergesi ve son olarak kıyı çizgisini çıkarmak için görüntü işleme tekniklerine dayalı göstergelerdir. Görünür ayırt edilebilir özellikler ıslak-kuru sınır, eski yüksek gelgit su seviyesi, denize doğru kumul bitki örtüsü hattı, bitki örtüsü çizgisi gibi fotoğraf yorumlamak için tercih edilen göstergelerdir. Hoeke vd., (2001) bitkili ve bitkisiz plaj alanları arasındaki ton farklılıklarının meydana getirdiği belirgin kenar çizgisini belirleyebilen bir araç geliştirmiştir. Gelgit verilerine dayalı göstergeler ise; ortalama düşük su seviyesi, ortalama deniz seviyesi gibi gelgit parametrelerinin kıyı profiliyle kesiştirilmesiyle belirlenir. Stockdon vd., (2002) Havadan Taramalı Lazer verilerinden küresel konumlandırma sistemi (GPS) tabanlı kıyı çizgisi konumlarının hızlı bir şekilde tahmin edilmesini sağlayan bir metodoloji geliştirmiştir. Daha sonra LİDAR (Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini) verilerinin kıyıları arası profillerine bir fonksiyon uydurularak gelgit verisi tabanlı kıyı çizgileri

bulunmuştur. Üçüncü kategori ise, dijital kıyı görüntülerinden insan gözüyle görülemeyen temsili kıyı çizgisi özelliklerini çıkarmak için görüntü işleme tekniklerinin uygulanmasına dayanmaktadır. Bu üçüncü kategorinin bir örneği olarak Aarninkhof vd., (2000) video sistem vasıtasıyla elde ettiği bir yıllık görüntüleri HSV (Renk-Doygunluk-Parlaklık) renk uzayına dönüştürerek ıslak ve kuru araziye ayıran bir metodoloji sunmuştur. Toure vd., (2019) kıyı çizgisi göstergelerini jeomorfolojik referans çizgileri, bitki örtüsü limitleri, anlık gelgit seviyeleri ve ıslanma limitleri, gelgit verileri, sahil konturları ve fırtına çizgileri olarak yedi türde derlediği bir çalışma yapmıştır. Bu tür göstergelerin her biri, kıyı tespiti ve izleme için kullanılmış olan farklı göstergelerle ilgilidir ve göstergeler, plaj alanındaki çevresel değişikliği gösterebilmelidir. Bu göstergelerin kesinliği, ekipman kalitesine, çalışma koşullarına ve operatörün deneyimine bağlı olduğu için farklı kullanıcılar ya da farklı ekipmanlarda farklı sonuçlar vermektedir. Bu amaçla uzaktan algılama kıyı çizgisi göstergelerini belirlemede iyi bir yöntem sunabilmektedir. Şekil 2’ de kıyı kenar çizgisi göstergeleri Boak ve Turner, (2005); Silveira vd., (2010) ‘ dan düzenlenerek gösterilmiştir.



Şekil 2. Kıyı kenar çizgisi göstergeleri (Boak ve Turner, 2005; Silveira vd., 2010 çalışmalarından derlenmiştir).

Kıyı kavramı su ve kara kütlelerinin fiziki ayrımı olarak tanımlansa da şüphesiz ki insanlık tarihi için anlamı çok daha önemlidir. Kara ve deniz kütleleri arasındaki bağlantıyı sağladıkları için Dünya genelinde büyük bir öneme sahip olan kıyılar; insan ve çevre üzerindeki etkileri sebebiyle birçok çalışmanın da konusunu oluşturmaktadır. Kıyılar; doğa ve insan ile etkileşim içerisindedir ve kıyı bölgeleri birçok etkileşim unsuru içerir. Bu alanlar; hidrografi, jeoloji, iklim ve bitki örtüsü gibi doğal olaylara ek olarak, antropojenik faaliyetlerden de etkilenen çok dinamik ortamlardır ve bu tarz faaliyetler kıyı dengesini değiştirmekte çok önemli bir role sahip olmuştur (Guariglia vd., 2006).

Şehirleşme, sanayileşme, kentleşme gibi insan aktiviteleri ve sediment kaynağı, dalga varlığı, küresel ısınmayla buzulların erimesi gibi doğal olayların bir sonucu olarak kıyılar sürekli değişim içerisindedirler. Deniz seviyesinin yükselmesi ya da fırtınayla oluşan kıyı erozyonu, şiddetli rüzgâr ve kıyı akıntısıyla sedimentlerin başka bir alana taşınmasıyla da meydana gelebilir. Bu taşınma fırtına ya da tsunami etkisiyle ortaya çıkan değişim kadar hızlı olmamakla birlikte kıyıda yer alan kumsalların şekil ve yapısında kalıcı değişikliklere sebep olup mülk ve kıyı çizgisi kaybına sebep olabilmektedir (Yadav vd., 2018; Uzun ve Garipağaoğlu, 2014). Pratikto vd., (2021) kıyı çizgisi hakkında bilimsel bilgi ve toplam Askıda Katı Madde (AKM) konsantrasyonunu analiz etmek için bir çalışma yapmıştır. Bölgede inşa edilen bir liman ıslahının öncesi ve sonrası dönemde kıyı çizgisi değişikliklerini ve gelecekteki eğilimini belirlemek, su akış ve TSS konsantrasyonlarını modellemek için yapılan bu çalışmanın sonucunda; körfez limanında ıslah yığınının ve limandan aşınmış kum tanelerinin TSS miktarını arttırmış olduğu ve limanda rutin bakım yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca şehirleşmenin ve sanayileşmenin bir sonucu olarak çeşitli sebeplerle kıyılarda alan kazanımları da mümkün olabilmektedir. Kıyı bölgelerinin cezbediciliği insanların çeşitli nedenlerle bu alanlara yönelmesinde etkili olmuştur ve bu yönelim sonucunda bu bölgelere inşa edilen tesis ve yaşam alanları kıyı bölgelerinin değişmesine etki etmiştir. Kıyının değişimine iklim değişiminin bir sonucu olarak deniz seviyesinin değişimi ya da oluşan bir kasırganın kıyıda yapacağı tahribatın yanında plaj aktiviteleri, liman inşaatları, barajlar, turizm faaliyetleri de etki etmektedir ve bu sebeple kıyılar dinamik bir değişim halindedir.

Dünya genelinde kıyı morfolojisi sürekli bir değişim içerisindedir. Öyle ki, Dünyanın kumlu kıyılarının %24'ünün kıyı erozyonundan olumsuz yönde etkilendiği (0,5 m/yıl 'ı aşan oranlar), %28' inin dolduğu ve %48' inin ise değişmediği tahmin edilmektedir (Luijendijk vd., 2018). Kıyı çizgisine sahip ülkelerin çoğu kıyı erozyonuna maruz kalmaktadır. Kıyı

bölgeleri dünyanın ekolojik miraslarından biri olup küresel ölçekte Dünya nüfusunun yaklaşık %40' ını barındırmaktadır. Bu sebeple kıyısal erozyon ekonomik ve çevresel olarak önemli sorunlardan biri haline gelmektedir. Kıyı erozyonu arazi kaybını tetiklediği gibi bölgedeki tatlı-tuzlu su dengesini değiştirebilir, tür göçü ya da biojeokimyasal döngülerde değişikliğe sebep olabilir. Vurgulanan bu değişimler hemen hemen tüm Dünya kıyılarında gözlemlenmektedir. Kıyı erozyonu, hidrosfer (okyanus dalgaları ve akıntıları), atmosfer (deniz seviyesini etkileyen aşırı fırtınalar ve rüzgarlar), jeosfer (kıyı çizgisi değişiklikleri ve çökme) ve antroposfer (örneğin bentlerin, yapay koruma yapılarının, kentsel alanların varlığı) gibi olaylarla tetiklenip sedimentlerin kıyıdan uzaklaşması ve çökmesi arasındaki zaman dengesizliğinden oluşan ve kıyı hassasiyetini önemli ölçüde artıran fiziksel bir olgudur (Fogarin vd., 2021).

İnsanlık tarihinin kıyı bölgelerindeki varlığı düşünüldüğünde kıyı çizgisinin konumunu saptamak ve zaman içinde uğradığı değişimleri belirlemek önemli bir araştırma konusu olmuştur. Ayrıca kıyı alanlarının planlanması, bu alanlardaki sürdürülebilir kalkınma, kaynak yönetimi, ekonomik faaliyetler gibi kıyı bölgesi yönetimi için kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi ve izlenmesi oldukça önemlidir. Kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi, kıyıların beklenen deniz seviyesi yükselmesine ve iklim değişikliği ile ilgili kıyı tehlikelerine karşı fiziksel savunmasızlığının değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Huang vd., 2020). Kıyı çizgisi değişikliğinin izlenmesi sadece deniz seviyesindeki değişimin zamansal ve mekansal modelinin kıyı değişimi ile potansiyel ilişkisini araştırmak için kullanılmaz. Ayrıca kıyı bölgelerindeki arazi planlaması, kıyı kaynaklarının yönetimi, kıyı alanlarının sürdürülebilir gelişiminin planlanması için itici faktörlerin belirlenmesi, bilimsel ve akılcı politikalar oluşturulması için hükümet yetkilileri ve kıyı yöneticilerine temel bilgiler sağlamayı da mümkün kılar. Bu sebeple; kıyı çizgisi değişiminin daha iyi modellenmesi ve tahmin edilmesi için kıyı çizgisi dinamiğinin büyük mekansal ölçeklerde ve uzun zaman dilimlerinde izlenmesi gerekmektedir (Xu, 2018).

1.2. Kıyı Çizgisi Dinamiklerini Belirleme Yöntemleri

Kıyı çizgisi değişim analizi (SCA), 1970'lerden beri kıyı çizgilerinin konumunu tanımlamak ve bu alandaki değişikliği ölçmek için kullanılan yöntem ve yaklaşımları ifade eden geniş bir tanımlayıcıdır. Fakat kıyı çizgisi değişim analizi ifadesi 1970' lere kadar araştırma makalelerinde yer almasa da 19. yy'da Gulliver (1899)'in kıyı çizgisi

konumundaki hareketlere ve buradaki mekansal ve zamansal varyasyonlara atıfta bulunmuş olduğu çalışma gibi yapılan daha eski araştırmalarda da kıyı çizgisi dinamiklerine önemli ölçüde yer verilmiştir. Sonrasında hidrografik ve topografik haritaların artmasıyla doğal ve antropojenik etkinin kıyı değişimi üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi bu alandaki çalışmalara ivme kazandırmıştır. Kıyı çizgisinin belirlenmesi ve izlenmesi geleneksel olarak yersel ölçüm teknikleri ya da uzaktan algılama teknikleriyle yapılmaktadır. Önceki dönemlerde kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesinde sahaya özgü yöntemler literatürde yaygın olmasına karşı kıyı bölgelerinin haritalanması için hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin yaygınlaşmasıyla kıyı değişimin tespiti için kullanılan yaklaşımlar değişmiştir.

1.2.1. Yersel Ölçüm Teknikleri Kullanılarak Kıyı Çizgisi Değişimlerinin Tespiti

İnsanoğlunun yıllar boyunca kıyıyla olan etkileşiminin bir sonucu olarak, kıyının maruz kaldığı etkiler, değişim ve değişim miktarı, geçmişteki ve gelecekteki konumu gibi konular araştırmacıları çekmektedir. Bu sebeple kıyı değişimini belirlemek için farklı metot, yöntem ve veri setleri kullanılmıştır. Kıyı dinamiklerini kara tabanlı ölçme yöntemleri kullanarak izlemek mümkündür fakat üç boyutlu değişim modelini tahmin etmek için yeterli yoğunlukta veri toplamak pratikte zordur. Bu zorlukların üstesinden gelmek için GPS' ten faydalanmak karasal tekniklere göre nispeten daha ucuz ve ölçüm doğruluğunu koruyan bir yöntemdir (Morton vd., 1993). Geleneksel yöntem saha çalışması içerdiği için zaman alıcı, zahmetli, uzun vadeli devam eden yerinde ölçümlere dayanır ve büyük çaptaki yerlerin analizi için zordur (Huang vd., 2020). Ayrıca yerinde ölçümlere dayalı uzun vadeli kıyı izleme programları dünya çapında yalnızca birkaç alanla sınırlı olduğundan, veri kıtlığı süregelen bir zorluk olmaya devam etmektedir (Barnard vd., 2015).

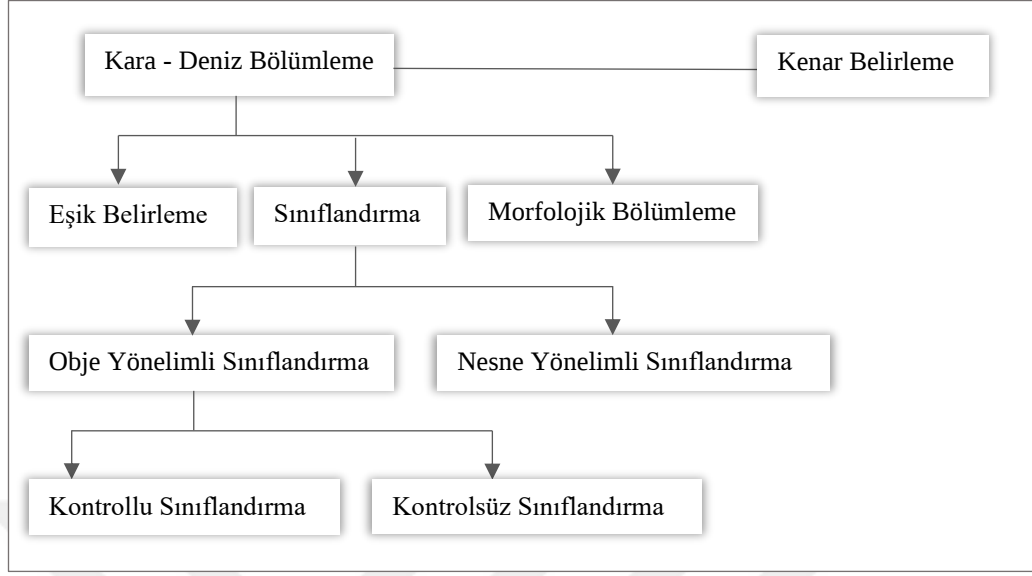
1.2.2. Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Kıyı Çizgisi Değişimlerinin Tespiti

Uzaktan algılama yaklaşımlarının gelişmesiyle uydu görüntülerinin sayılarının artması, çözünürlüklerinin iyileştirilmesi ve CBS sistemleriyle kombine edilmesiyle kıyı çizgisi değişim araştırmalarında büyük bir artışa sebep olmuştur. Uzaktan algılama hedef nesneyle herhangi bir temas olmadan bir uçak veya uzay aracı platformuna monte edilmiş

sensör yardımıyla söz konusu nesneden yansıyan ya da yayılan enerjiyi ölçerek bu nesne hakkında bilgi almayı sağlar ve bu bilgiler; mekansal verileri yakalamak, depolamak, geri almak, analiz etmek ve görüntülemek için kullanılan CBS platformunda kullanılır. Uzaktan Algılama ve CBS, saha araştırmasıyla birlikte, su üzerindeki çevresel değişiklikleri değerlendirmek için değerli mekansal bilgiler sağlamaktadır. Kıyı değişiminin belirlenmesi için en az iki farklı zamana ait veriler gerekmektedir ve bu değişim, yersel alan ölçümleri için arazide ölçülmüş en az iki profil arasındaki farkı ifade ederken uzaktan algılama için iki farklı zamandaki uydu görüntüsünü ifade etmektedir. Kıyı değişimini takip etmek için belirli bir alana yönelik var olan eski ve yeni iki görüntüyü kıyaslamak o bölgede yapılacak topografik yersel ölçümlere göre daha pratiktir (Temiz ve Durduran, 2016). Değişimin belirlenmesi için elde edilen veriler hava fotoğrafı ya da yer araştırması gibi geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında CBS ve uzaktan algılama teknikleri daha doğru sonuçlar vermektedir. Çünkü geleneksel yöntemler pahalıdır ve elde edilen ham verilerin elde edilmesi ve işlenmesi için gereken süre uzundur. Verilerin elde edilme ve işleme sürecinin uzun olması sonuç ürününün güncelliğini koruyamaması anlamına gelmektedir (Muslim vd., 2007). Kıyı çizgisinin haritalanmasında geleneksel yöntemler, geleneksel alan araştırmalarına ya da hava fotoğraflarının yorumlanmasına dayanır. Düzeltilmiş hava fotoğrafları genellikle analitik stereo çizim ekipmanı kullanılarak manuel olarak yorumlanır ve kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi için yapılan uçuşlar ve hava fotoğrafı analizleri yüksek bir maliyet anlamına gelmektedir. Bu bağlamda uydu uzaktan algılama verileriyle görüntü işleme, geniş alanlar için yüksek tekrar sıklığı ve zamansallığa rağmen nispeten daha düşük maliyet imkânı sağlar (Guariglia vd., 2006).

Kıyı çizgisi göstergelerini temsil eden birçok özellik vardır. Bunlar görünür/ ayırt edilebilir özellikler olabilirken LİDAR gibi topografik araştırma teknikleri kullanılarak bölgenin dijital arazi modeli oluşturulup bu yüzeyin gelgit verileriyle tanımlanan dikey bir yükseklikle kesiştirilmesiyle de belirlenebilir. Fakat zamanla piksellerin farklı dalga bantlarındaki farklı spektral tepkilerine göre gruplandırılmasıyla yeni bir kıyı çizgisi gösterge grubu çok daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Sekovski vd., 2014).

Uzaktan algılanmış görüntülerden kara ve su kısımlarını ayırmada otomatik kıyı çizgisi çıkarma yöntemlerini Toure vd., (2019); kenar algılama yaklaşımları, bir eşik değerinin belirlendiği bant eşikleme yöntemleri ve görüntüyü kara ve su bileşenlerine ayırarak iki sınıf arasındaki çizgiyi kıyı çizgisi olarak almayı amaçlayan sınıflandırma yaklaşımları olarak üç kategoride gruplandırmıştır.



Şekil 3. Uzaktan algılama yöntemleriyle kıyı çizgisi belirlemede genel bakış (Toure vd., 2019 çalışmasından uyarlanmıştır).

Eşikleme, bir histogram kullanarak görüntüleri birkaç sınıfa ayırmayı amaçlayan en basit bölütleme tekniğidir. Karsli vd., (2011) Landsat TM (Thematic Mapper) ve ETM(Enhanced Thematic Mapper) uydu görüntülerine su-kara spektral özelliğini artırmak için NDWI (Normalleştirilmiş Su Farkı İndeksi) indeksi kullanmış ve Otsu eşikleme algoritmasıyla 1987 ile 2001 yıllarındaki kıyı çizgilerini otomatik olarak çıkarıp değişimi belirlemiştir. Görmüş vd., (2021) Karadeniz’ de havza ölçeğinde 1972- 2018 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişimini incelemek için 96 adet Landsat uydu görüntüsünü kullanarak bu değişimi Dijital Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi (DSAS) ile hesaplamıştır. Çalışmada tüm Karadeniz kıyı çizgisi üst üste binecek şekilde yirmi sekiz alt bölgeye ayrılmıştır. Sonrasında Landsat arşivinden bulutlu ve çizgi hatası olan görüntüler elimine edilerek bu bölgelere ait görüntüler indirilmiştir. Görüntülere radyometrik kalibrasyon sonrasında NDWI indeksi uygulanmıştır. Daha sonrasında her bir görüntü için manuel olarak eşik değeri belirlenip nihai kıyı çizgileri elde edilmiş ve kıyı çizgisi değişimi DSAS ile hesaplanmıştır. DSAS v4.2, United States Geological Survey (USGS) ve TPMC Çevre Hizmetleri tarafından ortaklaşa geliştirilen bir yazılımdır ve bir kullanıcının birden fazla zamansal periyoda ait kıyı çizgisi konumundan değişim hızı istatistiklerini hesaplamasına olanak tanır (Thieler vd., 2009). Aedla vd., (2015) Hindistan Uzaktan Algılama Uydusu IRS P6 ve IRS R2 uydu görüntüleriyle histogram eşitleme ve uyarlamalı eşikleme tekniklerini

kullanan otomatik bir kıyı çizgisi algılama yöntemi önermektedir. Çalışmada suyun güçlü emiliminden dolayı bitki örtüsü ve açık topraktan daha karanlık görüldüğü yakın kızılötesi bandı kullanılarak tek bantlı uydu görüntüleriyle kıyı özelliklerini geliştirmek için kırılmış bir histogram eşitleme tabanlı kontrast iyileştirme yöntemi önerilmiştir. Kontrastı iyileştirilmiş uydu görüntülerinden belirlenen eşik değeriyle görüntüler sınıflara ayrılmıştır. Morfolojik operasyon sonrasında görüntülere kenar belirleme algoritması uygulanarak kıyı çizgileri elde edilmiş ve sonrasında kıyı çizgisi değişimleri DSAS ile belirlenmiştir. Fakat bu teknik pankromatik görüntülerin iki sınıfa bölünebilmesi için geliştirilmiş olup çok bantlı görüntülerdeki gri seviyeli histogram bilgi kaybına sebep olabileceği için bazı araştırmacılar kıyı çizgisi belirlemede sınıflandırma yöntemlerini kullanmıştır.

Sınıflandırma, bir görüntüdeki piksellerin sınıf adı verilen bir dizi homojen bölgeye atanarak görüntünün basit bir veri sunumunu elde etmek olarak tanımlanabilir (Toure vd., 2019). Piksel Yönelimli Sınıflandırma (Pixel-Based Classification) ve Nesne Yönelimli Sınıflandırma (Object-Based Classification) olmak üzere iki sınıflandırma türü mevcuttur (Şekil 3). Pikselin spektral bilgisini kullanan Piksel Yönelimli Sınıflandırma; kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak iki kısımda kategorize edilmektedir. Kontrollü sınıflandırma, Lin vd., (2022) muson mevsiminde büyük dalgaların ve kuvvetli rüzgarların etkisi altında kalan Malezya yarımadasının doğu kıyısındaki 2016- 2020 yılları arasındaki kıyı değişimini incelemiştir. Çalışmada Sentinel 2A uydu görüntüsü maximum likelihood sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılmıştır. Bu yöntemle görüntü; kara, su kütlesi ve kıyı olmak üzere üç bölgeye ayrılıp sonrasında kıyı çizgisi manuel sayısallaştırılarak vektör katmanına dönüştürülmüştür. Çalışma sonucunda neredeyse tüm erozyon alanlarının kritik ve yüksek erozyon oranına dahil olduğu görülmüştür. Li ve Damen, (2010) Landsat, Spot, topografik ve deniz haritası kullanarak kıyı çizgisi değişimini belirlemiştir. Çalışmada kıyı çizgisi çıkarımı için en iyi sahte bant kombinasyonları test edilerek 7, 4, 2 bantlarının kıyı çizgisi ve nehir bandının haritalanmasında en etkili kombinasyon olduğu bulunmuştur. Sonrasında kıyı çizgisi kara ve su arasındaki ayırım olduğu için suyun karadan daha az yansıma yaptığı kızılötesi bantları görüntülerden seçilmiş fakat test edilen bu iki yöntem bulutlu görüntülerde bazı problemlere yol açtığı görülmüştür. Kıyı çizgisi çıkarımı için ERDAS'ta denetimli sınıflandırma algoritmasıyla kıyı çizgileri çıkarıldıktan sonra ArcGIS'te değişimler tespit edilmiştir. Viana vd., (2019) K-means kontrolsüz sınıflandırma algoritmasıyla kıyı çizgisi çıkarımı yapmıştır. İlk olarak uzamsal çözünürlüğü artırmak için Sentinel 2 görüntüsüne füzyon uyguladıktan sonra su kütlelerini çıkarılmasını

kolaylaştırmak için NDWI (Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi) ve MNDWI (Modifiye edilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi) su indeksleri uygulanmıştır. Daha sonra bu iki indeks IHS (Intensity Hue-Saturation) ve PCA (Ana Bileşen Analizi) yöntemleri kullanılarak birleştirilmiştir. K-means algoritmasından sonra görüntü su, bitki örtüsü ve beton/toprak olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Beton/toprak sınıfıyla bitki örtüsü sınıfı birleştirilmiş ve geriye iki sınıf barındıran görüntü ortaya çıkmış ve bu sayede kıyı çizgisi belirlenmiştir. Nesne yönelimli sınıflandırma ise hem spektral hem de uzamsal bilgilerin kullanıldığı piksellerin spektral özelliği, dokuları ve onları çevreleyen piksellerle arasındaki ilişkiye göre sınıflandırılmasını içerir. Zhang vd., (2013) nesne tabanlı bölge büyüyen entegre kenar algılama yöntemi (OBRGIE) kullanarak kıyı çizgisi tespiti yapmıştır. Bunun için görüntülere segmentasyon uygulanıp sonrasında kenar piksellerini belirlemek için yakın kızıl ötesi (NIR) bantlarda kenar algılama algoritması kullanılmıştır. Daha sonrasında okyanusta tohum (seeds) ve aday (candidates) nesneler tanımlanıp tohum pikseller uygun aday piksel sınırlarına kadar genişletilmiştir. Ardından araştırmacıların geliştirdikleri nesne birleştirme indeksi (OMI) ile hiçbir aday piksel birleştirilemeyinceye kadar iterasyon süreci devam ettirilerek kıyı çizgisi vektörizasyonu sağlanmıştır. Bayram vd., (2015) 2007 ve 2013 yıllarındaki kıyı çizgisi tespiti ve değişimini belirlemek için nesne yönelimli sınıflandırma tekniğini kullanmıştır.

Morfolojik Bölümleme (Morphological Segmentation) tekniklerinde ise çok yüksek çözünürlüklü optik uydu görüntülerinin arazideki geometrik nesneleri ayırt etme yeteneğine sahip olması birçok çalışmada kıyı çizgisi tespiti için morfolojik bölümleme tekniğinin kullanılmasına sebep olmuştur. Bağlı vd., (2004) kıyı çizgisini ve göl sınırlarını otomatik olarak çıkarmak için Landsat 7 görüntülerine Tohumlanmış Bölge Büyümesi (Seeded Region Growing- SRG) ve Havza Dönüşümü (Watershed Transformation- WT) olmak üzere iki morfolojik görüntü segmentasyon tekniği uygulamıştır. SRG, homojenlik parametrelerini ayarlayarak büyüyen bölgeyi kontrol etmek yerine bir dizi tohum bölgesi seçilmesiyle başlayan Region Growing tekniği kullanılarak görüntüdeki her pikselin bir kümeye atanmasını sağlayan bir segmentasyon yöntemidir. WT, görüntü minimumları etrafında bir kümeleme sağlayarak görüntüdeki nesneleri ayırmayı sağlar.

Literatürde kıyı çizgisi belirlemeye yönelik olarak Kenar Belirleme (Edge Detection) tabanlı yaklaşımlardan da faydalanılmıştır. Bu tür yaklaşımlarda gri seviye bir görüntünde yoğunluk değişimlerinden faydalanılarak kenar tespiti yapılabilen algoritmalar geliştirilmiştir. Kıyı çizgisi tespiti için kullanılan Canny Edge detection, Snakes, Level Set

Algorithm gibi birçok kenar belirleme dedektörü vardır. Spinosa vd., (2021) Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntülerine Canny kenar dedektörü uygulayıp otomatik olarak kıyı çizgisinin konumunu belirlemiştir. Otsu yöntemi kullanılarak görüntü segmentasyonu sağlandıktan sonra Canny kenar dedektörüyle segmente edilen görüntüde kıyı kenar çizgisi belirlenmiştir. Wei vd., (2021) SAR görüntüleriyle kıyı çizgisi çıkarmada zayıf sınır problemlerini çözmek için Snakes olarak da adlandırılan Aktif Kontur Modelini (ACM) geliştirerek oluşturdukları Geometrik Aktif Kontur (GAC) modeline dayalı bir çalışma gerçekleştirmiştir. ACM modeli yinelemeli olarak devam eden ve bölge büyütme mantığına dayanan bir görüntü segmentasyon algoritmasıdır. Algoritma öncelikle görüntüde ilgilenilen bölgede bir başlangıç konturunun verilmesi ve ardından kontur çizgisini görüntüde hareket ettirmek için bir enerji fonksiyonunun en aza indirilmesi ve birkaç yinelemeden sonra kontur çizgisinin sürekli olarak değiştirilerek konturun görüntüdeki nesnelerin sınırlarına yaklaşması mantığına dayanmaktadır. Söz konusu çalışmada da SAR görüntüleri için grid örnekleme noktaları oluşturulmaktadır. Ardından kıyı çizgisinin kaba bir konumlandırmasını elde etmek için grid örnekleme noktalarından birkaç küçük disk çizilerek yinelemelerle birlikte kıyı çizgisi elde edilmektedir.

Önceki dönemlerde yapılan çalışmalarda kıyı çizgisi belirleme algoritmaları genel olarak değerlendirildiğinde, kıyı çizgisi tespiti için tek bir görüntü işleme tekniği kullanmak yerine aşamalı mekanizmalar içeren karmaşık mekanizmalar tasarlandığı anlaşılabilmektedir. Bouchahma vd., (2012) bilgisayarla görü algoritmaları ve uzaktan algılama verilerine dayalı bir yaklaşım kullanarak hızlı sosyo-ekonomik gelişmenin insan kaynaklı değişime neden olduğu çalışma bölgesindeki kıyı değişimini belirlemiştir. Bu alanda başlangıç dönemlerinde genellikle kıyı çizgileri CBS sistemleri kullanılarak uzmanlar tarafından yorumlama teknikleriyle manuel olarak belirlenmekteydi. Önerilen bu yaklaşımda Landsat görüntülerine eşik değer belirleme, Canny edge detection ve Speeded Up Robust Features (SURF) algoritmaları kullanılarak değişimler belirlenmiştir. Manuel olarak kırılan çalışma bölgesini diğer uzaktan algılama görüntülerinde tam olarak aynı koordinatlarda üst üste bindirmek için SURF algoritması kullanıldıktan sonra kara ve suyu ayırmak için threshold segmentasyon işlemi uygulanmıştır. Sonrasında değişikliklerin daha iyi tespiti için ikili görüntünün pencereden pencereye (window-to-window) karşılaştırılması ve kenar algılamaya dayalı yöntem birleştirilerek otomatik doğrulama sağlanmış ve kıyı çizgisi değişiklikleri tespit edilmiştir.

Günümüzün uzaktan algılama verileri (örneğin; LİDAR, SAR vb.), kısıtlı zamansal çözünürlükte de olsa kıyı izleme analizlerinin mekansal kapsamını önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca kıyı çizgisi çıkarım yaklaşımlarında otomatizasyon ve doğruluk düzeyini arttırmaya yönelik olarak sinir ağları, destek vektör makinesi (SVM) gibi makine öğrenim algoritmaları da kullanılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda makine öğrenimi modeli uzaysal ve zamansal anlamda verilerin kısıtlı olduğu bir alanda yapılan kıyı bilimini veri açısından daha zengin bir alana dönüştürmeyi planlamaktadır. Uydu veri kümeleri büyüdükçe ve daha ölçeklenebilir ve erişilebilir hale geldikçe makine öğrenme modelleri kıyı bilimi için daha cazip hale gelmektedir (Vitousek vd., 2022). Makine öğrenimi kapsamına yer alan derin öğrenmenin uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında kullanılması kıyı çizgisi gibi arazi örtüsü detaylarını haritalandırılarak jeomorfolojik süreçlerin analiz edilip yorumlanmasına katkı sağlamaktadır (Buscombe ve Ritchie, 2018). Fogarin vd., (2021) 2015-2019 yılları arasındaki uydu görüntülerini makine öğrenimi ve CBS tabanlı uzamsal araçlarla entegre ederek kısa vadeli kıyı çizgisi evrim trendlerini analiz etmiştir. Görüntülerde Logistic Regression, Artificial Neural Networks, Random Forest makine öğrenimi sınıflandırma yöntemleri test edildikten sonra kıyı çizgileri elde edilip değişimin belirlenmesi için DSAS uygulaması kullanılmıştır. Çelik ve Gazioğlu, (2020) iki gergin bölgesi kıyı çizgisi arasındaki mesafe farklarını pratik bir şekilde elde etmek için bir Kıyı Çizgisi Fark Ölçüm (CDM) yöntemi tasarlamıştır. Çalışmada makine öğrenim modeli aracılığıyla tahmin edilen kıyı çizgisinin doğruluğunu ölçmek için CDM yöntemi kullanılmıştır. Kıyı çizgisi değişimini belirlerken referans kıyı çizgisini manuel olarak belirledikten sonra tahmini kıyı çizgisini belirlemek için Python kütüphanelerinden biri olan ve makine öğrenmesi gibi işlemlerde kullanılan Scikit-learn modülü kullanılmıştır. Bu yöntem; Kıyı çizgisi şeklinin etkisini azaltarak ve daha geniş kapsamlı karmaşık şekilli kıyı çizgilerine uygulanarak genel farklar hesaplanır, bu durum da ön işleme süresini kısaltıp denetleme gereksinimlerini azaltarak kıyı çizgisi değişikliği algılama süreçlerinin otomatikleştirilmesine yardımcı olmaktadır. Pais-Barbosa vd., (2011) uzaktan algılanan verilere piksel tabanlı sınıflandırma, nesne tabanlı sınıflandırma algoritmaları ve örüntü tanıma için yapay sinir ağlarının uygulandığı bir yöntem önermiştir. Yin ve He, (2011) kumlu sahilin kumsuz yüzeyle olan sınırını ayırmak için SVM denetimli sınıflandırma yöntemini kullanmıştır.

1.3. Kıyı Çizgisi Tespitinde Kullanılan Veri Kaynakları

Kıyı çizgisi belirleme ve haritalama çeşitli veri kaynakları kullanılarak gerçekleştirilebilir. Boak ve Turner, (2005) kıyı çizgisi çıkarımı için kullanılan yaygın veri kaynaklarını incelemiştir. Bunlar; tarihsel kara tabanlı fotoğraflar, kıyı haritaları ve çizelgeleri, hava fotoğrafları, sahil araştırmaları, GPS ölçümleri, uzaktan algılama, LİDAR teknolojisi, mikrodalga sensörleri ve video görüntüleridir. Kıyı çizgilerinin nicel bakımdan haritalanmasında uygulama açısından sınırlı değere sahip tarihsel hava fotoğrafları gelgit ve dalga gibi deniz koşulları hakkında bilgi vermeyen, araştırmacılara genel bir morfolojik arka plan bilgilerini sağlayan kaynaklardır. 18. yy. sonlarına doğru güvenilir hale gelen harita ve çizelgeler diğer veri kaynaklarının sahip olamadığı geçmiş bilgi kaydına sahip oldukları için kıyı çizgisi değişimini incelemek için faydalı olabilmektedir. En eski uzaktan algılama veri kaynağı olan ve 1930'ların sonlarına doğru makul yeterlilikte üretilmeye başlayan hava fotoğrafları; geçmiş kıyı çizgisi konumunu belirlemek için kullanılan en yaygın veri kaynaklarını oluştururlar ve distorsiyon, çekim anında irtifadaki değişiklikler, uçağın eğiklik ve dönüklükleri gibi etkenler sebebiyle kullanılmadan önce düzeltilmeleri gerekmektedir. Fotogrametrinin başlangıçta analogdan analitik aşamaya ve son olarak da dijital aşamaya olan evrimi fotoğraflardan üç boyutlu bilgilerin çıkarılmasını kolaylaştırmış ve bu durum gelgit referans noktası tabanlı kıyı çizgilerinin kolayca ve doğru bir şekilde belirlenmesine olanak tanımıştır. Sahil araştırmaları kıyı çizgisi belirlemede doğru sonuçlar vermesine rağmen yoğun bir iş gücü gerektiren saha araştırması içerdiği için zaman ve mekân olarak sınırlı düzeyde olmaktadır. Diğer bir veri seti de hareketli bir araca monte edilen kinematik diferansiyel GPS ile oluşturulan haritalardır. Bu verilerin doğruluğu diğerlerine göre daha yüksek olmakla birlikte operatörün ilgilenilen hattı görsel olarak belirlemesi hataya sebep olabilmektedir. Uydu görüntüleri ise geniş zamansal ve mekansal kapsama alanıyla Dünyada birçok kıyı çizgisinin izlenmesini sağlayan diğer bir veri kaynağını oluşturmaktadır. Bu görüntüler ayrıntılı spektral bilgi sağlar ve kıyı çizgileri dijital görüntü işleme gibi tekniklerinin uygulanmasıyla elde edilebilmektedir. Diğer yandan çok geniş alanları çok hızlı bir şekilde kapsayabilen LİDAR teknolojisi yoğun bir profil boyunca son derece hassas noktasal konum belirleyebilen bir veri kaynağıdır ve kıyıya yakın batimetri ve plaj topografyası hakkında ayrıntılı bilgi sağlayarak kıyı çizgisi konumunun bir dizi farklı yöntemle tahmin edilmesini sağlamaktadır (Gens, 2010). Uzaktan algılamanın optik görüntüleri kıyı değişiminin incelenmesi için birçok kolaylık sağlar. Fakat bu görüntüler

zaman zaman kötü hava koşullarından etkilenebilmektedir. Böyle bir problemten etkilenmemek için gece, gündüz ve kötü hava koşullarından etkilenmeyen Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) verileri de kıyı değişim analizlerinde kullanılmaktadır. 1978'de Seasat uydusunun fırlatılmasıyla, uzaydan gelen SAR görüntüleri, kıyı çizgisinin elde edilmesi için bir seçenek haline geldi. Bu veride yerdeki nokta hakkında bilgi, sinyalin geri dönüş süresi ve sinyal gücüne göre belirlenmektedir. Son olarak da kıyı çizgisi tespiti ve değişimini belirlemek için video görüntüler de veri kaynağı olarak kullanılabilir. Bu sistemle sürekli görüntüler toplanır ve bu sayede kıyı bölgesi istenilen süre boyunca ayrıntılı olarak izlenebilmektedir. Kuruldukları süre boyunca sürekli veri kümeleri sunabilen bu kaynaklar her yerde uygulanamayacağı için mekansal olarak kısıtlı veri kaynağına sahiptir. Örneğin bir kıyı görüntüleme sistemi olan ve belirli bir bölgeye kurulan Argus istasyonu, kıyı çizgisi boyunca bir veya daha fazla kamerayla veri toplayan bir sistemdir. Ayrıca toplanan görüntüler eğik olduğu için kullanılmadan önce bir dizi düzeltme aşamalarından geçirilmesi gerekmektedir (Gens, 2010; Boak ve Turner, 2005).

Geçmişten günümüze kadar literatürde kıyı çizgisi tespiti ve değişimin belirlenmesiyle ilgili yapılmış farklı veri seti ve yöntem içeren birçok çalışma vardır. Araştırmacıların konuyla ilgili yaptıkları çalışmalar için belirledikleri hedefler arasında;(1) Kıyı çizgisi tahmini ve değişimi. (2) Birikme ve birikme oranı. (3) RS (Uzaktan algılama) ve GIS (Coğrafi bilgi sistemi) teknolojilerini kullanarak kıyı çizgisi değişim analizi. (4) Farklı çözünürlüklü uydu görüntüleri ile bant kombinasyonları oluşturma, histogram seviye dilimleme, kontrast genişletme gibi farklı görüntü iyileştirme teknikleri, Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma tekniklerinin uygulanması gelmektedir (Yadav vd., 2018). Seçilecek olan yöntem ve veri seti belirlenirken data kalitesi, datanın uygulama alanı için mevcut olup olmaması, kullanılacak olan ölçme araçlarının maliyeti ve metodu, uzmanın kabiliyeti dikkate alınan hususlardandır (Sunny vd., 2022). Uzaktan algılama verileriyle kıyı çizgisi tespiti analizlerinde mekansal çözünürlük, sonucun doğruluğunu etkilemektedir. Havadan elde edilen görüntülerde uçuş yüksekliği ayarlanabildiği için uzamsal ölçek kontrol edilebilir fakat uydu uzaktan algılama verileri yörüngelere bağlı olduğu için veri toplamanın zamanı ve ölçeğine müdahale edilemez (Gens, 2010). Kritik bir öneme sahip olan kıyı değişim analizlerinde kullanılan verilerin yüksek uzaysal ve zamansal çözünürlüğe sahip olması gerekmektedir. Sunny vd., (2022) Ganj Deltası'nda yapmış olduğu çalışmada MODIS (Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi), Landsat 8 ve Sentinel-2 uydu görüntülerini kullanarak belirledikleri kıyı çizgilerini yüksek çözünürlüklü Google Earth

görüntüsü ile karşılaştırmak için Shoreline Change Envelope (SCE) tekniği uygulayıp hangi veriden kıyı çizgisi konumunun daha doğru bir şekilde belirlendiğini araştırmıştır. Çalışmada öncelikle bu üç uydu görüntüsünün bölgesel ölçekte kıyı çizgisi değişikliğini ölçmede eşit derecede etkili olduğu hipotezi varsayılmıştır. Sonrasında bu hipotezi test etmek için bu görüntüleri Google Earth ile görüntüleriyle karşılaştırılmıştır. Ardından çalışma bölgesinin 2016- 2019 yılları arasında bu üç görüntü için kıyı çizgisi değişim oranı tahmin edilip uydu görüntüleri kullanılarak kıyının spektral profili çıkarılmıştır. Araştırmacılar yüksek uzamsal çözünürlük nedeniyle, Sentinel-2 verileri bölgesel ölçekte Landsat ve MODIS verilerinden daha etkili olduğunu, kıyı çizgisi değişimini analiz etmek veya tahmin etmek için (bölgesel ölçekte bile), iyi uzamsal çözünürlüğe sahip görüntülerin kullanılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Kıyı çizgisi belirlemek için farklı amaçlar doğrultusunda tercih edilmiş birçok veri seti yer almaktadır. Örneğin; Carr, (1965) yaptığı çalışmada 1945 ile 1962 yılları arasındaki kıyıdaki değişimlerin son bir buçuk yüzyıldaki değişimlerle nasıl bir ilişki içinde olduğunu göstermiştir. Bu ilişkiyi göstermek için yapılan yersel ölçümlerle detaylar, 1/1000 ölçeğinde haritalanıp açık deniz ayrıntıları iskandil ile elde edilmiştir. Elde edilen verilerle harita ve hava fotoğraflarından elde edilen kıyı çizgisi verilerinin entegrasyonu sağlanmıştır. Tarihi fotoğraflar, kıyı haritaları ve çizelgeleri gibi veri setleri; 1970'lerde bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak CBS'nin ilerlemesiyle ölçeklendirilip, sayısallaştırılmış ve veri entegrasyonu sağlanmıştır (Burningham ve Fernandez, 2020). Guariglia vd., (2006) kıyı değişimini belirlemek için çok kaynaklı ve çok zamanlı yaklaşıma dayalı bir metodoloji geliştirmiştir. Bunun için kartografik veriler (IGMI verileri), uydu görüntüleri (SPOT-PX/XS, Landsat-TM, Corona), dönem formunu kapsayan hava verilerini kullanıp kıyıya ilişkin bir veri tabanı oluşturmuştur. Kıyı çizgisi ve şevlerinin haritasını çıkarmak, havadan görüntü coğrafi referanslamanın güvenilirliğini doğrulamak için ve gelgit etkisini değerlendirmek için GPS araştırması gerçekleştirmiştir. Mevcut verilerden en iyi performansı elde etmek için görünür ve termal bilgilere bir veri füzyon prosedürü uygulanıp düşük çözünürlükteki görüntüler yüksek uzamsal çözünürlüğe sahip olanların piksel boyutuna yeniden örneklenmiştir. Sonrasında kıyı çizgisini çıkarmak için bant oranları ve kümeleme gibi algoritmalar test edilmiştir. Multispektral görüntüler için kumlu ortamda kıyı çizgisini haritalamak için bant oranlama kullanılırken, pankromatik görüntüler için klasik sayısallaştırma yöntemine kıyasla daha az zaman gerektiren kontrolsüz sınıflandırma algoritması uygulanmıştır. Söz konusu çalışmada uygulanan yaklaşım; heterojen bir veri

kümesinden kıyı çizgisi varyasyonlarını kontrol etmede ve izlemede güvenilir bir adımı temsil etmektedir. Chu vd., (2005) Landsat MSS (Multispectral Scanner System) ve TM görüntülerini ve MapInfo CBS ölçüm modüllerini kullanarak Yellow River Deltası'ndaki değişiminin belirlendiği bir çalışma yapmıştır. Kullanıcı tarafından aynı ölçeğe manuel olarak çizilen kıyı çizgileri bir CBS aracı olan MapInfo kullanılarak üst üste bindirilerek erozyon ve dolgu alanları belirlenmiştir. Çalışmada Yellow Deltası'nda yıllara göre değişim, hızlı dolgu aşaması (1976–1984), dolgu-erozyon ayarlama aşaması (1985–1995) ve yavaş erozyon aşaması (1996 – günümüz) olarak üç aşamada belirtilmiştir. Topouzelis vd., (2017) önceden tanımlanmış yer kontrol noktalarını kullanma prensibine dayanan İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemiyle biri sakin diğeri ise fırtınalı olmak üzere iki farklı zamandaki görüntüler arasındaki değişimi belirlemiştir. İki zaman diliminde alınan çok detaylı ortofoto ve 3B model, kıyı çizgisinin oluşturulmasında etkili olmuştur. İHA ile çekilen yapılandırılmamış görüntülerden 3B coğrafi bilgi üretmek için kullanılan Hareketten Yapı (SFM) ve çoklu görüntü stereopsis (MVS) algoritmaları, her bir görüntüdeki görüntü öznitelik noktalarını tespit ettikten sonra bunları İHA sisteminden yakalanan toplam görüntülerle eşleştirilip sahne geometrisi için seyrek nokta bulutu oluşturmada kullanılmıştır. Ortofoto haritalarının üretilmesinden sonra manuel olarak kıyı çizgileri dijitalleştirilip iki farklı zaman arasındaki değişim miktarı belirlenmiştir. Stanchev vd., (2014) Karadeniz kıyı uzunluğunu ve alanını CBS yöntemleriyle Landsat 7 uydu görüntülerini kullanarak hesaplamıştır. Çalışma alanı tüm Karadeniz kıyısı olarak Bulgaristan, Romanya, Ukrayna, Rusya, Gürcistan ve Türkiye olmak üzere 6 ülkeyi içermektedir. Karadeniz kıyı çizgisini çıkarmak için tüm Karadeniz kıyısını kapsayan 24 adet Landsat 7 uydu görüntüsü manuel olarak sayısallaştırılıp sonuçlar tek bir doğrusal nesnede birleştirilmiştir. Gokceoglu vd., (2014) Quickbird uydu görüntüleriyle düşük-yüksek su seviyesi ve kıyı sınır çizgisini diferansiyel GPS ile gerçek zamanlı kinematik ölçüm tekniği kullanarak belirlemiştir. Diğer yandan Huang vd., (2020) yaptıkları çalışmada, dijital fotogrametrik kameraların yaygınlaşmasıyla birlikte üretilen Yüksek Hassasiyetli Sayısal Ortofoto Harita (DOM), Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) ve gelgit seviyesi verilerinin kombinasyonu ile kıyı çizgisini belirlemiştir. Çalışmada; kameralardaki film veya görüntü sensörüne göre merceğin yönünü veya konumunu değiştiren kamera hareketlerinin kullanılmasıyla oluşturulan tilt fotoğrafçılığında kıyı bölgesinin gelgit seviyesi ve DEM görüntüleri birleştirilerek kıyı çizgisi çıkarılması için yeni bir yöntem kullanılmıştır. Ataol vd., (2019) Kızılırmak Nehri üzerindeki büyük ölçekli barajların inşa

edilmesinden önceki en eski tarih (1951) ile en son veriler (2017) arasında çalışma alanındaki erozyon oranlarını ve kıyı çizgisi değişimlerini DSAS kullanarak tespit etmiştir. Kızılırmak bölgesinin kıyı değişimini belirlemek için 1951 ve 1975 yılları için pankromatik hava fotoğraflarını, 1990 için renkli hava fotoğrafları, 2004 için QuickBird uydu görüntüsü ve 2017 yılı için WorldView-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Manuel olarak sayısallaştırılan kıyı çizgilerinin değişim miktarı ve oranları için DSAS modülü kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Anadolu Yarımadası'nın büyük vadileri arasında yer alan Kızılırmak Deltası, burada yapılan büyük barajlar nedeniyle jeomorfolojik değişikliklere maruz kaldığı belirlenmiştir. Sesli ve Caniberk, (2015) 2007, 2008 ve 2009 yıllarına ait LİDAR verilerini işleyip kıyı çizgisini otomatik olarak belirlemiş ve analiz sonucunda değişimin metrik değerini tespit etmiştir. 1960'lı yılların sonunda gelişmeye başlayan LİDAR, konumsal verileri yüksek hassasiyetle almayı sağlayan lazer taramalı algılama sistemi olarak ifade edilmektedir. Lazer tarama sisteminden gönderilen ve nesneden yansıyan lazer sinyallerinin alıcıya geri dönme süresini ölçme prensibine dayanan LİDAR sistemini Sesli ve Caniberk, (2015) yaptıkları çalışmada Sayısal Yüzey Modeli (SYM) elde etmek için kullanmış ve sonrasında üretilen Sayısal yüzey modelinden kıyı çizgisi otomatik olarak belirlenmiştir. Fakat LİDAR verileri kıyı modellemesi için kullanışlı olsa da değişim belirleme için hem yüksek maliyetli olması hem de nokta bulut verilerinin boyutu ve karmaşıklığı bu verinin kullanılmasında sınırlandırıcı bir faktör olmuştur (Vitousek vd., 2022). Bioresita ve Hayati, (2016) tüm hava koşullarında, gece ve gündüz radar görüntüleme sağlayan ve karayla su nesnelerini ayırmada etkili olan Sentinel-1 CSAR görüntülerini kullanarak kıyı değişimini belirlemiştir. Markiewicz vd., (2016) optik Landsat 8 ve SAR Sentinel 1 görüntülerini kullanarak kıyı çizgisi değişikliğini ve deniz altyapısındaki hasarı tespit etmeye yönelik bir algoritma önermektedir. Çalışmada öncelikle bir dizi görüntü filtreleme algoritmaları kullanılıp kıyı çizgisinin şekli ortaya çıkarılmıştır. Maske yardımıyla kıyı çizgisine ait olmayan unsurlar görüntüden çıkarıldıktan sonra görüntü 0-255 renk değerleri arasında normalize edilmiş ve basit bir eşikleme yapılmıştır. Ardından çalışmada keskinleştirme için kullanılan Gaussian filtesi sonrasında Sobel kenar belirleme algoritması uygulanmaktadır. Sonrasında kıyı çizgisine ait tüm piksellerin daha da vurgulanması için tekrar bir eşikleme yapılmaktadır. Görüntü setinde değişen nesnelerin algılanması için arka plan çıkarma algoritması kullanılmaktadır. Basit tabirle bu algoritma görüntünün değişmez arka planını (veya minimum değişikliklerle) çıkardıktan sonra, sonraki görüntüler boyunca değişen piksellerin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Çalışma sonucuna göre optik

görüntüler, bitişik piksellerin parlaklığının uzamsal değişkenlikten kaynaklanan benek etkisine maruz kalmadıkları için şekil algılama analizleri için uygundur fakat SAR görüntülerinin aksine ışık ve hava koşullarına bağımlılıkları nedeniyle değişim belirlemedeki kullanılabilirliğini sınırlıdır. Diğer yandan SAR görüntüleri benek etkisinden dolayı şekil algılamada bazı zorluklara sahip olsa da kötü hava koşullarından etkilenmediği için değişiklik algılama analizlerinde kullanışlı olmaktadır.

Kamuya açık Dünya Gözlem Uydu görüntüleri (örneğin, NASA' Landsat misyonları veya ESA' Sentinel'in misyonu), önceki dönemlerde mevcut olan veri kıtlığının üstesinden gelmek için potansiyel bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır (1984'ten günümüze Landsat misyonları için), orta düzeyde uzaysal çözünürlük (10 ile 30 m arasında piksel boyutu), kısa tekrar ziyaret süreleri (5 ile 16 gün arasında) ve Dünya çapında kapsama alanıyla uzun vadeli gözlemler sağlamaktadır (Goward vd., 2006). Sonrasında kıyı izleme stratejileri için video sistemleri yüksek zamansal ve mekansal örnekleme frekansına daha düşük bir maliyetle izin vererek tüm Dünyada yaygın hale gelmeye başlamıştır. Kıyı izleme için dronların ya da uydu görüntülerinin kullanılmasına rağmen seksenlerden beri sabit kameralar tarafından sunulan zamansal ve uzamsal çözünürlük bakımından sürekli değişim içinde olan kumsal dikkate alındığında video sistemleri benzersiz bilgiler sağlamaktadır. Fakat bu verileri kullanarak kıyı özelliklerinin ölçülmesi için piksel koordinatları UTM (Universal Transversal Merkator) koordinatlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için genellikle, mercek deformasyonunu düzeltmek amacıyla içsel bir kalibrasyon uygulandıktan sonra, nesnelerin piksel konumu UTM koordinatlarıyla ilişkilendirilerek dışa yöneltme yapılır (kamera konumu ve görüş açılarını bulmak). Arriaga vd., (2022) bitki örtüsüyle kaplı bir kumsalda kamera hareketlerini çözebilen bir görüntü sabitleme algoritması önermiştir. Görüntü sabitleme algoritması; ilk olarak bir tohum görüntüsü seçilip kalibrasyon parametreleri elde edildikten sonra aylık yüksek kaliteli referans görüntülerden oluşan bir veritabanı oluşturulması ve sonrasında da ilgilenilen herhangi bir görüntünün stabilize edilmesi olarak üç adımdan oluşmaktadır. Tohum görüntüsü, ilk aylık görüntünün (tohumdan sonra) stabilizasyonu için referans olarak kullanılır. Bu yeni stabilize edilmiş görüntü, ikinci aydaki görüntü için referans olarak kullanılır ve bu böyle devam eder. Görüntü sabitleme algoritmasıyla türetilen kıyı çizgilerinin dört yıllık yerinde ölçüm veri setleriyle karşılaştırılması sonucunda genel olarak görüntü sabitlemenin, geleneksel bir yaklaşıma kıyasla kıyı çizgisi konumundaki kök ortalama kare hatasını %40 azaltarak kıyı çizgisi ölçümlerinin doğruluğunu artırdığı belirtilmiştir. Valentini vd., (2017) yapmış oldukları

çalışmada video izleme sistemlerini kullanarak kıyı görüntülerinin işlenmesi için otomatik kıyı çizgisi tespiti ve veri analizine yönelik yeni bir toolkit geliştirmiştir. Söz konusu çalışmada kullanılan toolkit; görüntü işleme, veri analizi ve yarı gerçek zamanlı olarak sahilin gerçek durumu ve kıyı gelişimi hakkında sonuçların paylaşılmasına yönelik bir kıyı çizgisi tespit rutininden oluşmaktadır. Algoritma öncelikle düşük aydınlatma ya da kontrasttan kaynaklanan sorunların üstesinden gelmek ve aykırı değerleri tespit etmek için bir ön işleme adımı içerir. Bu adımda renk uzayına dönüştürülen görüntülere kontrast geliştirme, medyan filtreleme, kenar koruyucu pürüzsüzlük uygulama adımları uygulanır. Bu ön işlem adımlarından sonra görüntülere kıyı çizgisi algılama algoritması uygulanır. Bu adım; tam çerçeve üzerinde kontur detektörü algoritması, iki adımlı segmentasyon, gelgit çubuğu çözme ve düzeltme işlemlerini içerir.

Daha eski kıyı değişimi izleme çalışmaların geneline bakıldığında veriler ya kısıtlı bir çalışma bölgesinde ve yüksek zamansal- uzaysal çözünürlüğe sahiptir ya da uzun kıyı çizgilerinde düşük zamansal çözünürlüklü veriler mevcuttur. Fakat daha yeni teknolojilerle kıyı değişim çalışmalarının kapsamı genişlemiştir (Vitousek vd., 2022). Vitousek vd., (2022) geçmişte ve şimdiki dönemde kıyı çizgisi belirleme ve değişim izleme tekniklerini incelediği çalışmasında Tablo 1' de gösterildiği gibi kıyı çizgisi izleme için farklı modern teknolojilerin bir özetini sunmuştur.

Tablo 1. Kıyı çizgisi izleme için farklı modern teknolojilerin özeti (Vitousek vd., 2022).

Metot	Mekansal ölçek	Uzamsal çözünürlük	Zamansal ölçek	Zamansal çözünürlük	Doğruluk	Referans
Digitized aerial photos/T-sheets	10-1000 km	~50-100 m kıyı boyunca	Onlarca yıl	Onlarca yıl	1-15 m	Hapke et al.(2006)
RTK-GPS/in situ survey methos (e.g., Emery)	1-10 km	0,5 m ~100 kıyı boyunca	Onlarca yıl	Haftalık veya aylık	5-10 cm	Larson and Kraus(1994), Aagaard et al. (2005)
Fixed cameras	1 km	0.5-10 m (yakın alandan uzak alana)	Onlarca yıl	Dakikalar veya saatler	1-2 m	Holman and Stanley (2007), Pianca et al. (2015)
Crowdsourced Coastsnap	~1 km	0,5-10 m (yakın alandan uzak alana)	1-3 yıl	Günlük veya haftalık	2-4 m	Harley et al.(2019)
Drone Sfm	1-5 km	0,5 m ~100 m kıyı boyunca	5 yıl	Aylık veya yıllık	~0,5 m	Turner et al. (2016a ,2016b) Pucino et al.(2021)
Aerial	~100 km	~0,5m	Onlarca yıl	1-5 yıl	1-5 m	Ford(2013), Harrison et al.(2017)
Airbone Lidar	~100 km	~0,1 m	Onlarca yıl	Yıllık	~0,5 m	Stockdon et al. (2002) Middleton et al. (2013)
Earth observation satellites (Landsat/Sentinel-2)	Küresel	1-30 m	36 yıl	Günlük veya iki haftada bir	~10-15 m	Luijendijk et al.(2018), Pardo-Pascual et al.(2018), Vos et al. (2019a,2019b)
Cubseats (PlanetScope)	Küresel	3 m	5 yıl	Günlük	~5 m	Doherty et al.(2022)

1.4. GEE Platformu ve Kıyı Çizgisi Değişim Analizine Faydası

Yakın zamana kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde, yapılan analizler küçük bölgelerde gerçekleştirildiği ve sınırlı bir örnek alandan elde edilen sonuçları genele yaymanın uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak son yıllarda uydu verileri üreten platformların sayısında ve veri miktarında meydana gelen ciddi boyutlardaki artışlar küresel ölçekte bu verilerin analizini sağlamada ciddi bir talep meydana getirmiştir (Donchyts vd., 2016). Ayrıca daha önce yapılmış çalışmalar dikkate alındığında, uzaktan algılama teknikleriyle elde edilen veri setlerinin depolanması, verinin yönetimi, kullanılan

bilgisayarın donanımı ve veri sayısı yapılacak olan araştırmaları zorlaştırmaktaydı (Gorelick vd., 2017). Günümüzde Dünya gözlem verileri; çevresel değişimi izleme, risk tespiti, ürün tespiti, çevre planlaması, çevrenin korunması, doğal kaynakların sürdürülebilmesi gibi analizlerde önemli katkılar sunmaktadır. Bu nedenle bu büyük veri setlerini uygun şekilde depolamak, işlemek, analiz etmek için yeni teknolojik ve çağdaş çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Dünya gözlem verinin yönetimi, depolanması, erişimi için işlevsellik sağlayan birçok bulut platformu mevcuttur ve bu platformlar farklı türden teknolojileri, programlama ara yüzlerini ve web hizmetlerini entegre edebilmektedir. Bulut platformları farklı depolama sistemlerinin ve erişim arayüzlerinin kullanıldığı çok güçlü sunucularda veri kümelerini depolamanın, bunlara erişmenin ve analiz etmenin etkili yollarını sunmaktadır. Yer gözlem verilerine erişim, izleme ve analiz için kullanılan bu platformlardan bazıları Google Earth Engine (GEE), Sentinel Hub (SH), Açık Veri Kütüphanesi (ODC), Sistem Kara İzleme (SEPAL), OpenEO, JEODPP ve pipsCloud olarak örneklenebilir. GEE, ODC, OpenEO ve SH kullanıcıların ilgilendikleri veri setini seçerken zamansal ve mekansal kriterler kullanarak filtreleme yapabilirken SEPAL, JEODPP ve pipsCloud platformları; kullanıcıların uygulamalarını geliştirmeleri için verilere doğrudan dosyalar aracılığıyla erişmelerini gerektirdiğinden, işlem soyutlama ve filtreleme yeteneklerine sahip değildir. GEE, OpenEO ve SH platformları, veri depolama ve işleme için kullanılan fiziksel altyapının yüksek düzeyde soyutlanmasını sağlar. Bilimin yeniden üretilebilirliğini sağlamada net bir girişim sunan tek çözüm GEE platformudur. Analizlerin çoğaltılabilmesi için kullanıcılar komut dosyalarını ve verilerini paylaşarak diğer platform kullanıcılarının bu komut dosyalarını kullanarak analizlerini yeniden oluşturmalarına olanak tanır ve bu paylaşım analiz sayısı ve çeşitliliğini artırmakta fayda sağlar (Gomes vd., 2020). Bu çalışma için GEE platformu kullanılmıştır.

GEE, kullanıcılara çok sayıda uzaktan algılanmış veri kümesine ücretsiz erişim sağlayan ve 2010 yılında Google tarafından tescilli bir sistem olarak başlatılan bir coğrafi veri işleme platformudur (Amani vd., 2020; Gomes vd., 2020). Veri havuzu, Dünyanın birçok yeri için gerek iki hafta arayla gerekse günlük oluşturulan verilerin bulunduğu, DEM, kara ve su maskelerinin de barındırıldığı farklı konumsal doğruluklara sahip olan uydu görüntülerinden oluşur. GEE; Landsat serisi, Sentinel1, Sentinel2, Sentinel3, MODIS, Ulusal Oşinografi ve Atmosfer İdaresi gelişmiş çok yüksek çözünürlüklü radyometre (NOAA AVHRR), Gelişmiş Kara Gözlem Uydusu (ALOS) vb. birden fazla uydudan Dünya genelinde verilerin alınmasına imkan tanıdığı gibi NAIP: National Agriculture Imagery

Program'ı gibi yüksek çözünürlükte kıta bazında veriler de sunar. Ayrıca koleksiyondaki ham veriler özel bir yazılıma ihtiyaç duyulmadan kullanılması için atmosfer üstü yansıma ve yüzey yansıma değerlerine dönüştürülmüştür (Kumar ve Mutanga, 2018). Birçok işlemcinin kullanılmasıyla etkili ve hızlı sonuçlar veren kullanıcı arayüzü ise istenilen bir veri setinde çalışmak için hazır kodların kullanılmasına imkan verdiği gibi özel algoritmaların da yazılmasına imkan verir. Ayrıca GEE'nin sahip olduğu geniş veri kataloğunun yanında kullanıcı da arayüze raster ya da vektör verilerini ekleyebilmektedir. Google Earth Engine, yüksek performanslı bir veri tabanı ile birlikte yerleştirilmiş hazır bir veri kataloğundan oluşur. Bu veri kataloğu, hem optik hem de optik olmayan dalga boylarında çeşitli uydu ve hava görüntüleme sistemlerinden yapılan gözlemler de dahil olmak üzere, kamuya açık coğrafi veri kümelerinin geniş bir havuzunu barındırır (Gorelick vd., 2017) ve görüntüleri işlemede yerel saklama alanları yerine güçlü donanımlara sahip bilgisayarlara ihtiyaç duymadan bulut ortamında istenilen sayıda veriyi işlemeyi sağlar (Aghlmand vd., 2021). Bu durum araştırmacılar için büyük çapta verinin kullanılmasını kolaylaştırır ve yapılan çalışmalarda yüksek işlem hızı ve geniş depolama alanlarına sahip bilgisayar ihtiyacını azaltarak araştırmacılara kolaylık sağlar. Ayrıca sonuçların hızlı bir biçimde görselleştirilmesine olanak tanıyan GEE, internet üzerinden erişilebilen bir uygulama programlama arabirimi (API) ve ilişkili bir web tabanlı etkileşimli geliştirme ortamı (IDE) aracılığıyla erişilip kontrol edilebilmektedir. Donchyts vd., (2016) GEE'nin yardımıyla Landsat uydu görüntülerini kullanarak son 30 yılda Dünya'nın yüzey suyu değişimini incelemiştir. Söz konusu çalışmada 1985 ve 2015 yılları arasında yaklaşık $173,000\text{km}^2$ alan karaya ve yaklaşık $115,000\text{km}^2$ 'lik alan da suya dönüştüğü belirtilmiştir. Mentaschi vd., (2018) 1984- 2015 yılları arasında GEE kullanarak küresel boyutta kıyı erozyonunu ve dolgusunu araştırmıştır. Çalışmada kilometre mertebesini bulan erozyon ve dolguda, insan faaliyetlerinin öngörülemeyen yan etkilerinin değişimdeki baskın itici güç olduğu belirtilmiştir. Değişimdeki diğer önemli sebeplerin ise tsunamiler, şiddetli fırtınalar ve deniz seviyesindeki değişimler olduğu tespit edilmiştir. Vos vd., (2019) global ölçekte kıyı çizgilerini tespit etmek amacıyla GEE platformunda uydu görüntülerinde Neural Network kontrollü sınıflandırma algoritması kullanarak kıyı çizgilerini belirleyebileceği CoastSat isimli toolkit geliştirmiştir. CoastSat, Python'da yazılmış bir araçtır ve açık uydu görüntülerinden Dünyanın herhangi bir yerindeki kıyı çizgisinin istenilen zaman dilimindeki konumunun zaman serisi şeklinde elde edilmesini sağlar. Bu araç kıyı çizgilerinin konumunu haritalamak için denetimli bir görüntü sınıflandırmasını ve bir alt piksel çözünürlüklü sınır

bölümlemesini birleştirir. Söz konusu çalışmada kıyı çizgileri lokal diske kaydedilip geri kalan işlemler GEE platformu dışında gerçekleştirilmektedir. Dattu vd., (2022) yaptığı çalışmada coastsat modülünü ve GEE uydu görüntü kitaplığını kullanarak uydu görüntülerini elde etmiştir. Belirlenen çalışma bölgesi için; istenilen tarih ve saat aralığı, uydu tipi, koordinat gibi bilgilerin sisteme girildikten sonra sistemin GEE uydu deposuna bağlanıp çeşitli bantlardaki uydu görüntülerinin indirilmesi sağlanmıştır. Daha sonrasında elde edilen kıyı çizgileri harita üzerinde görüntülenmek için QGIS kullanılmıştır. Ding vd., (2021) GEE ortamında yoğun zaman serisi uzaktan algılama görüntülerine dayalı bir kıyı çizgisi çıkarma yöntemi önermiştir. Malay adaları için 1990, 2015, 2020 yılları için kıyı çizgisi elde edilmiş ve sonuç görüntüler ile aynı döneme ait yüksek hassasiyetli kıyı çizgisi tematik ürünleri arasındaki tutarlılık analizi yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda büyük veri platformunun ve yoğun zaman serisi yönteminin, kıyı çizgisi dinamik değişiminin geniş ölçekte izlenmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Chen vd., (2022) seçtikleri çalışma bölgesi için GEE platformunu kullanarak kıyı bölgesi arazi kullanımının uzun zaman serisi haritası ve değişiklik tespitinin yapıldığı bir yöntem önermiştir. Çalışmada kıyı bölgesinin özelliklerinin tam anlamıyla dikkate alınabilmesi için tarım arazisi, kıyı su ürünleri göletleri (tuzlu), kentsel arazi, kırsal yerleşim, diğer inşaat arazileri, orman, otlak, deniz suyu, iç tatlı sular, gelgit düzlükleri ve kullanılmayan arazilerden oluşan sınıflandırma sistemi kullanılmıştır. Sonrasında 1987'den 2020'ye kadar bölgedeki değişiklikleri tespit etmek için uzamsal morfoloji ve zamansal değişim mantığını kullanan ve sınıflandırma yöntemi olan rastgele orman algoritması uygulanmıştır ve değişim bu şekilde tespit edilmiştir. Sayre vd., (2019) 30metre uzamsal çözünürlüklü küresel kıyı çizgisi vektörü geliştirmiştir. Kıyı çizgisi vektörü; 2014 Landsat 7 uydu görüntülerinin dinamik, yarı otomatik sınıflandırılmasından türetilmiştir. 30metre çözünürlükteki görüntülerin sınıflandırılması için GEE veri arşivinden 2014 yılına ait Landsat görüntüleri birleştirilmiş ve GEE platformunda sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Mao vd., (2021) daha önce yapılmış kıyı çizgisi değişikliği veri setlerinin (Mentaschi vd., 2018; Luijendijk vd., 2018) kapsamlı bir doğrulamadan yoksun olması ya da bölgesel ölçekte kalması sebebiyle mevcut araştırma boşluklarını doldurmak için GEE tabanlı bir metodoloji geliştirmiştir. İlk olarak gelgitin hâkim olduğu alanlar için uydu görüntülerinden kıyı çizgisi çıkarım kalitesini arttırmak için yüksek gelgitte yıllık kıyı çizgisi alınmıştır. Bu sayede su ve çamurlu alanın karıştığı bölgelerde kıyı çizgisi tespiti yapılabilmektedir. Ayrıca kayalık kısımların arazide oluşturduğu gölge etkisi için Sayısal Yükseklik Modeli kullanılmıştır. Daha sonra kıyı

izgisi değişim oranını hesaplamak için kıyı çizgisi belirleme iş akışını optimize edip küresel ölçekte kıyı değişim oranı hesaplanmıştır.

Bu alışmada GEE ortamında çeşitli konumsal sorgulama ve görüntü işleme algoritmaları yardımıyla Landsat verileri üzerinden kıyı çizgisini otomatik olarak tespit edebilen ve farklı zamansal periyotlar için metrik/alansal değişimleri ortaya koyabilen bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yaklaşım kullanılarak 1985 – 2021 yıllarında farklı periyotlar arasında ve genel zamansal aralıkta meydana gelen erozyon ve dolgu nitelikli kıyısal değişim miktarları ortaya koyulmuştur.

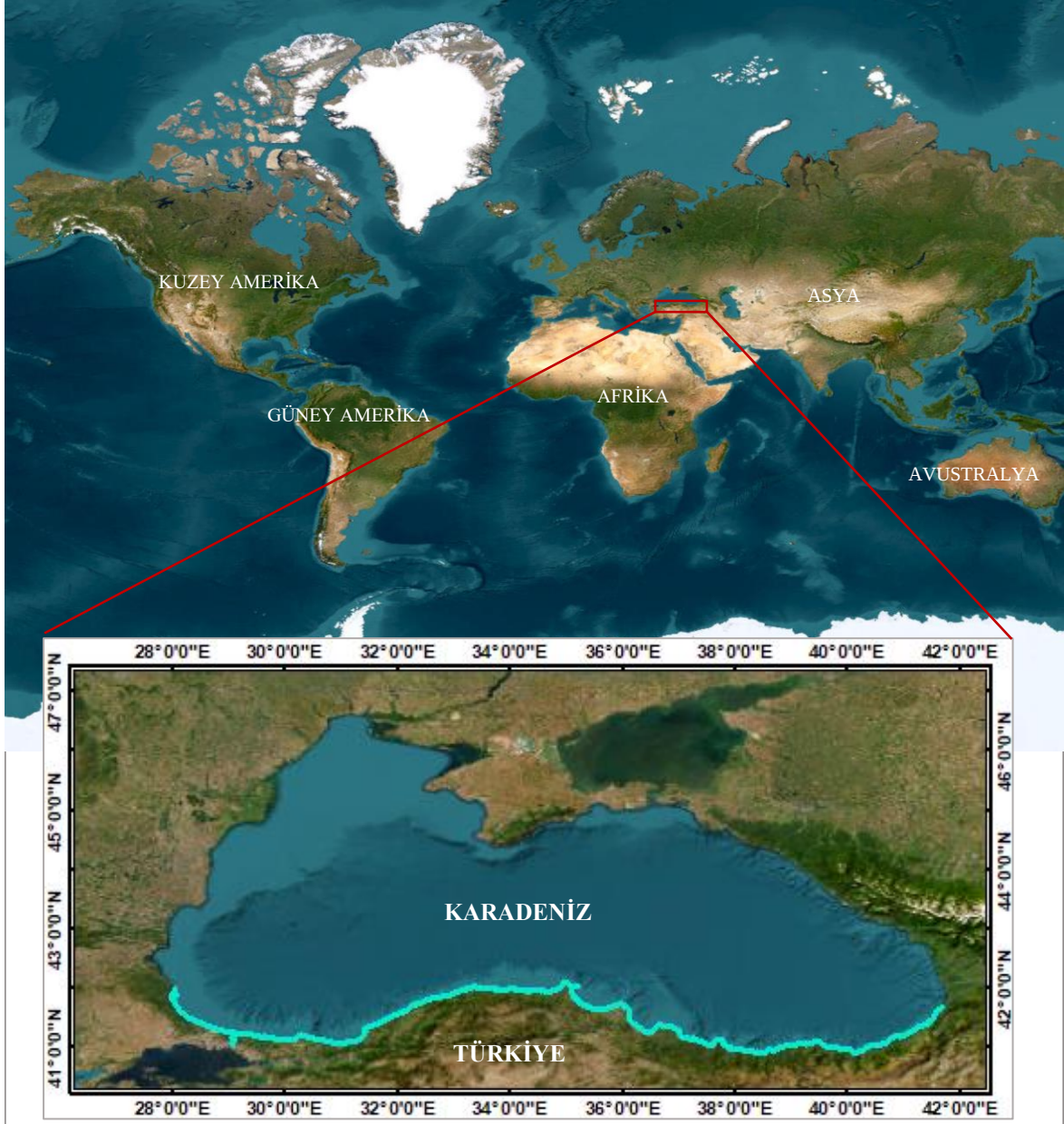


2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı

Karadeniz kıyısı Türkiye'nin doğu sınırından (Batum-Gürcistan) batı sınırına (Bulgaristan) kadar yaklaşık 1700km uzunluğundadır. Türkiye'nin tüm Karadeniz kıyısı boyunca; Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Samsun, Sinop, Kastamonu, Bartın, Zonguldak, Düzce, Sakarya, Kocaeli, İstanbul and Kırklareli olmak üzere konumlanmış 15 şehir bulunmaktadır (Guneroglu vd., 2014). Karadeniz kıyı çizgisinin maruz kaldığı etmenler incelendiğinde kıyıların jeomorfolojik yapısı ve eğimi, dalga iklimi, inşa edilen mühendislik yapıları, iklim değişiklikleri, nüfus yoğunluğuna bağlı arazi kullanımı gibi sebeplerle kıyı oldukça dinamik bir yapıya sahiptir. Kıyı alanları sahip oldukları karakteristik dalga iklimine bağlı olarak morfolojik değişime maruz kalmasının yanı sıra iklim değişikliğinin doğrudan bir sonucu olan deniz seviyesindeki artış da kıyıların morfolojisini değiştirmektedir (Görmüş vd., 2019; Guneroglu, 2015).

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin Karadeniz kıyısı olarak kabul edilen 41,733333 Kuzey Enlemi ile 27,216667 Doğu Boylamında yer alan Kırklareli ile 41,18277 Kuzey Enlemi ile 41,818292 Doğu boylamında yer alan Artvin ili arasında uzanan yaklaşık 1700km'lik coğrafi alanı içine alan yer çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Çalışma alanı jeomorfolojik olarak dağların kıyıya paralel uzandığı dik ve zorlu bir topoğrafyaya sahiptir. Kıyı tipi olarak bölge; genellikle dar kıyıların hâkim olduğu, özellikle Orta Karadeniz bölümünde geniş kumsal plajların mevcudiyeti ile karakterize edilir. Dar kıyı yapısına sahip yoğun yerleşim bölgelerinde daha çok kıyısız morfolojiye uygun lineer litoral yerleşim söz konusudur (Guneroglu vd., 2013). Çalışma alanı olarak seçilen bölge yoğun bir yerleşim ve 10 milyonu aşan bir nüfus yoğunluğuna sahiptir. Bu durum kıyı çizgisinde antropojen baskıyı artırmaktadır. Genel iklim özellikleri yönünden değerlendirildiğinde bölge subtropical şekilde karakterize edilir. Hâkim hava kitleleri genellikle Orta Avrupa, Atlantik ve Sibirya orjinlidir. Bunun yanı sıra mevsimsel olarak Afrika sahra kökenli hava kitlelerinin özellikle mevsimsel geçiş evrelerinde gözlemlenmesi olasıdır (Güneroğlu vd., 2019).



Şekil 4. Çalışma alanı

Çalışma alanı genelinde özellikle bölgenin doğu kesimlerinde yıllık ortalama yağış 1800mm'nin üzerindedir. Yağışlı günlerin sayısının fazlalığı topografya etkisi ile birleştiğinde bu bölgeye irili ufaklı birçok vahşi dere niteliğindeki akarsular tarafından yoğun sediment taşınımı söz konusudur (Allenbach vd., 2015; Dihkan vd., 2011). Bölgenin doğusunda sel ve heyelan gibi doğal afetler meydana gelmekte ve bu doğal afetlerin kıyı kesimlerde ve nehir yataklarının yakınında meydana gelmesi bu bölümdeki sediment yükünü artırmaktadır (Dihkan vd., 2011).

Dünya okyanusundaki en büyük yarı kapalı denizlerden biri olan Karadeniz kendine özgü rüzgâr, dalga ve hidrolojik rejime sahiptir. Denizin Türkiye kıyı bölgesinin doğu yüksekliği fazlayken batısı nispeten daha düşüktür ve bu kısımdaki kıyı şeridinde kumlu plajlar mevcuttur. Ayrıca Havzada Karadeniz'in güneyinde bulunan Türkiye'nin en büyük iki deltası (Kızılırmak, Yeşilırmak) ile birleşen çakıllı plajlar yer almaktadır (Görmüş vd., 2021). Son 60 yılda Karadeniz su seviyesi yaklaşık 15cm yükselmiştir. Ortalama deniz seviyesi yükselme hızı kara çökmesine ve buharlaşma oranını aşan tatlı su girişindeki artışa bağlı olarak yılda 2,2mm ile 2,5mm arasında değişmektedir (Tătui vd., 2019). Bölgenin rüzgâr ve dalga karakteristiğine bakıldığında Karadeniz'de en büyük rüzgâr hızı ve dalga yüksekliği Batı Karadeniz'de bulunup doğuya doğru azalarak eser ve yayılır. Rüzgâr hızı ve dalga yüksekliğinin en büyük olduğu mevsim kış aylarıyken en az olduğu mevsim yaz aylarında olmaktadır (Akpınar vd., 2016).

2.2. Veri

Uzaktan algılamayla kıyı değişiminin belirlenmesi bölgede çekilmiş eski ve yeni tarihli görüntülerin kıyaslanmasıyla mümkündür. Mevcut çok bantlı, çok zamanlı, çok sensörlü görüntüler; kıyı değişiminin doğal ve antropojenik olarak zamansal ve mekansal evrimi hakkında bilgi toplanmasını sağlar (Temiz ve Durduran, 2016). Uzaktan algılamayla kıyı çizgisi belirlemek için kullanılabilecek Sentinel, Landsat, MODIS gibi birçok uydu verisi vardır. Kullanılacak olan veri seti belirlenirken veri seti; değişimin belirleneceği tarih aralığını kapsaması, çözünürlüğü, çalışmanın amacı ve sonucu için uygun olması gibi kriterleri sağlamalıdır. Landsat uydu görüntülerinin çözünürlüğünün yüksek olması ve geniş tarihsel aralıklarda veri kaynağının mevcut olması sebebiyle kıyı değişiminin belirlenmesi, arazi kullanımının izlenmesi, iklim ve biyokütle değişikliklerinde, kuraklık, kentleşme, orman yangını gibi insan kaynaklı ya da doğal sebeplerden ötürü meydana gelen değişiklikler gibi çevre ile ilgili çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Tucker vd., 2004; URL-1, 2023). Landsat veri setlerinin geniş zaman aralığında mevcut olması sebebiyle bu çalışmada Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS (Operational Land Imager- Thermal Infrared Sensor) Top-of-Atmosphere (TOA) reflektans görüntü verilerinden faydalanılmıştır. TOA reflektans görüntülerinde spektral bant farklılıklarından kaynaklanan farklı güneş ışınım değerlerinin telafi edilmesi, veri alımları arasındaki zaman farkından dolayı farklı güneş zenit açılarının kosinüs etkisinin ortadan kaldırılması ve TOA yansıması,

farklı veri toplama tarihleri arasındaki Dünya-Güneş mesafesindeki değişimin düzeltilmesi hususunda önemlidir ve bu sebeple bu çalışmada TOA değerleri kullanılmıştır (Kuleli vd., 2011).

Günümüzde GEE konumsal tabanlı analizlerin bulut ortamında gerçekleştirilebileceği en önemli açık kaynak kodlu platformlardan biridir (Gorelick vd., 2017). GEE' in en güçlü özelliklerinden birisi her geçen gün yeni multispektral uydu verilerinin dahil olduğu NASA ve ESA veri tabanlarına doğrudan erişebilme kabiliyetidir. Bu sayede ifade edilen veri tabanlarından Landsat, MODIS, Sentinel, vb. birçok çevresel amaçlı yeryüzü gözlem verilerine depolama gereksinimi olmaksızın ulaşılabilmektedir. Bu çalışmada Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI-TIRS Top-of-Atmosphere (TOA) reflektans görüntü verilerinden faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan veri setlerine ilişkin detaylı tanımlayıcı bilgiler Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Landsat görüntülerinin teknik özellikleri

Sensör	Görüntü Tarihi	Görüntü Sayısı	Yer Örnekleme Aralığı (m)	Görüntü Arşivi	GEE Görüntü koleksiyon Kimliği (ID)
Landsat 5 TM	1985				
	1990	153			
	1995	155	30	USGS/Google	LANDSAT/LT05/C02/T1_TOA
	2000	183			
	2005	119			
	2010	138			
Landsat 8 OLI-TIRS	2015	137			
	2020	180	30	USGS/Google	LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA
	2021	90			

2.3. Metot

Son yıllarda gözlemlenen küresel iklim değişimi ve buna bağlı olarak artan ortalama atmosferik sıcaklıklar deniz seviyesi yükselmesini önemli bir çevresel sorun haline getirmiştir. Buna bağlı olarak kıyı zonundaki can ve mal varlığının selameti açısından bu alanların kıyı çizgisi değişimlerinin hızlı bir şekilde izlenmesi büyük boyutta verinin yüksek başarılı bilgisayarlar ile çözümlenmesi problemine dönüşmüştür. Fiziki ya da beşerî sebeplerden dolayı değişen kıyı çizgisinin belirlenmesi; geleceğe yönelik yapılacak çevre

planlamasında, sürdürülebilir kıyı yönetiminde, ekosistem dengesinin korunması gibi konularda araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Fakat veriye erişebilme ve hızlı bir şekilde işleyebilmenin yanında coğrafi bakımdan büyük verileri güçlü donanımlara sahip bilgisayarlar olmadan analiz etme konusu araştırmacıları sınırlandırmıştır. Bu problem karşısında GEE, veri büyüklüğü birimi olarak terabaytlarca alan kaplayabilen görüntülerin yerel bir depolama birimine gereksinimi olmadan halka açık ve kullanıma hazır ürünlere erişim sağlamaktadır. Bu çalışmada 1985- 2021 yılları arasında farklı zamansal periyotlarda görüntü işleme ve GEE python kodlamaları ile kıyı çizgisi dinamiklerini otomatik şekilde belirleyen bir yaklaşım önerilmektedir.

Önerilen yaklaşımda tüm analizler ve hesaplamalar GEE ortamında gerçekleştirilebilmekte ve bu sayede uzun yıllar boyunca meydana gelen kıyısal değişimler bulut ortamında web tabanlı olarak ortaya koyulabilmektedir. Genel akış diyagramı Şekil 5'te gösterilen adımları içermekte olup genel olarak 3 aşamayı kapsamaktadır. İlk olarak çalışma bölgesinin belirlenmesi, koleksiyon filtrelemeleri ve maskeleme. Ardından görüntü iyileştirme, segmentasyon ve vektörizasyon. Son aşamada ise belirlenen bir referans çizgisine göre değişimlerin hesaplanmasını içermektedir.

Öncelikli olarak çalışma bölgesini belirlemek için kullanıcı tanımlı bir poligon belirlenmiştir ve ek bir iş yükünden kaçınmak için belirlenen bölgeyle kesişen görüntüler alınırken poligon dışındaki görüntüler filtrelenmiştir. Daha sonrasında çalışmanın hangi zaman aralığını kapsayacağını ve çalışma bölgesinde istenilen kalite kriterlerini sağlayıp kıyı çizgisinin en iyi şekilde temsil edilebilmesi için zamansal çözünürlüğün minimum kaç olacağı belirlenmiştir (Bu çalışma için başlangıç 1985, bitiş 2021 tarih aralıkları seçilerek zamansal çözünürlük 1 olarak alındı, bu şekilde her 1 yıllık kompozit görüntülerden kıyı çizgileri belirlenmiştir). Uydu görüntüleri kullanılırken araştırmacılar için problemlerden biri de bulutlardır. Piksel değeri bulutun denk geldiği kısımlarda objenin gerçek değerini yansıtamaz bu da analiz sonucunun doğruluğunu etkilemektedir. Landsat TOA uydu görüntüleri, Irish vd., (2006) tarafından geliştirilen ACCA (Automated Cloud Cover Assessment) algoritmasına dayanarak hesaplanan ve görüntüdeki bulutlu piksel yüzdesini içeren 'cloud_cover' meta verisine sahiptir. Bulutlar için kontrolsüz bir sınıflandırıcı olan ACCA algoritması; öncelikle sıcak bulut, soğuk bulut, kar, olası bulut, bulut olmayan maskeler tanımlanarak sonrasında bilinen bulut piksellerinden bulut imzasının oluşturulduğu ve ardından belirsiz piksellerin termal bant kullanılarak sınıflandırılması gibi işlem adımlarını içeren bir bulut belirleme algoritmasıdır.

GEE’de, ilgili görüntü içinde bulunan ACCA algoritmasıyla hesaplanmış bulut örtüsü yüzdeliğine dayalı meta veri sayesinde belirli bir eşik değeri belirlenerek görüntü koleksiyonları için filtreleme yapılabilir. Bu çalışma için bu değeri maksimum yüzde 10 olarak belirlenmiştir. Bu sayede basit bir filtrelemeyle yüzde 10 bulut örtüsü eşik değerinin üstündeki görüntüler koleksiyondan çıkarılmıştır. Diğer yandan kalıcı kar örtüsünün bulutlar gibi yüksek yansıma değerlerine sahip olması çalışma sürecini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu sebeple kar ve bulut örtüsünü birbirinden ayırmak için 1970’lerin ortalarında Valovcin (1976, 1978) ve Kyle vd., (1978), görünür dalga boyu (VIR) ile yakın kızılötesi bandı (NIR) ya da kısa dalga boyu kızılötesi bandı (SWIR)’nın oranlanmasıyla oluşturulan NDSI (Normalized Difference Snow Index) indeksini literatürde belgelemiştir. Valovcin (1976, 1978) ve Kyle vd., (1978) yapmış oldukları çalışmada küresel bulut analizini geliştirmek için görünür ve yakın kızılötesi bant oranlamasına dayanan bir algoritma oluşturarak kar örtüsünü bulut örtüsünden ayırmayı amaçlamıştır. NDSI yaklaşımı kar örtüsünün, elektromanyetik spektrumunun görünür kısmında yüksek oranda yansıtıcı, spektrumun yakın kızılötesi veya kısa dalga kızılötesi bölgelerinde ise yüksek oranda emici spektral karaktere sahip olmasından hareketle geliştirilmiştir (Dozier, 1989; Valovcin, 1976). Bu index değeri -1 ile 1 arasında olurken karın mevcut olma olasılığı, NDSI piksel değerinin 1 değerine ne kadar yakın olmasıyla doğru orantılıdır.

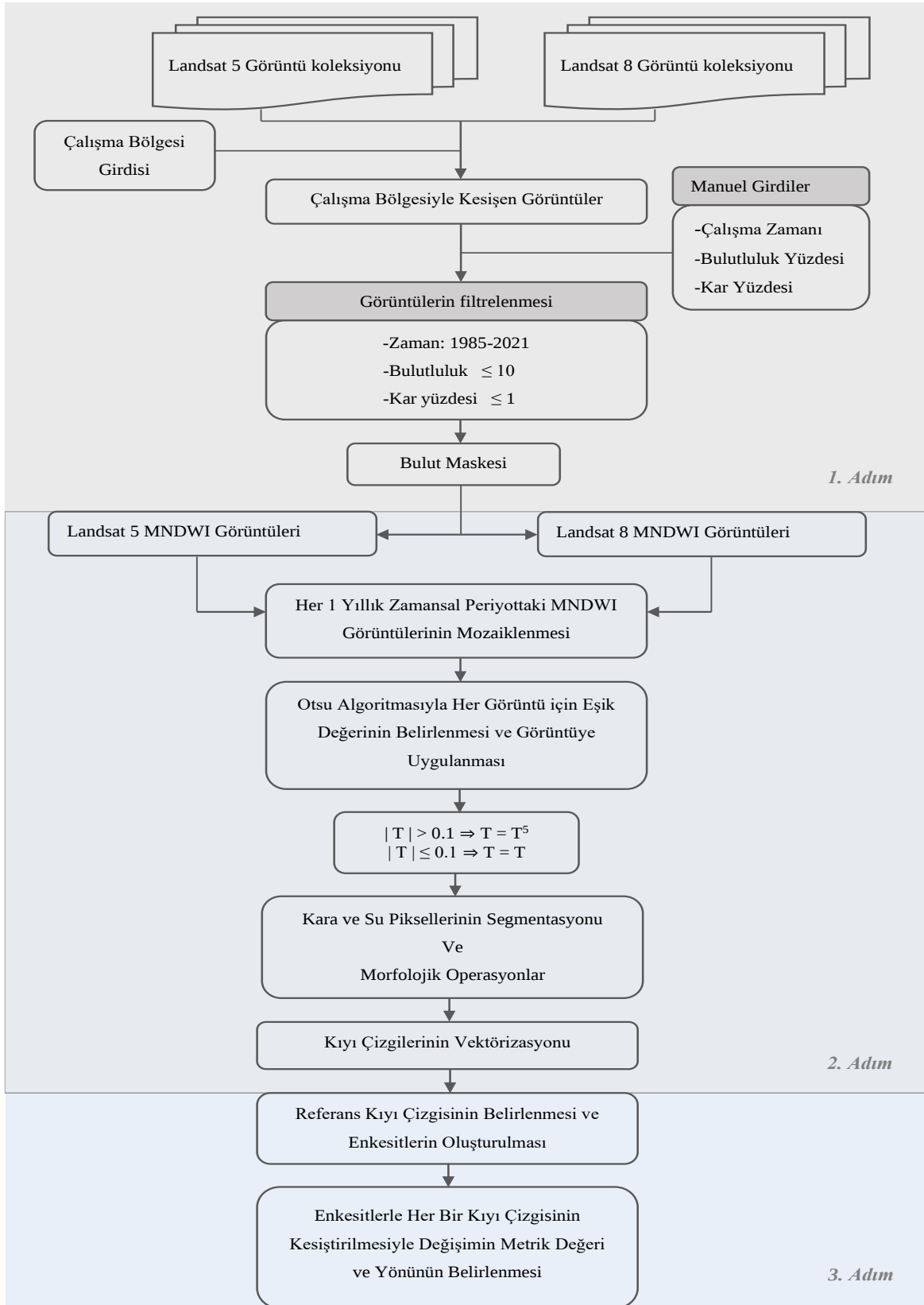
$$NDSI_{L5} = \frac{L5_Band_2(0.52-0.60\mu m) - L5_Band_7(2.08 - 2.35\mu m)}{L5_Band_2(0.52-0.60\mu m) + L5_Band_7(2.08 - 2.35\mu m)} \quad (1)$$

$$NDSI_{L8} = \frac{L8_Band_3(0.53-0.59\mu m) - L8_Band_7(2.11 - 2.29\mu m)}{L8_Band_3(0.53-0.59\mu m) + L8_Band_7(2.11 - 2.29\mu m)} \quad (2)$$

Koleksiyondaki her bir görüntü için denklem 1 ve 2’deki formül yardımıyla NDSI görüntüleri hesaplanmıştır. Hall vd., (1998) kar pikselini eşlemek için $NDSI \geq 0,4$ değerinin en uygun değeri olduğunu belirtmiştir. Mahmoodzada vd., (2020) yaptığı çalışmada NDSI değerinin 0,4-0,5 arasında iyi bir sonuç verdiğini belirtmiştir. Bu çalışma için koleksiyondaki her bir görüntü için NDSI görüntüleri oluşturulduktan sonra kar örtüsünü temsil eden eşik değeri 0,5 olarak alınıp toplam kar örtüsünün görüntüde kapladığı yüzdelik hesaplanmaktadır. Çalışmada görüntüde %1’ in altında kar örtüsü alanı barındıran görüntüler kullanılmış diğerleri filtrelenmiştir.

Filtreleme aşamalarından sonra görüntü sınıflandırması için bant oranı, PCA, bindirme işlemi gibi farklı doğruluk seviyelerine sahip algoritmalar kullanılmasının yanısıra kıyı çizgisi için en sık kullanılan indeksler Normalleştirilmiş Su Farkı İndeksi (NDWI), Otomatik Su Çıkarma İndeksi (AWEI) ve Modifiye edilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (MNDWI) yer alır (Nazeer vd., 2020). Bu çalışma için MNDWI indeks değerleri kullanılmıştır.

Modifiye edilmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (MNDWI) değerleri hesaplanırken görüntüde kalan bulutlu piksellerin parlaklığının ve bulut gölgelerinin karartısının indeks doğruluğunu etkilememesi için çalışmada bir bulut maske algoritmasının uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için Landsat görüntü koleksiyonları bir Landsat kalite değerlendirme bandına (QA bandı) sahiptir (Candra vd., 2016). Bu bantlarda, Zhu ve Woodcock (2012)' un Landsat görüntülerinde bulut gölge tespiti için kullanılamayan ACCA algoritmasının aksine, bulut ve bulut gölgesi tespiti için önerdiği Fmask (Function of Mask) algoritması kullanılarak hesaplanmış piksel kalite değerleri yer almaktadır. Fmask, Potansiyel Bulut Piksellerini (PCP) ve açık gökyüzü piksellerini ayırmak için bulutun fiziksel özelliklerine dayalı kuralları kullanır. Nesne tabanlı bulut ve bulut gölgesi eşleştirme algoritması kullanarak, her bir görüntü için bulut, bulut gölge maskesi sağlama yeteneğine sahip olan Fmask algoritması; karlı ya da soğuk arazileri de bulut olarak sınıflandırma eğiliminde olduğu için bir önceki aşamada NDSI kar indeksiyle karla kaplı görüntüler koleksiyondan çıkartılmıştır. Soğuk kar gibi parlak ve soğuk arazileri bulut olarak sınıflandırmasının yanında Fmask algoritması; sıcak ve ince bulutu algılamada başarısız olma ve görüntüdeki tüm piksellere aynı eşiği uygulamasının sonucunda heterojen yüzey yansımadaki görüntülerde başarısız olma gibi dezavantajlara sahiptir (Candra vd., 2016). Bu durum tamamen sınıflandırılmayan bulut ve bulut gölgesi piksellerinin analizi aşamasında bir dezavantaj oluşturmakta ve sonucu etkileyebilmektedir. Bu sebeple önerilen yaklaşımda geçerli bit değer aralıkları kullanılarak düşük kaliteye sahip pikseller maskelenmiştir. Ardından su kütesinin toprak ve bitki örtüsüne karşı ayırt edilebilirliğinin artırılması için Landsat 5/8 görüntü koleksiyonları için MNDWI indeks değerleri denklem 3 ve 4 formülleriyle hesaplanmıştır.



Şekil 5. Akış diyagramı

MNDWI indeksi NDWI indeksinin modifiye edilmesiyle oluşturulmuş -1 ve 1 değer aralıklarını içeren bir indeks çeşididir. NDWI indeksi, yeşil ışık dalga boyunda suyun yansıma değerinin maksimum olması ve NIR (Yakın kızılötesi) bandında suyun yansımasının düşük olmasıyla ilişkilendirilerek oluşturulmuştur (Mcfeeters, 1996).

$$MNDWI_{L5} = \frac{L5_Band_2_{(0.52-0.60\mu m)} - L5_Band_5_{(1.55-1.75\mu m)}}{L5_Band_2_{(0.52-0.60\mu m)} + L5_Band_5_{(1.55-1.75\mu m)}} \quad (3)$$

$$MNDWI_{L8} = \frac{L8_Band_3_{(0.53-0.59\mu m)} - L8_Band_6_{(1.57-1.65\mu m)}}{L8_Band_3_{(0.53-0.59\mu m)} + L8_Band_6_{(1.57-1.65\mu m)}} \quad (4)$$

Fakat su kütlesi özelliklerinin ön plana çıkarılması için kullanılan NDWI indeksinin hem su hem de yapılaşmış araziler için pozitif değer üretmesi çalışma alanındaki yerleşim yerlerinde sonucun doğruluğunu etkileyeceği için NDWI indeksinde kullanılan NIR bandı yerine SWIR (kısa dalga kızılötesi) bandı kullanılarak MNDWI indeks değerleri oluşturulmuştur (Xu, 2006). Sonrasında kıyı dinamiği göz önüne alındığında ve kıyı çizgisinin istenilen kalitedeki görüntülerle kaplanabilmesi için her 1 yılı temsilen kıyı çizgilerinin belirlenmesi uygun görülmüştür. Çalışmada her 1 yıllık görüntüler alınıp üst üste gelen pikseller için median değeri seçilerek görüntüler mozaiklenmiş ve her yıl için kompozit görüntüler üretilmiştir.

Görüntülerde su ve kara bölgelerinin ortak sınırını oluşturan pikseller kıyı kenar çizgisini temsil etmektedir. Bundan dolayı kıyı çizgisinin belirlenebilmesi için kara ve su piksellerini temsil eden görüntü segmentasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu segmentasyon için optimum kara ve su ayrımını sağlayan otomatik eşik değerin belirlenmesi amacıyla her bir kompozit görüntüye Otsu algoritması uygulanmıştır. Otsu, görüntünün histogram eğrisindeki kara ve su piksellerinin oluşturdukları tepe noktalarından hareketle iki sınıfın optimum şekilde ayrılmasını sağlayacak eşik değerinin otomatik şekilde belirlenmesini sağlayan algoritmadır. Bu algoritma kullanılan görüntülerin kara ve su sınıfı olarak iki renk sınıfından oluştuğu varsayımına dayanır. Daha sonra tüm eşik değerleri için bu iki renk sınıfının sınıf içi varyans değeri hesaplanır. Bu değerin en küçük olmasını sağlayan eşik değeri, optimum eşik değerini verir. Otsu (1979) algoritması, sınıf içi varyans değerini minimum düzeyde tutarken varyans değeri ne kadar büyükse, grafiğin iki bölümü arasındaki fark da o kadar büyük olacağı için sınıflar arası varyans değerini de maksimum düzeyde tutarak otomatik bir eşik değeri belirlemeye çalışır (Huang vd., 2020). Otsu algoritması,

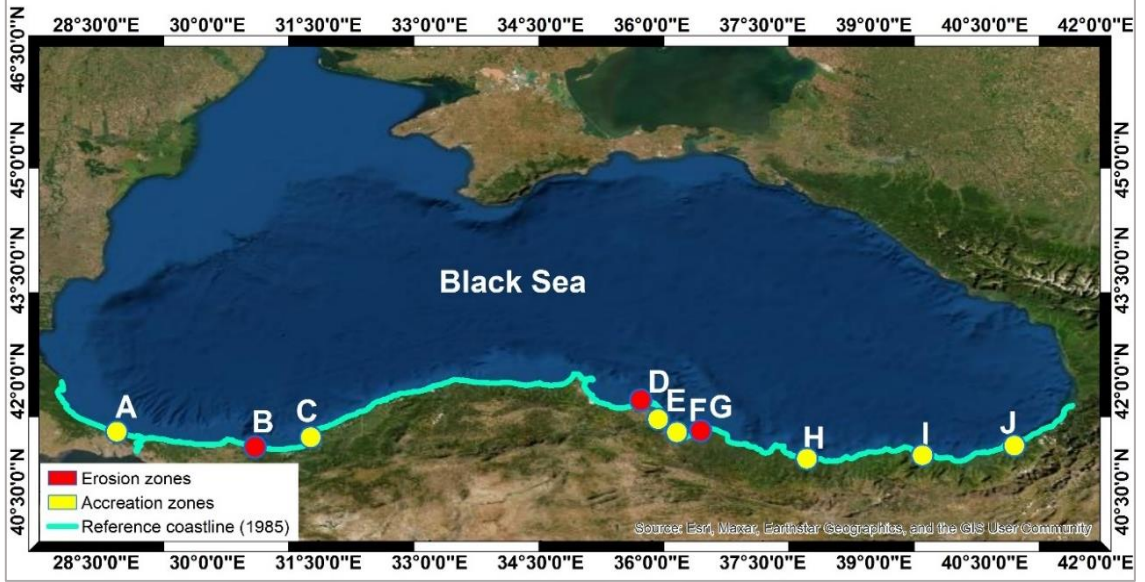
görüntü koleksiyonundaki her bir görüntüye uygulanıp bulunan eşik değerleri; kıyı çizgisine yakın bölgedeki piksel değerlerinin olası yanlış gruplanmasının önüne geçilmesi için Şekil 5' teki akış diyagramının ikinci adımında gösterildiği gibi modifiye edilmiştir ve bu sayede bu algoritmayla nihai olarak su piksellerinin '1' ve kara piksellerinin '0' değeriyle temsil edildiği görüntü segmentasyonu gerçekleştirilmiştir. Segmentasyon aşaması sonrasında elde edilen binary görüntülerde sınıflar içinde oluşan ve o sınıfa ait olmayan pikseller (akademik olarak 'gürültü' şeklinde adlandırılan) için bir morfolojik operasyon uygulanmıştır. Bu aşama için öncelikle 3x3 komşuluğunda bir yapısal eleman belirlenerek görüntüye Reconstruction tabanlı erosion-dilation işlemleri uygulanmıştır (Vincent, 1993). Görüntülerdeki gürültüler giderildikten sonra çalışmanın son aşaması olarak kara ve su sınırını ayıran kıyı çizgisinin vektör formata dönüştürülmesi için GEE'de yer alan '*reduceToVectors*' fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon için etiketli piksellerden oluşan görüntüde her segmentteki pikseller üzerinde bir indirgeyici çalışır ve her segment için bir özellik kümesi üretilir. Bu çalışma için belirlenen çalışma bölgesinde 30 ölçek faktör değeri için her görüntüde kıyı çizgisi vektörizasyonu gerçekleştirilmiştir. Sonrasında bu çalışma için 1985 yılındaki kıyı çizgisi referans kıyı çizgisi olarak belirlenmiş ve bu kıyı çizgisi üzerinde kullanıcı tanımlı olarak 4 km uzunluğunda yaklaşık 1,5 km aralıklarla 1348 adet enkesit otomatik olarak üretilmiştir. Ardından yıl bazında belirlenen zamansal artış parametresine göre seçilen diğer değişim periyotları (1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 ve 2021) için üretilmiş kıyı çizgilerinin söz konusu enkesitler ile kesiştiği noktalar otomatik olarak belirlenmiş ve her periyot için ilgili noktalardan her bir enkesit merkezine olan mesafe değerleri hesaplatılmıştır. Sonrasında söz konusu kesişim noktalarında değişimin yönünü belirlemek için referans çizgisinin üretildiği görüntünün kara sınırı geometri formuna dönüştürülmüştür. Her bir kesişim noktası otomatik olarak bu geometrinin içine düşüp düşmediği irdelenerek geometrinin içine düşen noktalar için o bölgenin erozyona uğradığı ve negatif değer aldığı, düşmeyen kesişim noktaları için de o bölgenin zamanla dolduğu ve pozitif değer aldığı belirlenmiştir. Sonrasında her periyot için ilgili noktalardan her bir enkesit merkezine olan mesafe değerleri tabular formatta yerel bilgisayar depolama alanına indirilmiştir.

3. BULGULAR

Günümüzde Dünya geneline bakıldığında artan nüfus yoğunluğunun kıyı bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Karadeniz Bölgesi için de kıyı kesimlerinin yerleşme için tercih sebebi olmasında iklimin karasal alanlara göre daha ılıman olması, turizm , ulaşım gibi sebepler etkili olmaktadır. Ayrıca dar kıyı yapısına sahip olmasıyla Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimlerinde yoğun bir yerleşme trendinin olması sonucunda bu yerlerde yapılan karayolu inşaatları, rekreasyon amaçlı yapılan dolgular, turizm gibi amaçlarla yapılan yapılar, kıyılardan malzeme alınması ve yanlış imar uygulamaları gibi beşeri sebepler kıyıların doğal yapısını bozmakta ve kıyılar yavaş yavaş kaybolmaktadır (Apaydın ve Durmaz, 2020). Bunun yanında Karadeniz Bölgesi'ndeki akarsuların bolca sediment taşıması ve mümkün olan yerlerde bu sedimentlerin birikmesi ya da dalga etkisiyle kıyının uğradığı morfolojik baskı da kıyının mevcut yapısında değişime sebep olan doğal etmen olarak görülmektedir. Kıyı çizgisindeki değişimin izlenmesi son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte artan hava fotoğrafı ve uydu görüntüleriyle birlikte eş zamanlı olarak yapılabilmektedir. Bu bağlamda turizm, güvenlik ve ulaşım açısından büyük önem arz eden kıyılar ile ilgili alınacak kararların zaman kaybetmeden hızlı bir şekilde teknolojik ve bilimsel altlıklar ile birlikte ele alınması gerekmektedir. Söz konusu bu çalışmada izlenen yöntem tamamiyle hızlı karar almaya yönelik GEE platform mimarisinin kullanılmasını öngörmektedir. Çünkü geleneksel yöntemler ile tüm Güney Karadeniz Bölgesi için gerçekleştirilecek kıyı çizgisi değişim analizi aylar boyu sürebilmektedir. Önerilen yaklaşım ile böyle bir çalışma gerekli altlıkların hazır olması koşulu ile 1 gün içinde rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada önerilen yaklaşım, kullanıcı tanımlı girdi parametreleri kullanılarak GEE platformunda analiz sonrasında toplam 1348 enkesit üretilmiş ve her enkesit üzerinde 1985 referansı ile tüm zamansal periyotlar arası mesafeler otomatik olarak hesaplanmıştır. Ayrıca eş zamanlı olarak ilgili enkesitler için dolgu ve erozyon durumu da belirlenerek pozitif veya negatif değişim değerleri metrik olarak belirlenmiştir. Bu sayede tüm Güney Karadeniz Türkiye kıyıları için son 36 yıllık kıyı çizgisi değişimleri ortaya koyulmuştur. Bu aşamada elde edilen çıktı verileri irdelendiğinde dolgu ve erozyonun maksimum oranda gözlemlendiği enkesitlere karşılık gelen değerler Tablo 3' te ifade edilmiştir. Söz konusu

enkesit konumlarının bulunduğu bölgeler dikkate alınarak tanımlanan 10 farklı bölge Şekil 6' da gösterilmiştir.



Şekil 6. Bölgelere ayrılan çalışma alanı

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi Karadeniz kıyı çizgisi değişimi genelde alan kazanımı şeklinde olmakla birlikte bazı kısımlarda erozyonlar meydana gelmiştir. Şekil 6 incelendiğinde B, D, G bölgelerinde erozyon kaynaklı, A, C, E, F, H, I, J bölgelerinde ise dolgu kaynaklı kıyı çizgisi değişimlerinin mevcut olduğu görülmektedir. Bu çalışma özelinde Güney Karadeniz kıyıların daha çok yapay dolgu yöntemi ile alan kazanma amaçlı doldurulduğu tespit edilmiştir. Kıyısız erozyonun gözlemlendiği B, D ve G çalışma alanlarında, kıyı stabilizasyonuna yardımcı olan sediment birikiminin yeni inşaa edilen HES veya baraj yapılarının etkisi ile azalış gösterdiği ve bu durumun kıyısız akıntı sistemlerinin de etkisi ile ilgili bölgelerde erozyona sebebiyet verdiği söylenebilir (Ataol vd., 2019). Bunun yanı sıra dolgu karakteristiğinde olan A, C, E, F, H, I ve J gibi bölgelerin transit yol ağlarının inşası, deniz veya hava limanı inşası ile rekreasyonel alan kazanımı amacıyla doldurulduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Yıllara göre değişim miktarları

Enkesit_No	Bölge Uzunluğu (km)	Zamansal Dönemler								Ortalama (m/yıl)	Bölge İsmi
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021		
T1295	5	34	706	626	527	527	571	672	672	19	Zone A
T1296		95	508	602	666	824	697	1204	1204	33	
T1297		195	358	487	488	487	455	949	949	26	
T1298		339	447	509	495	160	304	475	495	14	
T142	3	0	0	0	0	-30	-30	-30	-30	-1	Zone B
T143		0	-30	0	-30	-30	-30	-60	-60	-2	
T144		0	-61	-121	-151	-212	-242	-242	-242	-7	
T203	3	0	0	0	0	0	41	41	41	1	Zone C
T204		0	0	45	339	430	452	452	543	15	
T205		70	47	94	108	117	235	235	235	7	
T631	3	-205	-174	-393	-487	-456	-456	-456	-456	-13	Zone D
T632		-46	-139	-185	-554	-647	-612	-601	-601	-17	
T633		0	-47	-60	0	-142	-345	-432	-432	-12	
T658	3	0	73	73	73	97	121	145	145	4	Zone E
T659		94	164	187	211	305	398	445	445	12	
T660		0	0	0	45	90	135	180	180	5	
T683	3	32	0	0	0	0	32	63	63	2	Zone F
T684		0	0	82	117	82	311	522	522	15	
T685		94	126	283	377	471	471	471	471	14	
T718	3	0	-55	-82	-136	-164	-191	-245	-245	-7	Zone G
T719		-40	-40	-46	-81	-121	-180	-202	-202	-6	
T720		-42	-42	-99	-634	-634	-323	-634	-634	-18	
T862	3	0	0	0	0	0	666	666	666	19	Zone H
T863		0	0	0	0	0	599	599	599	17	
T864		0	0	0	0	0	552	552	552	15	
T995	5	37	0	0	0	0	553	553	553	15	Zone I
T996		0	60	90	150	150	299	359	359	10	
T997		128	128	128	225	192	225	385	353	10	
T998		67	0	0	149	133	167	300	300	8	
T1096	3	0	0	0	0	0	32	805	805	22	Zone J
T1097		0	0	31	0	62	93	934	934	26	
T1098		31	31	31	31	62	62	93	925	26	

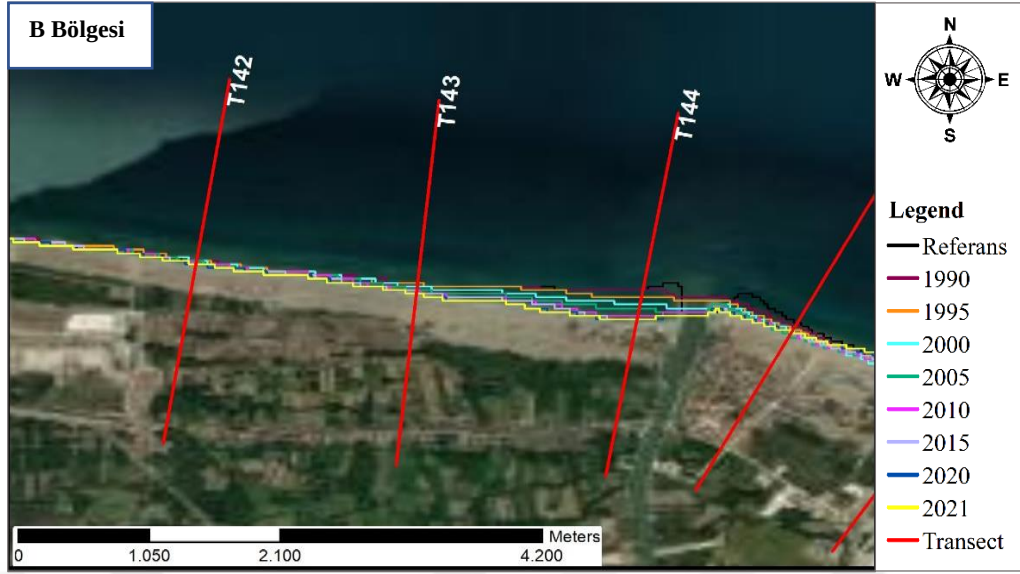
Tablo 3 incelendiğinde B, D, G bölgelerinde erozyon kaynaklı, A, C, E, F, H, I, J bölgelerinde ise dolgu kaynaklı ciddi oranlarda kıyı çizgisi değişimlerinin mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Tablodaki negatif değerler o bölgede erozyon olduğunu işaretli değerler ise bölgedeki dolgu miktarını göstermektedir. Aşağıda en fazla değişimin meydana geldiği

enkesitlerin kapsamlı bir değerlendirilmesi yapılmaktadır. 10 bölgeye ayrılan çalışma alanında her bir bölge ayrı ayrı incelenmektedir.



Şekil 7. A bölgesi

Yukarıda gösterilen A bölgesinde bulunan T1295- T1298 arası kesitlerin olduğu kısımda 1990-2021 yılları arasındaki 36 yıllık dönemde alanın 1204m yüzeylerinde doldurulduğu görülmektedir (Tablo 3). 1985 – 2021 arası dönemlerde söz konusu alanın özellikle 1990 lardan itibaren sürekli artış eğiliminde bir dolgu durumunun var olduğu ve bu değişimin 2015 sonrasında hızlandığı Şekil 17’ de ilgili grafikten anlaşılabilmektedir. İstanbul kenti Kuzey Karadeniz kıyıları içinde kalan A bölgesi’nin özellikle yeni İstanbul Havaalanı inşaat alanını temsil eden T1296 enkesiti için hesaplanan dolgu değeri yıllık 33m/yıl dır. Bu tarz büyük yapıların kıyıda inşa edilmesinin kıyı morfolojisinde büyük miktarda değişime sebep olduğu şekilde görülmektedir. Tablo 3 ve Şekil 7’ de T1296 enkesitine karşılık gelen alana ait değişimler temporal olarak hidrodinamik etkiler altında salınımlar göstermiştir. Değişimin en fazla olduğu T1296 enkesitine bakıldığında 2005 yılında 666metre olan değişim miktarı 2010 yılında 824metreye ulaşmış ardından 2015 yılında 697metreye düşmüştür. Burada birbirini takip eden periyotlarda dolan alanların tekrar su basan hale geldiği ve müteakip periyotta tekrar doldurulduğu tespit edilmiştir. Bu tür kıyı zonunda inşa edilen büyük sanat yapıları için bu durum normaldir.



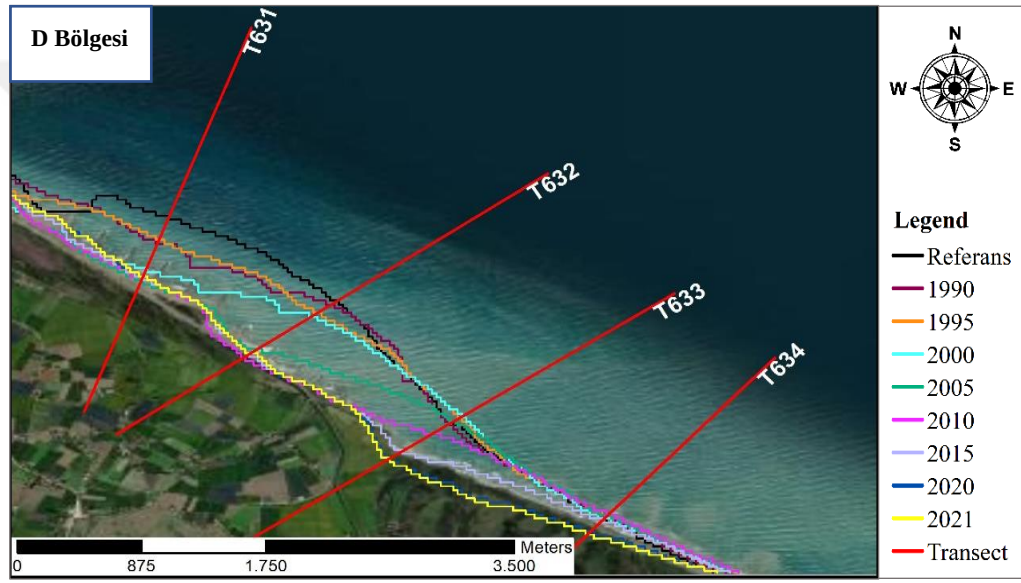
Şekil 8. B Bölgesi

B bölgesi olarak adlandırılan bölge incelendiğinde T142-T144 arası enkesitlerde görüldüğü gibi bölgede zamanla bir erozyon oluştuğu görülmektedir (Şekil 8). Bunun sebebinin bölgede bulunan Sakarya Nehri'nin denize ulaştığı kısımda erozyon oluşturduğu öngörülmektedir. Önerilen yaklaşımda B bölgesinde yılda ortalama 7m erozyon oluştuğu hesaplanmıştır. Erozyonun en fazla nehrin denize ulaştığı T144 kesitinde oluştuğu görülmektedir.



Şekil 9. C Bölgesi

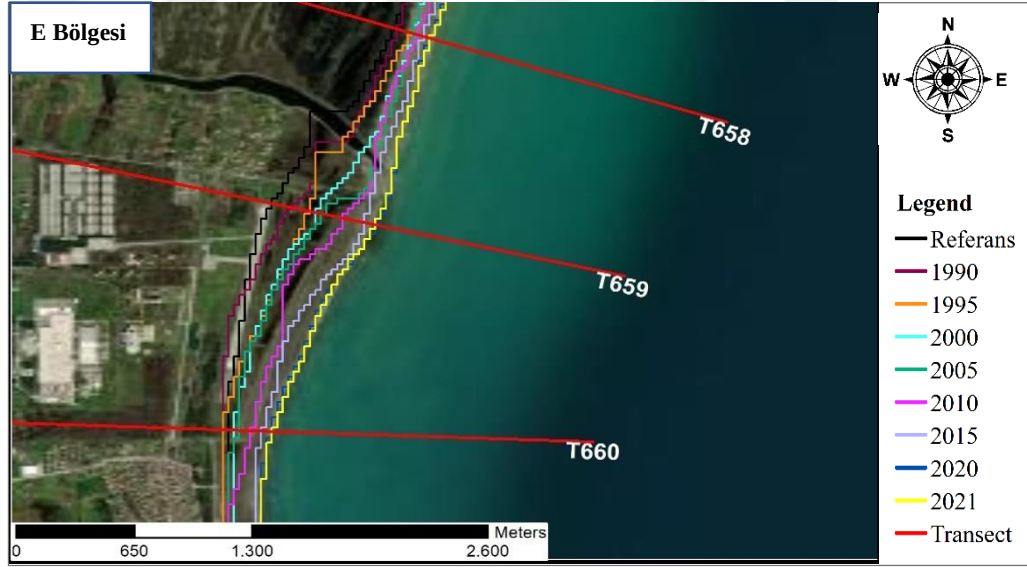
Çalışma alanı içerisinde maksimum dolgu bölgelerinden birisi de Karadeniz Ereğlisi Gemi İnşa Sanayi alanının bulunduğu C bölgesidir. T204 en kesitinde 2000 yılındaki değişim miktarı 45m iken 2000’li yıllarda temelleri atılan tersane ve zamanla bu alana inşa edilen tesislerin kıyıya doğru genişlemesiyle değişimin 2021 yılında 543m olduğu Tablo 3’te görülmektedir. Yoğun sanayi faaliyeti bulunan ilçede liman yapıları inşa süreçlerinin kıyı değişimini önemli ölçüde etkilediği görülmektedir (Şekil 9). Bu bölgede en fazla değişimin görüldüğü T204 kesiti için 36 yıllık süreçle ortalama 15m/yıl düzeyinde kıyısız dolgu meydana geldiği, T204 enkesiti için bu değerin 7m/yıl olduğu belirlenmiştir (Şekil 17).



Şekil 10. D Bölgesi

D bölgesi incelendiğinde bölgede zaman içerisinde erozyon görülmektedir (Şekil 10). Tablo 3 incelendiğinde en fazla değişimin T632 kesitinin olduğu kısımda meydana geldiği tespit edilmiştir. Şekil 17’de bölgenin değişim trendine bakıldığında bölgenin sürekli erozyon baskısı altında olduğu görülmektedir. Yılda ortalama -17metre değişimin olduğu bölgede erozyonun sebebinin akıntı, rüzgar, dalga gibi etkenlerin sebep olduğu öngörülmektedir. Bölgede kurulan barajlar Kızılırmak Nehri’nin taşıdığı sediment dengesini bozarak bu bölgenin zamanla hızla küçülmeye başlamasına sebep olmuştur. Önceleri Kızılırmak Nehri’nin bolca alüvyal taşımasıyla hızla büyüyen Bafra Deltası, nehrin üzerine inşa edilen Hirfanlı (1959), Kesikkopru (1966), Altinkaya (1988), Kapulukaya (1989), Derbent (1990), İmranlı (2002), Yamula (2005), Obruk (2007), Bayramhacılı (2011) ve

Boyabat (2012) barajlarından sonra Karadeniz’e sediment taşınımı %98 oranında azalmış ve bu sebeple kıyıya taşınan sediment akışı neredeyse durmuştur. Kıyı boyunca meydana gelen akıntı, rüzgar, dalga erozyonu ve deniz seviyesindeki yükselmeyle de bölge küçülme eğilimi göstermiştir (Öztürk ve Sesli, 2015). Altınkaya Barajı yapılmadan önce nehrin taşıdığı sediment miktarı yılda 23,1 milyon ton iken Derbent Barajı’ndan sonra bu miktar yılda 0,46 milyon tona sonrasında da yılda 0,30 milyon tona düşmüştür. Kıyı çizgisindeki güneye doğru ilerlemede kıyı bölgelerinde işletilen kum ocaklarının da etkisi vardır. 1998’de Ramsar Sözleşmesi kapsamında bölgenin koruma altına alınmasıyla bazı yerlerdeki kıyı çizgisinin güneye doğru ilerleyişi durmuş bazı yerlerde ise kuzeye yönelim meydana gelmiştir (Zeybek vd., 2011).



Şekil 11. E Bölgesi

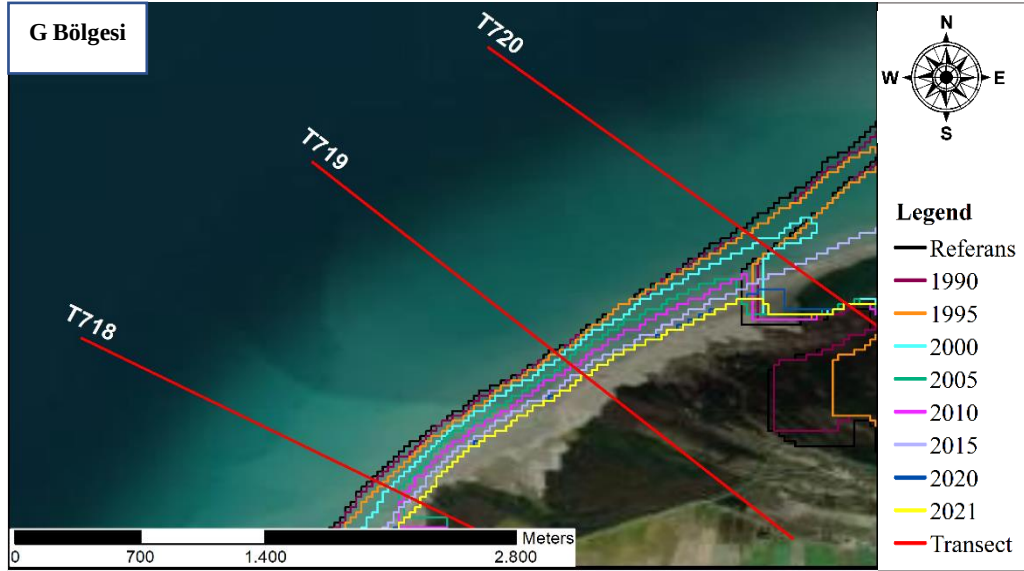
Samsun ili Bafra kıyısı Kızılırmak Deltası sulak alanı üzerine düşen E bölgesi için ortaya çıkan sonuçlara bakıldığında bölgede kıyı dolgusu olduğu görülmektedir. T659 kesiti incelendiğinde bu kısımdaki kıyı çizgisinde 1990 yılında 94 metre alan kazanımı mevcutken bu değişim zamanla artmış ve 2021 yılında 445 metreye ulaşmıştır (Tablo 3). E bölgesi boyunca gözlemlenen ve T658, T659 ile T660 enkesitleri arasındaki dolgu kıyı boyunca en az 3km’lik şeride karşılık gelmektedir. E bölgesi için ortalama yıllık değişim miktarı üç enkesit dikkate alındığında yaklaşık 7m/yıldır. Bu değişimin sebebinin Kızılırmak’ ın taşımış olduğu sedimentlerin rüzgar ve dalga gibi sebeplerle bu bölgede birikmiş olması olarak söylenebilir.



Şekil 12. F Bölgesi

Bir diğer kıyısız alan kazanımının fazla olduğu yer Batıpark Projesi Limanı alanına denk gelen ve rekreasyon amaçlı kıyısız alan kazanımı için doldurulmuş olan F bölgesidir. T684 kesitinin yer aldığı kısım en fazla dolgu alanına sahip kısımdır ve yılda ortalama 15metre değişime sahiptir. T685 enkesitinde bu değişim 14m/yıl' dır (Tablo 3). 1999 yılında yapımına başlanan Batıpark projesiyle doldurulan kıyı bölgesi, 2021 yılında kıyı çizgisi değişimin 522 metreye ulaştığı büyük bir dolgu alanına sahip olmuştur. T683-T685 kesitleri arasında kıyı çizgisinin ortalama değişiminin 10m/yıl olduğu görülmektedir (Tablo 3). Ayrıca söz konusu dolgu nitelikli değişimin sürekli artan trende sahip olduğu açıktır (Şekil 17). Coğrafi özellikleri, doğal kaynak potansiyeli, ekosistem zenginliği, kentleşme, sanayileşme, liman kullanımı gibi sebeplerle bu bölgedeki değişim ve baskı giderek artmaktadır (Konuk ve Ergun, 2023).

G bölgesi Türkiye'nin büyük deltalarından biri olan Yeşilırmak Deltası' nın olduğu bölgeyi göstermektedir. Değerler incelendiğinde bölgede yoğun bir erozyon mevcuttur (Şekil 13). T718 kesitinde yılda ortalama 7metre erozyon miktarının olduğu T720 kesitindeyse bu değer 18metreye ulaştığı görülmektedir. Bu bölgedeki erozyonun sebebi Kızılırmak Bölgesi'nde oluşan erozyonun sebebiyle paralellik göstermektedir.



Şekil 13. G Bölgesi

Yeşilırmak nehri üzerine kurulan Suat Uğurlu (1981), Kılıçkaya (1989), Çamlığöze (1997), Koçhisar (2008), Süreyyabey (2011) vb. barajların inşaatı sonrasında sedimentler baraj gölleri içerisinde biriktiği için deltaya gelen sediment miktarı büyük oranda düşmüş, dalga ve kıyı akıntısı gibi sebeplerle bölge küçülmeye başlamıştır. 1990 yılında Yeşilırmak ana kolu üzerindeki sediment yükü yıllık ortalama 16561,2ton iken bu miktar 2012 yılında yıllık ortalama 3456,7ton olmuştur (Dutucu, 2016).



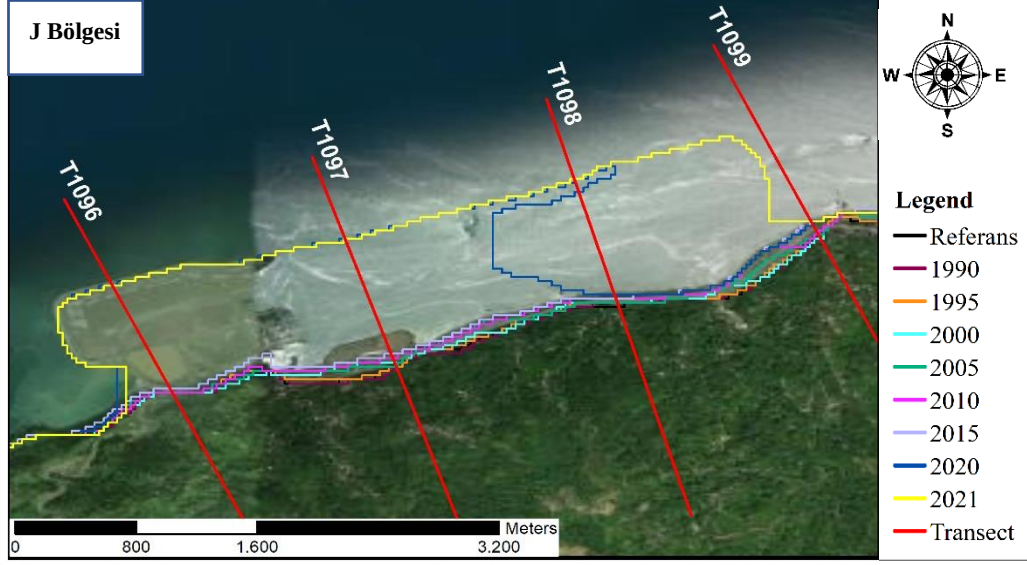
Şekil 14. H Bölgesi

H bölgesinde de antropojenik etkiyle kıyı bölgesinde bir alan kazanımı olduğu görülmektedir. T862 enkesiti bu alanın 666 metreyle maksimum dolgu ve 19m/yıl ile maksimum değişim miktarının olduğu kısım olarak görülmekte olup burada belirgin olarak değişimin 2010 yılı sonrasında ortaya çıktığı gözlemlenmektedir (Tablo 3). T862, T863, T864 enkesitlerinin olduğu bölgede 2011 yılında inşa edilmeye başlanan Ordu-Giresun Havalimanı sebebiyle bölgede 666m alan kazanımı olduğu tespit edilmiştir. Diğer yıllar ve enkesitler incelendiğinde alanın çok hızlı bir şekilde doldurularak inşaatın tamamlandığı anlaşılabilmektedir. Bu durum değişim trendi grafiğinden de kolaylıkla görülmektedir (Şekil 17).



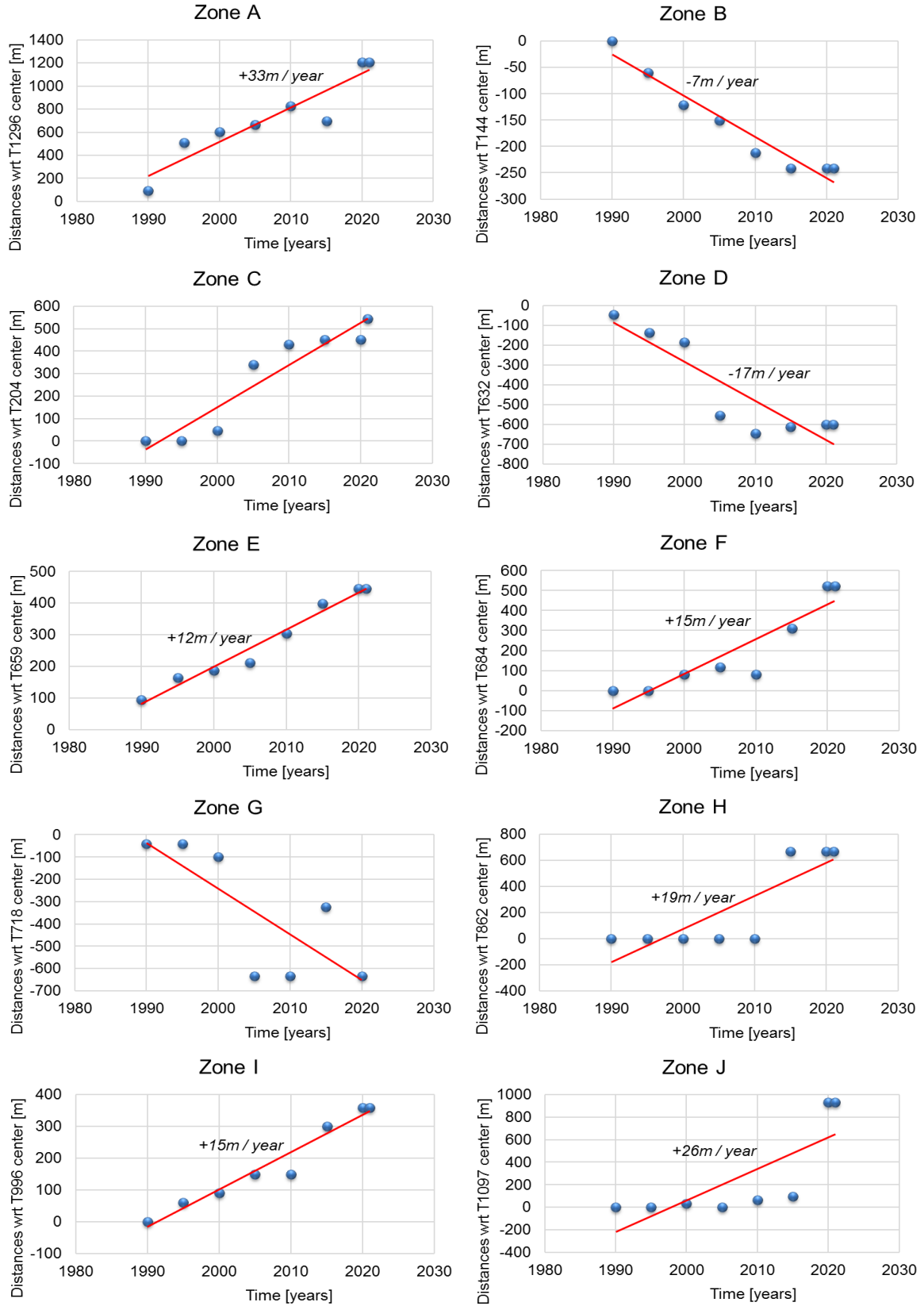
Şekil 15. I Bölgesi

T995- T998 kesitlerinin yer aldığı yaklaşık 5km kıyı uzunluğuna sahip I bölgesi Trabzon ili'nde yer alan Akyazı Stadı'nın olduğu bölgeyi temsil etmektedir. Bu bölge de Samsun kıyısı rekreasyonu, Ordu - Giresun Havalimanı bölgelerine benzer biçimde rekreasyon ve kamusal alan tesis etmek üzere yapay olarak doldurulmuştur. Bu kısım için kullanılan T995, T996, T997 ve T998 enkesitleri için dikey yönde ortalama dolgu miktarı 36 yıllık süreç içerisinde yaklaşık 390m olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). İncelenen alanın denize paralel uzunluğu yaklaşık 5km dir.



Şekil 16. J Bölgesi

Büyük miktarlarda değişimin olduğu bir diğer bölge de J bölgesi olarak adlandırılan Rize Pazar Havalimanı'nın olduğu kısımdır. Bu bölgede de Samsun kıyısı rekreasyonu, Ordu - Giresun Havalimanı, Akyazı Stadı'nın olduğu bölgelere benzer biçimde rekreasyon ve kamusal alan tesis etmek üzere yapay olarak doldurulmuştur. Bu bölge için kullanılan T1096, T1097 ve T1098 kesitleri için dikey yönde ortalama dolgu miktarı 36 yıllık süreç içerisinde yaklaşık 26m/yıl olarak bulunmuştur. Söz konusu dolgu Tablo 3' den de görüleceği üzere yaklaşık 5 yıllık süre içinde tamamlanmıştır. Maksimum değişimin görüldüğü enkesit T1097 nolu enkesittir (Şekil 16).



Şekil 17. Değişim Trend Grafikleri

4. İRDELEME

Son dönemlerde gezegenimizin birçok çevresel felakete maruz kalması bilim çevrelerini bu alana yönlendirmiş ve bunun sonucunda Birleşmiş Milletler çevre programları kapsamında uluslararası düzeyde alınan kararların Kyoto Protokolü ve IPCC (International Panel on Climate Change) gibi yansımaları olmuştur. IPCC bilimsel panelinin üzerinde dikkatle durduğu problemlerin başında deniz seviyesindeki değişimler gelmektedir. İklim değişiminin sonucu olarak yakın gelecekte deniz seviyesindeki yükselmeler önemli çevresel problem haline gelecektir ve bu sebeple deniz seviyesi değişiminin ortaya konabilmesi açısından referans teşkil eden temel obje kıyı çizgisinin kendisidir. Bu doğrultuda kıyı çizgisinin ve değişiminin belirlenmesi bilim çevrelerince önemli bir husus olmuştur.

Kıyı alanları dinamik ortamlardır ve bu ortamlar zaman geçtikçe gerek doğal gerekse antropojenik şekilde değişim göstermektedir. Son yıllarda Türkiye’de artan iç ve dış turizm imkanları bu alanlarda yoğun bir nüfus baskısı oluşturmuştur. Bu baskı sonucunda artan talebi karşılamak için inşa edilen tatil siteleri, günübirlik turizm adına yapılan uygulamalar, denize inşa edilen alanlar, ulaşım problemine bir çözüm olarak inşa edilen otoyollar ve daha bir çok uygulama kıyılarımızın yok olmasına sebep olmaktadır (Çelik, 2015). Bu ortamları izleme ihtiyacı, araştırmacıları kıyı çizgisini verimli bir şekilde belirleme yöntemlerine yöneltmiştir. Uzun yıllar boyunca farklı teknik ve yöntemlerle kıyı çizgisi tespiti yapılmış, teknolojinin gelişmesiyle kıyı çizgisini belirlemek için artan imkanlara paralel olarak kıyı çizgisinin şimdi ve geçmişte nerede olduğu, gelecekte nerede olacağı yer bilimciler, mühendisler ve yönetimlerce merak edilen bir husus olmuş, artan bu imkanlar alandaki çalışmalara ivme kazandırmıştır. Yersel teknikler ve fotogrametrik yöntemlerle çekilen fotoğrafların aksine uydu görüntülerinin kullanılması tekrar sıklığı ve düşük maliyet avantajını beraberinde getirmiştir. Bu amaçla kullanılan uzaktan algılama yöntemleriyle kıyı çizgisinin belirlenmesi, teknolojinin gelişmesiyle lokal bilgisayarların depolama alanlarına ihtiyaç duyulmadan bulut platformları üzerinde etkili ve kısa sürede yapılabilir duruma gelmiştir.

Bu çalışma için 1985- 2021 yılları arasındaki Güney Karadeniz kıyı çizgisinin zamansal değişimi GEE platformunun sağladığı olanaklar ile analiz edilip dikkat edilmesi gereken noktalar tespit edilmiştir. Değişimler göz önüne alındığında ani değişimlerin meydana geldiği kısımlarda insan kaynaklı etkilerin çoğunlukta olduğu görülmektedir.

Akarsular üzerine inşa edilen barajların sediment dengesini bozmasıyla bazı yerlerde meydana gelen erozyonlar, kıyının doldurulması suretiyle kıyılara inşa edilen tesisler ve yapılan yollar kıyıların morfolojisini değiştirmiştir. Çalışmada A, C, E, F, H, I, J bölgelerinde doldurma kaynaklı alan kazanımı olduğu görülmektedir.

Yoğun bir dolgu baskısına maruz kaldığı ve yaklaşık 1204m kıyı değişiminin gözlemlendiği Avrupa -Asya kıtalarını birbirine bağlayan ve stratejik açıdan öneme sahip olan İstanbul ili'nin Karadeniz kıyısına denk gelen A bölgesi için Göksel vd., (2019) bölgenin 2009 ve 2016 yıllarındaki kıyı çizgilerini belirleyip bu alanın zaman içindeki değişimini incelemiştir. Bu 7 yıllık süreçte meydana gelen değişimi ise maksimum erozyon mesafesini -439m ve maksimum kazanım mesafesini ise 470m olarak hesaplamıştır. Çalışma alanı içerisinde maksimum dolgu bölgelerinden birisi de Karadeniz Ereğlisi Gemi İnşaa Sanayi alanında bulunan C bölgesidir. Bölgedeki en yüksek değişimin 543m olduğu ve yılda 15m değişimin meydana geldiği bu bölgenin yakınında Görmüş vd., (2021) yapmış olduğu araştırmada 1975 – 2016 yılları arasında bu kısımda ortalama 8.4m/yıl'lık bir dolgu dinamiği tespit etmiştir. Samsun ili'nin Kızılırmak Deltası'nda bulunan E bölgesinde zamanla alan kazanımı artmış ve 2021 yılında 445m seviyelerine ulaşmıştır. Ozturk ve Sesli (2015) Kızılırmak Bölümü'nde yapmış oldukları analizde bölgedeki dolgu varlığının maksimum 476metre olduğunu tespit etmiştir. Bu alanda meydana gelen dolgu Kızılırmak Deltası kıyısız sediment taşınımının veya yer değiştirmesinin yanı sıra bölgenin RAMSAR sulak alan karakteristiğinde olmasından ötürü son yıllarda yaşanan küresel iklim değişimi kaynaklı kuraklığın da etkili olabileceği söylenebilir (Kuleli vd., 2011). Samsun ili'ndeki diğer bir dolgu alanı F bölgesindeki rekreasyon amaçlı yapılan Batıpark projesinin olduğu bölgedir. Konuk ve Ergun, (2023) 1935- 2012 yılları için Samsun şehrinin kıyı değişimini belirledikleri çalışmada Batıpark alanının dolgu miktarının 84ha olduğunu hesaplamıştır. H bölgesinde bulunan ve 2011 yılında inşa edilmeye başlanan Ordu-Giresun Havalimanı'nın da doldurularak inşa edildiği ve bu bölgede yaklaşık 666m'ye ulaşan değişimin meydana geldiği çalışmada tespit edilmiştir. Aktaş ve Bahadır, (2022) yapmış oldukları çalışmada 1975- 2020 yılları arasında bu havalimanının olduğu bölge için toplamda 21.420dekarlık alanın doldurulduğunu belirlemiştir. Bir diğer rekreasyon ve kamusal tesis elde etmek için doldurulan alan I bölgesidir. Trabzon ili Akyazı Stadyum'una denk gelen bu bölgede en büyük değişim miktarının 553m olduğu ve 36 yıllık süreçte bu değişimin yılda 15m olduğu belirlenmiştir. Sesli (2006) ve Sesli vd., (2008) Trabzon ili için yapmış olduğu çalışmada da 1973-2002 yılları arasında toplamda 101hektarlık alanın denizin doldurulmasıyla

kazanıldığı, bu doldurma alanlarının daha çok karayolu, tesis, yeşil alan, yürüyüş yolu gibi amaçlar için kullanıldığı ve yaklaşık 11,3hektarlık alanın kıyı erozyonu, kum çekimi, malzeme alımı gibi sebeplerle erozyona uğradığını saptamıştır. Dolgu alanlarının daha çok karayolu, yeşil alan ve mevcut tesislerin genişlemesi için yapıldığı; erozyona uğrayan kısımların ise kum çekimi malzeme alımı gibi nedenlerle kaybedilmiş olduğu görülmüştür. Saralıoğlu vd. (2014) aynı bölgede yapmış olduğu çalışmada 2002-2012 yılları arasında Trabzon ili'nde yaklaşık 156hektarlık alanın denizin doldurulmasıyla kazanıldığını saptamıştır. B, D, G bölgelerinin zamanla erozyona uğradığı görülmektedir. Sakarya Nehri'nin denize ulaştığı B bölgesinde yılda ortalama 7m erozyon meydana gelmiştir (Tablo 3). Ikiel ve Ustaoglu, (2011) Sakarya ili için yapmış oldukları çalışmada Sakarya Nehri'nin denize ulaştığı alanın 2km kadar doğusuna inşa edilen limanın dalga ve akıntı rejimini değiştirdiği ve kıyı erozyonuna sebep olduğunu saptamıştır. Sakarya Deltası'nda 1975'den sonra nehir sularında sediment taşınımında %40-65 oranında azalma oluşmuş ve nehir yatağında kum çekilmesi de bu kısımdaki sediment dengesini bozmuş ve erozyon meydana gelmiştir. Diğer yandan inşa edilen liman ve mendirekler nehirden çıkan sedimentlerin kumsala yönelimini etkilemekte ve bu da kıyı çizgisindeki değişimi meydana getiren diğer bir etken olmaktadır. Yapılan bu çalışmada 2009 yılında kıyı çizgisi ortalama 70m değişmişken 2009-2010 yıllarında kıyı çizgisinin ortalama 25m gerilediği görülmüştür. Diğer bir erozyon alanı olarak Kızılırmak bölgesinde yer alan D bölgesinin yıllar içinde erozyona uğradığı ve yılda yaklaşık -7m değişim gösterdiği belirlenmiştir. Öztürk ve Sesli, (2015) Samsun ili'nin Bafta ilçesi'nde yer alan Kızılırmak Lagünü'nün 1962-2013 yılları arasındaki değişimini incelemiştir. Çalışmada T630, T631, T632, T633 enkesitlerine denk gelen kısımlarda 1962-2013 yılları arasında ortalama değişimi -486m erozyon olarak bulmuştur. Kuleli vd., (2011) 1989- 2009 yılları arasında bu bölgedeki kıyı erozyonunun yılda -16metre olduğunu tespit etmiştir. Görmüş vd., (2021) benzer bölgede yapmış olduğu çalışmada erozyon miktarının -17,8m/yıl olduğunu tespit etmesi benzer sonuçlar alındığını destekler niteliktedir. Ataol vd., (2019) benzer bölgede yaptığı çalışmada 1951- 2017 yılları arasındaki değişim oranını -11,46m/yıl olarak tespit etmiştir. Bu bölgede erozyonların devam etmesi delta çevresinde meydana gelmiş olan lagünlerin tahrip olmasına sebep olacağı gibi sulak alanların deniz işgaline uğrayıp doğal dengesinin bozulacağı düşünülmektedir (Zeybek vd., 2011). Türkiye'nin büyük deltalarından biri olan Yeşilirmak Deltası'nın olduğu bölgeyi gösteren G bölgesinde de benzer durum mevcuttur. Yeşilirmak üzerine kurulan ve sediment dengesini bozan barajların, akarsu yatağından malzeme alan

kum ocaklarının ve iklim değişikliğinin etkilerini inceleyen Bağcı ve Bahadır, (2018) yaptıkları çalışmada 1984-2018 yılları arasındaki uydu görüntülerini analiz ederek bölgenin yaklaşık 3,4km² küçüldüğünü ve küçülmenin devam ededeğini belirtmişlerdir. Görmüş vd., (2021) G bölgesi civarında yapmış olduğu çalışmada 1975-2016 yıllarındaki erozyon miktarının -18m/yıl olduğunu tespit etmiştir.

GEE platformu sağladığı geniş veri seti ve sonuçların hızlı elde edilmesi açısından bu çalışmada oldukça fayda sağlamıştır. Binlerce Landsat TOA görüntüsünün analiz edilmesi ve kıyı değişiminin belirlenmesi hususunda gerek depolama alanına ihtiyaı ortadan kaldırması gerekse sonuçların hızlı bir şekilde elde edilmesine olanak sağlamasıyla GEE, analizler için kullanılan diğer araçlardan daha etkili sonuçlar vermektedir. Ayrıca temel uygulamalar için hazır kodların kullanılması ve kullanıcılar arasında kodların paylaşılabilmesi de platformun sağladığı diğer bir kolaylık olarak görülebilmektedir. Fakat GEE sınırlı desteğe sahiptir. Temel analizler için destek ekiplerinden ücretsiz yardım alınabiliyorken diğer çalışmalar için ücretli destek paketlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca cretsiz sürümde işleme ve depolama sınırlamaları mevcuttur. Bu sınırlamalardan dolayı çalışmada enkesitler yaklaşık 1,5km aralıklarla belirlenmiştir. İşleme anlamında sınırlamalar olmasaydı daha kısa mesafelerde kıyı dinamiği belirlenebilirdi. GEE, alışma alanının çok geniş olması durumunda görüntüler için indirgeme ve haritalama gibi bazı işlemlerin yapılması için uygun değildir. Temelde platform basit algoritmalar için hazır kodlar bulundursa da diğer çalışmalar için Python ya da Javascript dillerini bilme becerisi gerektirir ve kapalı kaynak kodlarına sahiptir. Görüntü ve geometrik sonuç verilerinin dışa aktarılması diğer verilere göre nispeten daha kolay ve az zaman almaktadır. Fakat numerik değerler için sonuçların depolanması oldukça zor ve zaman alıcıdır. Bu çalışmada hesaplanılan metrik değişimlerin depolanması oldukça uzun zaman gerektirmiştir. Yine de hızlı karar alınması gereken durumlarda ya da çalışmanın modellenmesinde GEE araştırmacılar için oldukça fayda sağlamaktadır.

5. SONUÇ

Dünya nüfusunun artmasıyla kentleşme, şehirleşme, sanayileşme gibi kavramların ortaya çıkardığı istek ve gereksinimler kıyı morfolojisinde değişimlere sebep olurken iklim ve çevresel değişimler de kıyı morfolojisini etkilemektedir. Kıyı çizgisinde meydana gelebilecek herhangi büyük çaptaki bir değişimin kıyı ekosistemini etkileyeceği, deltalar gibi verimli alanların zarar göreceği, alansal kayıpların meydana gelebileceği ya da bataklık bölgelerinin oluşmasına sebep olabileceği öngörülmektedir. Bu sebeple kıyı çizisi değişiminin belirlenmesi önemli bir husus olmaktadır. Fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemlerinin kullanılması veri elde edimi, analiz, planlama, zamansal değişimin izlenmesi hususunda önemli kazanımlar sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemlerin coğrafi bilgi sistemleriyle entegre kullanılması da doğruluk ve otomatizasyon düzeyi yüksek ileri düzey analizlerin yapılabilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte analiz aşamasında en yoğun çalışma gerektiren kısımlardan biri verilerin derlenmesi ve depolanması işlemleridir. Bu durum büyük alanların analizi için çok daha zahmetli bir iştir. Gelişen teknolojik aşamalar sonucunda bu yoğun emek gerektiren kısım GEE bulut platformuyla hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan GEE bulut platformu da içinde barındırdığı kamuya açık veri setleri sayesinde kıyı çizgisini izleme ve değişimin belirlenmesi hususunda önemli kazanımlar sağlamış ve GEE platformu ile kıyı değişim analizinin, yüksek kaliteli hızlı sonuçlar elde etmek için önerilen yaklaşım kullanılarak başarıyla gerçekleştirilebileceği kanıtlanmıştır. Karadeniz kıyı çizisi değişimlerinin incelenmesi amacıyla çalışmada kullanılan binden fazla görüntünün geleneksel yöntemlere kıyasla GEE’de depolanmaya ihtiyaç duyulmadan kullanılmasının sağlanması, geniş çaptaki çalışma alanlarının analizini mümkün kılmıştır. Karadeniz kıyı değişiminin belirlendiği bu çalışmada kıyı çizisinin doğal ya da antropojenik sebeplerle değiştiği tespit edilmiştir. Çalışma bölgesi olarak seçilen alanın 10 milyonu aşan nüfusa sahip olması kıyı değişiminde antropojen baskının önemli bir etken olduğunu göstermektedir. Çalışmadan çıkarılabilecek genel sonuç çalışma bölgesinde kıyı çizisinin iklimsel sebepler, sediment dengesindeki bozulmalar ya da kıyı inşaatları sebebiyle değiştiği yönündedir. Çeşitli amaçlar çerçevesinde inşa edilen yapı ve tesisler değişimin ana sebebi olarak görülmektedir. Çalışmanın metrik değerleri incelendiğinde kıyıyı dik olarak kesen en uzun dolgunun 1200m yi aştığı erozyonun ise 600m den fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu değişimin belirlenmesi; kıyı

yönetimi, çevre düzenlemesi, yapılacak olan yatırımlar ve alınacak önlemler hususunda önemlidir. Sakarya Karasu, Kızılırmak Deltası ve Yeşilirmak Deltası'nın bulunduğu B, D, G bölgelerinde meydana gelen erozyonun doğal kökenli değişim sebeplerinin olduğu ve temelde sediment yükünün değişiminden kaynaklandığı diğer yandan çalışma bölgesinin doğusunda yer alan Ordu- Giresun Havalimanı, Trabzon Akyazı Stadı ve Rize-Pazar Havalimanının bulunduğu H, I, J bölgelerinde ise değişimin büyük mühendislik yapılarının kıyı bölgelerine inşa edilmesiyle oluştuğu sonucuna varılabilir. Çalışmanın geneline bakıldığında maksimum erozyon gözlemlenen alanların daha çok Güney Karadeniz kıyısal sularının hidrodinamik aşındırma veya kıyı boyunca sediment taşıma rejimlerinin değişiminden kaynaklı olduğu, maksimum dolgu alanlarının ise genelde yol inşaatı ya da kıyıya inşa edilen büyük mühendislik yapılarının sebep olduğu söylenebilir. Fakat kıyı dinamiğinde meydana gelen değişimleri sadece metrik değerler olarak görmek yanlış olacaktır. Kıyı değişimlerin kıyıda yaşam alanlarını da etkilediği görülmektedir. Ordu-Giresun Havalimanı bölgesinde yapılmış olan dolgunun deniz ekosisteminde olumsuzluklara yol açtığı, kayalık alanları beslenme ve yuvalama alanı olarak kullanan balık popülasyonunda azalma olduğu görülmüştür (Aktaş ve Bahadır, 2022). Göksel vd., (2019) İstanbul bölgesi olarak temsil edilen A bölgesinde yapmış olduğu çalışmada, bu bölgede yapılan dolgunun kıyıda meydana getirdiği değişimin sadece yaşam alanlarını değiştirmekle kalmayıp aynı zamanda maddi kayıplar ve afete dönüşebileceğini öngörmüştür. Yüksel vd., (2000) Karadeniz otoyolu tamamlandıktan sonra otoyolun ve bu yola paralel ya da dik inşa edilen yapıların akarsuların taşıdığı katı madde dağılımına etkisini incelemiş, bu yapıların akarsuların getirdiği katı maddelerin kıyı boyu dağılımını dolaylı ya da doğrudan etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

6. ÖNERİLER

Kıyı değişimlerinin incelendiği bu çalışmada kıyıların doldurulması vasıtası ile arazi kazanılması uygulamalarından çevre sağlığı açısından vazgeçilmesi uzun vadede en iyi çözüm olarak görülmektedir. Bazı zorunlu durumlar için ise alternatif olarak kıyıda dalga enerjisi ve erozyonu azaltan soft engineering tekniklerinin kullanılması uzun vadede ekolojik açıdan daha olumlu sonuçlar doğuracaktır. Kıyı alanlarının belirli zaman aralıklarında incelenmesi kıyıya baskı oluşturacak ani bir değişikliğin meydana getireceği sonuçların öngörülmesine yardımcı olabilir. Bu sonuçların öngörülmesinde ise uzaktan algılama yöntemlerinin teknolojik gelişmeler ışığında etkili bir biçimde kullanılması geliştirilen yazılım ve platformlarla entegrasi olası mal ve can kaybının önüne geçebilir. Bunun dışında özellikle rekreasyon alanı edinimi, havaalanı inşaatı gibi büyük projelerde uzaktan algılama, jeoteknik ve fotogrametrik yöntemlerle deformasyonların zamana karşı gözlemlenmesi de önemli olan diğer bir husustur. Diğer yandan GEE platformunun kısıtlamalarının kaldırılması, işleme ve depolama kapasitesinin artırılması da GEE tabanlı kıyı gözlem sürecini olumlu yönde etkileyecek ve bu alandaki araştırmaları arttıracaktır. Bununla birlikte gelecekte daha yüksek konumsal ve spektral çözünürlüklü veri setlerinin ücretsiz olarak GEE ortamında sunulması önerilen yaklaşımın ve diğer geliştirilebilecek algoritmaların performansını arttırabilecektir. Ayrıca görüntülerin çözünürlüğü analizlerin doğruluğunu etkilemektedir. GEE platformunda yüksek çözünürlüklü veri kataloglarının bulunması sayesinde analiz sonuçlarının güvenilirliği artacak ve yüksek konumsal doğrulukla sonuçlar elde edilebilecektir.

7. KAYNAKLAR

- Aagaard, T., Kroon, A., Andersen, S., Sørensen, R.M., Quartel, S. ve Vinther, N., 2005. Intertidal beach change during storm conditions; Egmond, The Netherlands, Marine Geology, 218, 65–80.
- Aarninkhof, S.G.J.; Caljouw, M., ve Stive, M.J.F., 2000. Video based quantitative assessment of intertidal beach variability, Proceedings of the 27th International Conference on Coastal Engineering (Sydney, Australia), 3291–3304.
- Aedla, R., Dwarakish G.S. ve Reddy, D.V., 2015. Automatic Shoreline Detection and Change Detection Analysis of Netravati-GurpurRivermouth Using Histogram Equalization and Adaptive Thresholding Techniques, Aquatic Procedia, 4, 563-570.
- Aghlmand, M., Kalkan, K., Onur, M.İ., Öztürk, G. ve Ulutak, E., 2021. Google Earth Engine ile arazi kullanımı haritalarının üretimi, NÖHÜ Müh. Bilim. Dergisi, 10. 1, 038-047.
- Akpınar, A., Bingölbalı, B. ve Vledder, V., 2016. Wind and wave characteristics in the Black Sea based on the SWAN wave model forced with the CFSR winds, Ocean Engineering, 126, 276-298.
- Aktaş, C. ve Bahadır, M., 2022. Çam Burnu (Ordu) ile Gül Burnu (Giresun) Arası Kıyı Çizgisinin Zamansal Değişimi ve Kıyı Kullanımı, International Journal of Geography and Geography Education, 45, 320- 348.
- Allenbach, K., Garonna, I., Herold, C., Monioudi, I., Giuliani, G., Lehmann, A., Velegrakis, A.F., 2015. Black Sea beaches vulnerability to sea level rise, Environ. Sci. Policy 46, 95–109.
- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S.A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S.M., Moghaddam, S.H.A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., Wu, Q. Ve Brisco, B., 2020. Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review, Ieee Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing, 13.
- Apaydın, A. ve Durmaz, M., 2020. Giresun-Piraziz Arasında Karadeniz Sahil Yoluna Bağlı Kıyı Çizgisi Değişimi Ve Güncel Plaj Oluşumları, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9, 1, 150 – 166.
- Arriaga, J., Medellin, G., Ojeda, E. ve Salles, P., 2022. Shoreline Detection Accuracy from Video Monitoring Systems, Journal of Marine Science and Engineering, 10,95.
- Ataol, M., Kale, M.M. ve 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 Sciences, 78, 579.

- Bağcı, H.R. ve Bahadır, M., Effects of Climate Change and Anthropogenic Pressure on the Wetlands of Yeşilırmak Delta (Samsun), The 2nd UNIDOKAP International Symposium on BIODIVERSITY, Ondokuzmayıs Üniversitesi, 2018.
- Bagli, S. ve Soille, P., Automatic delineation of shoreline and lake boundaries from Landsat satellite images, Proceedings of initial Eco-Imagine GI and GIS for Integrated Coastal Management, May 2004.
- Barnard, P.L., Short, A.D., Harley, M.D., Splinter, K.D., Vitousek, S., Turner, I.L., Allan, J., Banno, M., Bryan, K.R., Doria, A., Hansen, J.E., Kato, S., Kuriyama, Y., Randall- Goodwin, E., Ruggiero, P., Walker, I.J. ve Heathfield, D.K., 2015. Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El Niño/Southern Oscillation, *Nature Geoscience*, 8, 801–807.
- Bayram, B., Janpaule, I., Avşar, Ö., Oğurlu, M., Bozkurt, S., Reis, H.Ç. ve Seker, D.Z., 2015. Shoreline Extraction and Change Detection using 1:5000 Scale Orthophoto Maps: A Case Study of Latvia-Riga, *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 2, 1-6
- Bioresita, F. ve Hayati, N., 2016. Coastline Changes Detection Using Sentinel-1 Satellite Imagery In Surabaya, East Java, Indonesia, 11, 2.
- Boak, E.H. ve Turner, I.L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review, *Journal of Coastal Research*, 21, 4, 688–703, West Palm Beach, Florida.
- Bouchahma, M., Yan, W. ve Ouessar, M., 2012. Island Coastline Change Detection Based on Image Processing and Remote Sensing, *Computer and Information Science* 5, 3.
- Burningham, H. ve Fernandez, M., Sandy Beach Morphodynamics, 19, 439-457, 2020.
- Buscombe, D. ve Ritchie, A.C., 2018, Landscape classification with deep neural networks, *Geosciences* 8(7), 244.
- Candra, D.S., Phinn, S. ve Scarth, P., Cloud and Cloud Shadow Masking Using Multi-Temporal Cloud Masking Algorithm In Tropical Environmental, XXIII ISPRS Congress, July 2016, Prague, 12–19.
- Carr, A.P., 1965. Shingle spit and river mouth: short term dynamics, *Trans. Inst. Brit. Geogr.*, 36, 117–129.
- Chen, D., Wang, Y., Shen, Z., Liao, J., Chen, J. ve Sun, S., 2022. Long Time-Series Mapping and Change Detection of Coastal Zone Land Use Based on Google Earth Engine and Multi-Source Data Fusion, *Remote Sensing*, 14, 1, 1.
- Chu, Z.X., Sun, X.G., Zhai, S.K. ve Xu, K.H., 2005. Changing pattern of accretion/erosion of the modern Yellow River (Huanghe) subaerial delta, China: Based on remote sensing images, *Marine Geology*, 227, 2006, 13– 30.

- Çelik, K., 2015. Kıyı Alanlarının Planlanmasında Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi, Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi, 2, 1, 36-43.
- Çelik, O.İ. ve Gazioğlu, C., 2020. Coastline Difference Measurement (CDM) Method, International Journal of Environment and Geoinformatics, 7, 1.
- Dattu, T.S., Reddyb, D.B., Charan, M., Sailaja, K.L. ve Kumar, R., 2022. Coastal Line Change Analysis Using Google Earth Engine And Qgis, Computer Vision and Image Understanding.
- Dihkan, M., Karsli, F., Guneroglu, A., 2011. Mapping total suspended matter concentrations in the black sea using landsat TM multispectral satellite imagery, Fresenius Environ. Bull., 20, 262-269.
- Ding, Y., Yang, X., Hailiang Jin, H., Wang, Z., Liu, Y., Liu, B., Zhang, J., Liu, X., Gao, K. ve Meng, D., 2021. Monitoring Coastline Changes of the Malay Islands Based on Google Earth Engine and Dense Time-Series Remote Sensing Images, Remote Sensing, 13, 19, 3842.
- Doherty, Y., Harley, M.D., Vos, K. and Splinter, K.D., 2022. A python toolkit to monitor sandy shoreline change using high-resolution shoreline change using planetscope cubesats, Environmental Modelling & Software, 157, 105512.
- Donchyts, G., Baart, F., Winsemius, H., Gorelick, N., Kwadijk, J., and Giesen, N., 2016. Earth's surface water change over the past 30 years, Nature Climate Change, 6.
- Dozier, J., 1989. Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper, Remote Sensing of Environment, 28, 9-22.
- Dutucu, A. A., Yeşilırmak Deltası'nda Jeomorfolojik Değişiklikler ve Gelecek ile İlgili Öngörüler, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul, 2016.
- Fogarin, S., Zanetti, M., Dal Barco, M.K., Zennaro, F., Furlan, E., Torresan, S., Pham, H.V. ve Critto, A., 2021. Combining remote sensing analysis with machine learning to evaluate short-term coastal evolution trend in the shoreline of Venice, Science of the Total Environment, 859.
- Ford, M., 2013. Shoreline changes interpreted from multi-temporal aerial photographs and high resolution satellite images: Wotje Atoll, Marshall Islands, Remote Sensing of Environment, 135, 130–140.
- Uzun, M., ve Garipağaoğlu, N., 2014. The Evaluation Of Coasts Of The Gulf Of Izmit In Terms Of Risks To Be Caused By The Changes Of Shoreline, The Journal of International Social Research, 7, 31.
- Gens, R., 2010. Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring, International Journal of Remote Sensing, 31, 7, 1819–1836.

- Gomes, V.C.F., Queiroz, G.R. ve Ferreira, K.R., 2020. An Overview of Platforms for Big Earth Observation Data Management and Analysis, *Remote Sensing*, 12, 1253.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. ve Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Goward, S., Arvidson, T., Williams, D., Faundeen, J., Irons, J. ve Franks, S., 2006. Historical Record of Landsat Global Coverage: Mission Operations, NSLRSDA, and International Cooperator Stations, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72, 10, 1155–1169.
- Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H. A., Turer, D., Akgün, A., Ayas, Z. ve Temimhan, M., 2014. Determination of coastal border line: an integrated approach for a part of Antalya coast (Turkey), *Arabian Journal of Geosciences*, 8, 1145–1154.
- Göksel, C., Senel, G. ve Dogru, A.O., 2019. Determination of shoreline change along the Black Sea coast of Istanbul using remote sensing and GIS technology, *Desalination and Water Treatment*, 177, 2020, 242–247.
- Görmüş, T., Ayat, B., Aydoğan, B. ve Tatui, F., 2021. Basin scale spatiotemporal analysis of shoreline change in the Black Sea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 252.
- Görmüş, T., ve Ayat, B., 2019. Vulnerability assessment of Southwestern Black Sea, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35, 2, 663-668.
- Guariglia, A., Buonamassa, A., Losurdo, A., Saladino, R., Trivigno, M.L., Zaccagnino, ve Colangelo, A., 2006. A multisource approach for coastline mapping and identification of shoreline changes, *Annals of Geophysics*, 49, 1.
- Gulliver, F.P., 1899. Shoreline topography. *Proc. Am. Acad. Arts Sci.* 34 (8), 151–258.
- Guneroglu, A., 2015. Coastal changes and land use alteration on Northeastern part of Turkey, *Ocean and Coastal Management*, 118, 225- 233.
- Guneroglu, A., Karsli, F. ve Dihkan, M., 2014. Dynamic management of the coasts: Marine spatial planning, *Maritime Engineering*, 167.
- Guneroglu, N., Acar, C., Dihkan, M., Karsli, F. ve Guneroglu, A., 2013. Green corridors and fragmentation in South Eastern Black Sea coastal landscape. *Ocean Coast. Manag.*, 83.
- Güneroğlu, A., Samsun, O., Feyzioğlu, M., Dihkan, M., 2019. The Black Sea—The Past, Present, and Future Status, in: *Coasts and Estuaries*. Elsevier, pp. 363–375.
- Hall, D.K., Foster, J.L., Verbyla, D.L., Klein, A.G. ve Benson, C.S., 1998. Assessment of Snow-Cover Mapping Accuracy in a Variety of Vegetation-Cover Densities in Central Alaska, *Remote Sensing of Environment*, 66, 2, 129-137.

- Hapke, C.J., Reid, D., Richmond, B.M., Ruggiero, P. ve List, J., 2006. National assessment of shoreline change Part 3: Historical shoreline change and associated coastal land loss along sandy shorelines of the California Coast, US Geological Survey Open File Report, 1219, 27.
- Harley, M.D., Kinsela, M., Garcia, E.S. ve Vos, K., 2019. Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images, *Coastal Engineering*, 150, 175–189.
- Harrison, A.J., Miller, B.M., Carley, J.T., Turner, I.L., Clout, R. ve Coates, B., 2017. NSW Beach Photogrammetry: A New Online Database and Toolbox, *Coasts & Ports*.
- Hoeke, R.K., Zarillo, G.A. ve Synder, M., 2001. A GIS Based Tool For Extracting Shoreline Positions From Aerial Imagery (Beachtools), *Us Army Corps Of Engineers*, 12p.
- Holman, R.A. ve Stanley, J., 2007. The history and technical capabilities of Argus, *Coastal Engineering*, 54, 477–491.
- Huang, C., Li, X. ve Wen, Y., 2020. AN OTSU image segmentation based on fruitfly optimization algorithm, *Alexandria Engineering Journal*, 60, 1, 183-188.
- Huang, C., Zhang, H. ve Zhao, J., 2020. High-Eciency Determination of Coastline by Combination of Tidal Level and Coastal Zone DEM from UAV Tilt Photogrammetry, *Remote Sensing*, 12, 14.
- Ikiel, C. ve Ustaoglu, B., coastline change is investigated using remote sensing and gis-based integrated analysis in the eastern part of the Sakarya River delta, *Fiziki Coğrafya Araştırmaları Sistematik ve Bölgesel*, Deniz Ekinci, 1, 483-492, *Türk Coğrafya Kurumu*, 2011.
- Irish, R.R., Barker, J.L., Goward, S.N., Arvidson, T., 2006. Characterization of the landsat-7 ETM+ automated cloud-cover assessment (ACCA) algorithm. *Photogramm. Eng. Remote Sensing*. <https://doi.org/10.14358/PERS.72.10.1179>
- Karsli, F., Guneroglu, A. ve Dihkan, M., 2011. Spatio-temporal shoreline changes along the southern Black Sea coastal zone, *Journal of Applied Remote Sensing*, 5, 1.
- Konuk, N., Ergun, O.N., 2023. Monitoring the Coastal Changes in Samsun, Turkey, *Urban Academy*, 16, 2.
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., Dihkan, M., 2011. Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey, *Ocean Engineering*, 38, 2011, 1141- 1149.
- Kumar, L. ve Mutanga, O., 2018. Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential, *Remote Sensing*, 10, 1509.

- Kyle, H.L., Curran, R. J., Barnes, W. L. ve Escoe, D., 1978, A cloud physics radiometer, Third Conference on Atmospheric Radiation, American Meteorological Society, 28- 30 June 1978, Davis, Calif., p. 107.
- Larson, M. ve Kraus, N.C., 1994. Temporal and spatial scales of beach profile change, Duck, North Carolina, *Marine Geology*, 117, 75–94.
- Li, X. ve Damen, M.C.J., 2010. Coastline change detection with satellite remote sensing for environmental management of the Pearl River Estuary, China, *Journal of Marine Systems*, 82, S54-S61.
- Lin, S. ve Sahibuddin, M.Z., Determination of Coastline Changes by Using Geospatial Technology Along the Pantai Kuala Nerus, Terengganu, 8th International Conference on Geomatics and Geospatial Technology (GGT 2022), Ocak 2022, Atlanta, 1051 (2022) 012019.
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G. ve Aarninkhof, S., 2018. The State of the World's Beaches, *Scientific Reports*, 6641, 2018.
- Mahmoodzada, A.B., Varade, D. ve Shimada, S., 2020. Estimation of Snow Depth in the Hindu Kush Himalayas of Afghanistan during Peak Winter and Early Melt Season, *remote sensing*, 12, 2788.
- Mao, Y., Harris, D.L., Xie, Z. ve Phinn, S., 2021. Efficient measurement of large-scale decadal shoreline change with increased accuracy in tide-dominated coastal environments with Google Earth Engine, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 181, 385–399.
- Markiewicz, L., Mazurek, P. ve Chybicki, A., 2016. Coastline change-detection method using remote sensing satellite observation data, *Hydroacoustics*, 19.
- 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.
- Mentaschi, L., Vousdoukas, M.I., Pekel, J.F., Voukouvalas, E. ve Feyen, L., 2018. Global long-term observations of coastal erosion and accretion, *Scientific Reports*, 8, 1-11.
- Middleton, J.H., Cooke, C.G., Kearney, E.T., Mumford, P.J., Mole, M.A., Nippard, G.J., Rizos, C., Splinter, K.D. ve Turner, I.L., 2013. Resolution and accuracy of an airborne scanning laser system for beach surveys, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 30, 2452–2464.
- Mortont, R.A., Leacht, M.P., Painet, J.G. ve Cardozat, M.A., 1993. Using GPS Surveying Techniques, *Journal of Coastal*, 9, 3, 702-720.

- Muslim, A.M., Foody, G.M. ve Atkinson, P.M., 2007. Localized soft classification for super-resolution mapping of the shoreline, *International Journal of Remote Sensing*, 27, 11, 2271-2285.
- Nazeer, M., Waqas, M., Shahzad, M.I., Zia, I. ve Wu, W., 2020. Coastline Vulnerability Assessment Through Landsat and Cubesats in A Coastal Mega City, *Remote Sensing*, 12, 749.
- Otsu, N., 1979. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.* 9, 62–66.
- Ozturk, D. ve Sesli, F.A., 2015. Shoreline change analysis of the Kizilirmak Lagoon Series, *Ocean & Coastal Management*, 118, B, 290-308.
- Pais-Barbosa, J., Teodoro, A., Veloso-Gomes, F., Taveira-Pinto, F. ve Gonçalves, H., 2011. How Can Remote Sensing Data/Techniques Help Us to Understand Beach Hydromorphological Behavior ?, *Littoral 2010 (12002)*, 1–9.
- Pajak, M ve Leatherman, S., 2002. The High Water Line as Shoreline Indicator, *Semantic Scholar*.
- Pardo-Pascual, J.E., Sánchez-García, E., Almonacid-Caballer, J., Palomar-Vázquez, J.M., de los Santos, E.P., Fernández-Sarría, A. ve Balaguer-Beser, Á., 2018. Assessing the accuracy of automatically extracted shorelines on microtidal beaches from landsat 7, landsat 8 and sentinel-2 imagery, *Remote Sensing*, 10, 326.
- Pianca, C., Holman, R.A. ve Siegle, E., 2015. Shoreline variability from days to decades: Results of long-term video imaging, *Journal of Geophysical Research: Oceans* 120, 2159–2178.
- Pratikto, W.A., Fitriadhy, A., Maulana, M.I., Huda, A.C., Putri, D.L., Simatupang, L.A., Wahyudi, N.R., Laksono, R. ve Dewi, A.V.R., 2021. The Study of Coastline Changing and Total Suspended Solid Distribution Based on The Remote Sensing Data in Teluk Lamong Multipurpose Port Terminal, *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 698, 1
- Pucino, N., Kennedy, D.M., Carvalho, R.C., Allan, B. ve Ierodiaconou, D., 2021. Citizen science for monitoring seasonal-scale beach erosion and behaviour with aerial drones, *Scientific Reports*, 11, 1–17.
- Saralıoğlu, E., Nısancı, R. ve Uzun, B., Determining Practically Temporal Coastline Changing in Trabzon, *FIG Congress*, June 2014, Malaysia.

- Sayre, R., Noble, S., Hamann, S., Smith, R., Wright, D., Breyer, S., Butler, K., Graafeiland, K.V., Frye, Karagulle, D., Hopkins, D., Stephens, D., Kelly, K., Basher, Z., Burton, D., Cress, J., Atkins, K., Sistine, D.P.V., Friesen, B., Allee, R., Allen, T., Aniello, P., Asaad, I., Costello, M.J., Goodin, K., Harris, P., Kavanaugh, M., Lillis, H., Manca, E., Karger, F.M., Nyberg, B., Parsons, R., Saarinen, J., Steiner, J. ve Reed, A., 2019. A new 30 meter resolution global shoreline vector and associated global islands database for the development of standardized ecological coastal units, *Journal of Operational Oceanography*, 12, 2.
- Sekovski, I., Stecchi, F., Mancini, F. ve Rio, L.D., 2014. Image classification methods applied to shoreline extraction on very high-resolution multispectral imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 35, 10, 3556–3578.
- Sesli, F.A., Karsli, F., Colkesen, İ. ve Akyol, N., 2008. Monitoring the changing position of coastlines using aerial and satellite image data: an example from the eastern coast of Trabzon, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 153, 1, 391-403.
- Sesli, F.A. ve Caniberk M., 2015. Estimation of the coastline changes using LİDAR, *Acta Montanistica Slovaca*, 20, 3, 225-233.
- Sesli, F.A., 2006. Sayısal Fotogrametri ile Kıyı arasındaki Değişimin İncelenmesi, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi yönetimi dergisi*, 2006/2, 95.
- Silveira, T., Duffy, M., Pace, J.F., Skidds, D.E. ve Psuty, N.P., 2010. Northeast Coastal and Barrier Network geomorphological monitoring protocol: part I—ocean shoreline position, *Natural Resource Report NPS/NCBN/NRR*, 2010/185.
- Spinosa, A., Ziemba, A., Saponieri, A., Damiani, L. ve Serafy, G.E., 2021. Remote Sensing-Based Automatic Detection of Shoreline Position: A Case Study in Apulia Region, *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 6.
- Stanchev, H., Palazov, A., Stancheva, M. ve Apostolov, A., 2014. Determination of the Black Sea area and coastline length using GIS methods and Landsat 7 satellite images *Geo-Eco-Marina*, 17, 2011.
- Stockdon, H.F., Sallenger, A.H., List, J.H., ve Holman, R.A., 2002. Estimation of shoreline position and change using airborne topographic lidar data, *Journal of Coastal Research*, 18(3), 502– 513.
- Sunny, D.S., Islam, K.M.A., Mullick, R.A. ve Ellis J.T., 2022. Performance study of imageries from MODIS, Landsat 8 and Sentinel-2 on measuring shoreline change at a regional scale, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28, 2022 100816.
- Tătui, F., Pîrvan, M., Popa, M., Aydogan, B., Ayat, B., Görmüş, T., Korzinin, D., Văidianu, N., Vespremeanu-Stroe, A., Zăinescu, F., Kuznetsov, S., Preoteasa, L., Shtremel, M. ve Saprykina, Y., 2019. The Black Sea coastline erosion: Index-based sensitivity assessment and management-related issues, *Ocean and Coastal Management*.

- Temiz, F. ve Durduran, S.S., Monitoring Coastline Change Using Remote and GIS Technology: A case study of Acıgöl Lake, Turkey, World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium, 2016, 44.
- Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L. ve Ergul, A. 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0, An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change, Woods Hole, Massachusetts: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
- Topouzelis, K., Papakonstantinou, A. ve Doukari, M., 2017. Coastline Change Detection Using Unmanned Aerial Vehicles And Image Processing Techniques, Fresenius Environmental Bulletin, 26, 9.
- Toure, S., Diop, O., Kpalma, K. ve Maiga, A.S., 2019. Shoreline Detection using Optical Remote Sensing:A Review, International Journal of Geo-Information.
- Tucker, C.J., Grant, D.M. ve Dykstra, J.D., 2004. NASA's Global Orthorectified Landsat Data Set, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70, 3, 313- 322.
- Turner, I.L., Harley, M.D. ve Drummond, C.D., 2016a. UAVs for coastal surveying, Coastal Engineering, 114, 19-24.
- Turner, I.L., Harley, M.D., Short, A.D., Simmons, J.A., Bracs, M.A., Phillips, M.S. ve Splinter, K.D., 2016b. A multi-decade dataset of monthly beach profile surveys and inshore wave forcing at Narrabeen, Australia, Scientific Data 3, 160024.
- Turoğlu, H., Alçak Kıyılarda Kıyı Kenar Çizgisi Problemi, Ulusal Jeomorfoloji Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Ekim 2010.
- Valentini, N., Saponieri, A., Molfetta, M.G. ve Damiani, L., 2017. New algorithms for shoreline monitoring from coastal video systems, Earth Science Informatics, 10, 495-506.
- Valovcin, F.R., 1976. Snow/Cloud Discrimination, Air Force Surveys in Geophysics.
- Viana, R.D., Lima, G.N., Velame, V.M.G. ve Körting, T.S., Shoreline Extraction Using Unsupervised Classification On Sentinel-2 Imagery, Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, April 2019, Brasil.
- Vincent, L., 1993. Morphological Gray scale Reconstruction in Image Analysis: Applications and Efficient Algorithms, Ieee Transactions On Image Processing, 2, 2.
- Vitousek, S., Buscombe, D., Vos, K., Barnard, P.L., Ritchie, A.C. ve Warrick, J.A., 2022. The future of coastal monitoring through satellite remote sensing, Cambridge Prisms: Coastal Futures, 1.

- Vos, K., Splinter, K.D., Harley, M.D., Simmons, J.A. ve Turner, I.L., 2019. CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery, *Environmental Modelling and Software*, 122.
- Wei, X., Zheng, W., Xi, C. ve Shang, S., 2021. Shoreline Extraction in SAR Image Based on Advanced Geometric Active Contour Model, *Remote Sens*, 13(4), 642.
- 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.
- Xu, N., 2018. Detecting Coastline Change with All Available Landsat Data over 1986–2015: A Case Study for the State of Texas, USA, *Atmosphere*, 9, 3, 107.
- Yadav, A., Dodamani, B.M. ve Dwarakish G.S., 2018. Shoreline Change: A Review, *Mangalore Institute of Technology & Engineering*, 2, 2, 18-30.
- Yin, J., ve He, F., 2011. Researching the Metod of Coastline Extracted by Remote Sensing Image, *International conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering RSETE*, 3441–3444.
- Yüksel, İ., Önsoy, H. ve Yüksek, Ö., Yapımı Tamamalandıktan Sonra Karadeniz Otoyolunun Kıyı Boyunca Akarsuların Taşıdığı Katı Madde Dağılımına Etkisi, 3. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2000
- Zeybek, H.İ., Uzun, A., Yılmaz, C. ve Özdemir, S., Kızılırmak Deltası'nda Kıyı Çizgisi Değişikliklerinin Sonuçları, *Samsun Sempozyumu*, 2011.
- Zhang, T., Yang, X., Hu, S. ve Su, F., 2013. Extraction of Coastline in Aquaculture Coast from Multispectral Remote Sensing Images: Object-Based Region Growing Integrating Edge Detection, *Remote Sensing*, 5, 9, 4470-4487.
- Zhu, Z. ve Woodcock, C.E., 2012. Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery, *Remote Sensing of Environment*, 118, 83- 94.
- URL-1, <https://www.usgs.gov/faqs/what-landsat-satellite-program-and-why-it-important>, SGS, 2 Şubat 2023.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar ilk, orta ve lise öğrenimini burada tamamladıktan sonra 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği bölümünü kazandı. 2014 yılında mezun olan yazar 2021 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği bölümü Fotogrametri Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. 2021-2022 yılları arasında TÜBİTAK 221O281 *Karadeniz Kıyısı Plajlarının Peyzaj Değeri* projesinde bursiyer olarak çalıştı. Yazarın seçili bazı yayınları aşağıda sıralanmıştır.

Hamzaoglu C., DİHKAN M., “Automatic extraction of highly risky coastal retreat zones using Google earth engine (GEE)”, International Journal of Environmental Science and Technology, 20, 1, 2023, 353-368.