

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**OTOMATİK SAYISAL DEĞİŞİM TESPİT ANALİZİ
ÖRNEK ÇALIŞMA BURDUR GÖLÜ VE ÇEVRESİ**

Tolgahan YILDIRIM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MAYIS 2025
ANTALYA**

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**OTOMATİK SAYISAL DEĞİŞİM TESPİT ANALİZİ
ÖRNEK ÇALIŞMA BURDUR GÖLÜ VE ÇEVRESİ**

Tolgahan YILDIRIM

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MAYIS 2025
ANTALYA**

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMATİK SAYISAL DEĞİŞİM TESPİT ANALİZİ
ÖRNEK ÇALIŞMA BURDUR GÖLÜ VE ÇEVRESİ

Tolgahan YILDIRIM
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 25/04/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Prof. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

ÖZET

OTOMATİK SAYISAL DEĞİŞİM TESPİT ANALİZİ ÖRNEK ÇALIŞMA BURDUR GÖLÜ VE ÇEVRESİ

Tolgahan YILDIRIM

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Mayıs 2025; 57 sayfa

Bu çalışmada, Burdur Gölü ve çevresinde 2013-2023 yılları arasında meydana gelen iklimsel ve insan kaynaklı değişimlerin, Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama teknikleriyle otomatik olarak izlenmesi ve geleceğe dönük bir kesirim yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada, yıllık bulut oranı en düşük 11 Landsat 8 görüntüsü analiz edilerek, göl alanındaki zamansal değişimler ortaya konmuştur. Görüntüler üzerinde radyometrik ve geometrik düzeltmeler uygulanmış, ardından destek vektör makineleri (SVM) ile su ve kara alanları sınıflandırılmıştır. Elde edilen veriler vektör formata çevrilerek, coğrafi bilgi sistemleri ortamında analiz edilerek göl alanındaki yıllık değişimler ve kıyı çizgisi hareketleri sayısal olarak haritalandırılmıştır.

Analizler, Burdur Gölü'nün son on bir yılda yaklaşık %12,4'lük bir alan kaybına uğradığını göstermiştir. Lineer regresyon tabanlı tahmin modeliyle, mevcut azalma eğiliminin sürmesi halinde gölün 2028'de 106,8 km²'ye, 2081'de ise tamamen kuruyabileceği öngörülmüştür. Uzaktan algılama ve otomatik analiz yöntemleri, klasik yaklaşımlara kıyasla daha hızlı, ekonomik ve güvenilir sonuçlar sunmuş; gölün morfolojik değişimlerinin ve bu değişimlerin neden-sonuç ilişkilerinin bilimsel olarak ortaya konmasına olanak sağlamıştır.

Bu çalışma; Burdur Gölü özelinde, uzaktan algılama ve otomatik analiz tekniklerinin sulak alan ekosistemlerin izlenmesi, sürdürülebilir yönetimi ve geleceğe yönelik öngörülerin oluşturulmasında etkin ve vazgeçilmez destek araçları olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgular, hem bölgesel hem de ulusal ölçekte çevresel yönetim ve koruma politikalarına bilimsel bir temel sunmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Burdur Gölü, CBS, Değişim Tespit, Kıyı Kenar Çizgisi, Uzaktan Algılama.

JÜRİ: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Prof. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

ABSTRACT

AUTOMATIC DIGITAL CHANGE DETECTION ANALYSIS CASE STUDY BURDUR LAKE AND ITS SURROUNDINGS

Tolgahan YILDIRIM

MSc Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

May 2025; 57 pages

In this study, it was aimed to automatically monitor the climatic and human-induced changes occurring in and around Lake Burdur between 2013 and 2023 by using Landsat 8 satellite images with remote sensing techniques and to make a future-oriented estimation. In the study, 11 Landsat 8 images with the lowest annual cloud cover were analyzed and temporal changes in the lake area were revealed. Radiometric and geometric corrections were applied on the images, and then water and land areas were classified with support vector machines (SVM). The data obtained were converted into vector format and analyzed in geographical information systems environment and the annual changes in the lake area and shoreline movements were mapped numerically.

The analyses showed that Lake Burdur lost approximately 12.4% of its area over the past eleven years. According to the linear regression-based prediction model, if the current decreasing trend continues, the lake area is projected to shrink to 106.8 km² by 2028 and to dry up completely by 2081. Remote sensing and automated analysis methods provided faster, more economical, and more reliable results compared to classical approaches, enabling the scientific identification of the morphological changes in the lake and their causal relationships.

This study has demonstrated that remote sensing and automated analysis techniques are effective and indispensable support tools for the monitoring and sustainable management of wetland ecosystems and future forecasting in Lake Burdur. The findings provide a scientific basis for environmental management and conservation policies at both regional and national scales.

KEYWORDS: Burdur Lake, Change Detection, Coastal Edge Line, GIS, Remote Sensing.

COMMITTEE: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Prof. Dr. Hakan Ahmet NEFESLİOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Yasemin LEVENTELİ

ÖNSÖZ

Günümüzde, su kaynaklarının yönetimi ve ekosistemlerin korunması, iklim değişikliği ve insan etkileri nedeniyle daha fazla önem kazanmıştır. Bu bağlamda, göl ekosistemlerinin ve kıyı alanlarının izlenmesi, sürdürülebilir çevre yönetimi adına kritik bir gereklilik haline gelmiştir. Bu çalışmanın odak noktası, Türkiye'nin önemli su kaynaklarından biri olan Burdur Gölü üzerinde yapılacak olan uzaktan algılama ve görüntü işleme tekniklerini kullanarak, kıyı değişimlerini tespit etmektir.

Bu çalışmada, LANDSAT-8 uydu verileri kullanılarak elde edilen görüntülerin işlenmesi ile kıyı alanlarındaki değişimlerin otomatik olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tezimin yazım süreci boyunca birçok değerli kişiden destek aldım. Başta danışmanım Prof. Dr. Bekir Taner SAN'a (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği) olmak üzere, bu çalışmanın her aşamasında katkı sağlayan tüm arkadaşlarıma, aileme, sevdiklerime ve sevgili eşim Elif YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım. İleriye dönük olarak, bu çalışmanın elde ettiği sonuçların hem akademik alanda hem de Burdur Gölü çevresindeki çevresel yönetim uygulamalarında fayda sağlamasını umuyorum.

Bu tezin, kıyı alanlarının korunması ve iklim değişikliği ile mücadele konularında yapılacak çalışmalara ışık tutmasını dilerim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Amaç ve Kapsamı.....	1
1.2. Çalışma Alanı	3
1.3. Çalışma Alanı Burdur Gölünün Jeolojisi ve Hidrojeolojik Özellikleri	4
1.4. Çalışma Alanı için Kullanılan Datalar.....	9
1.4.1. Uzaktan Algılama Uyduları ve Özellikleri	9
1.4.2. Landsat.....	9
1.5. Çalışmanın Hedefleri.....	10
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	11
2.1. Önceki Çalışmalar	11
3. MATERYAL VE METOD	16
3.1. Veri Elde Etme ve Uygun Görüntü Seçimi	17
3.2. Ön İşlemler	19
3.2.1. Radyometrik Düzeltme	20
3.2.2. Geometrik Düzeltme	21
3.3. Sınıflandırma (SVM – Destek Vektör Makinaları).....	21
3.4. Kara ve Su Sınıflandırılmış Görüntü Raster Görüntü	23
3.5. Raster – Vektör Dönüşümü	24
3.6. Geleceğe Dönük Kestirim Modelleri	26
3.6.1. Veri Hazırlığı ve Model Girdileri	26
3.6.2. Model Kurulumu ve Analiz Yöntemi	27
3.6.3. Modelin Uygulanışı ve Tahmin Süreci.....	28
3.6.4. Görsel Sunum ve Raporlama	28
3.6.5. Modelin Sınırlılıkları ve Bilimsel Katkı	28

4. BULGULAR.....	29
5. TARTIŞMA.....	33
6. SONUÇ	36
7. KAYNAKLAR.....	38
8. EKLER	41
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Otomatik Sayısal Değişim Tespit Analizi Örnek Çalışma Burdur Gölü ve Çevresi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

25/04/2025

Tolgahan YILDIRIM

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde

km : Kilometre

km² : Kilometrekare

m : Metre

mm : Milimetre

° : Derece

' : Dakika

°C : Santigrat

Kisaltmalar

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MTA : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

NIR : Near infrared

PCA : Principal Component Analysis

RCP : Temsili Konsantrasyon Yolları

ROI : Region of Interest

SVM : Standart Vektör Machine

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

USGS : United States Geological Survey

UTM : Universal Transverse Mercator

UA : Uzaktan Algılama

WOS : Web of Science

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının konumu.....	3
Şekil 1.2. Burdur gölü ve çevresine ait yerler ile ilgili harita	4
Şekil 1.3. Burdur havzası akarsu ve göl su kütleleri	4
Şekil 1.4. Burdur iline ait iklim parametreleri	6
Şekil 1.5. Burdur iline ait resmi iklim istatistikleri.....	7
Şekil 1.6. Burdur iline ait resmi aylık iklim istatistikleri.....	8
Şekil 3.1. Çalışmada uygulanan altı yöntemin akış şeması.	16
Şekil 3.2. 2020 yılı uygulanmış ROI'ler.	22
Şekil 3.3. Raster Vektör dönüşümü.	25
Şekil 3.4. Lineer Regresyon Modeli kurulumu.....	27
Şekil 3.5. Python programlama dili ile Google Colab ortamında Kestirim Modeli..	27
Şekil 4.1. Göl alanı değişimi ve 2028 yılı için tahmin edilen göl poligonu.....	30
Şekil 4.2. Göl Alanı Değişimi (2013-2023) ve 2028 Yılı Tahmini.	31
Şekil 4.3. Yıllara göre göl alanının ölçekli sonuç ve tahmin görüntüsü.	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Landsat 8 görüntüleme sistemlerinin özellikleri	9
Çizelge 2.1. Tezin içeriğiyle ilgili 2000 Yılından günümüze kadar yapılan çalışmalar..	15
Çizelge 3.1. İndirilen uydu görüntülerine ait özellikler	17
Çizelge 3.2. Yıllara göre çalışmada kullanılan bant sayıları	18



1. GİRİŞ

1.1. Çalışma Amaç ve Kapsamı

Küresel iklim değişikliği, fosil yakıt tüketimi ve endüstriyel faaliyetler gibi insan kaynaklı etmenlerin tetiklediği, yaşadığımız gezegenimizin iklim dengesini altüst eden ve aşırı hava olayları, deniz ve göl seviyesinin yükselmesi, ileri ve geri çekilmesi gibi geri dönüşmez sonuçlara yol açan, doğal iklim döngüsünün ötesine geçen bir küresel krizdir.

Küresel iklim değişikliği, gezegenimizin geleceğini tehdit eden en önemli çevresel sorunlardan biridir ve bu sürecin en yıkıcı sonuçlarından biri de kuraklıktır. Yağış miktarındaki azalma, sıcaklık değerlerindeki artış ve su döngüsünde gözlenen belirgin bozulmalar, kuraklık süreçlerinin hem sıklığını hem de şiddetini artırmakta; bu durum doğal kaynaklar üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, hızla artan nüfus, çevre kirliliği ve tarım arazilerinin plansız kullanımı, bu olumsuz süreci daha da hızlandırmaktadır. Kuraklık, diğer doğal afetlerden farklı olarak, yavaş ilerleyen ancak etkisi yıllar boyunca hissedilen bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle tarım sektörü, kuraklığın ilk ve en ağır etkilerini yaşayan alanlardan biridir. Çiftçilerin azalan toprak verimliliğiyle mücadele etmek zorunda kalması, su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde korunamaması ve hızlı kentleşmenin kırsal alanları baskı altına alması, bu krizi derinleştirmektedir. Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla küresel ısınmanın etkilerine açık bir ülke olarak, bu sorunun etkilerini çok daha yakından hissedecektir. Bu nedenle, iklim değişikliği etkileşimlerini merkeze alan sürdürülebilir politika ve stratejilerin geliştirilmesi bir zorunluluktur. Olası kuraklıkların etkilerini en aza indirmek, çevresel etkileri kontrol edebilmek ve gelecekteki risklere karşı hazırlıklı olmak için Uzaktan Algılama (UA) gibi ileri teknolojilerin kullanımı kritik bir öneme sahiptir. Bu yöntemler, risk altındaki bölgelerin önceden tespit edilmesini sağlayarak doğru ve etkili müdahalelerin ve planlamaların önünü açmaktadır.

Bu çalışma, kuraklıkla mücadelede yeni bir bakış açısı sunmayı ve coğrafi bilgi sistemleri CBS ile uzaktan algılama tekniklerini kullanarak geleceği aydınlatacak yenilikçi çözümler geliştirmeyi hedeflemektedir. Doğru adımlar atıldığında, kuraklık gibi büyük bir çevresel tehdidin etkileri en aza indirilebilir ve ekosistemlerin sürdürülebilirliği sağlanabilir. Bu mücadelenin yalnızca tarımsal üretim açısından değil, aynı zamanda insanlığın sürdürülebilir geleceği bakımından da hayati bir öneme sahip olduğu göz ardı edilmemelidir.

Tarih boyunca stratejik, ekonomik ve çevresel açıdan büyük bir öneme sahip olan kıyılar, günümüzde de insan yaşamının ve faaliyetlerinin vazgeçilmez alanlarından biri olmaya devam etmektedir. Su, insanlığın varoluşundan bu yana yaşamsal bir öneme sahip doğal bir kaynak olarak, kıyılarının önemini daha da artırmıştır. Ancak hem doğal süreçler hem de insan kaynaklı faaliyetler, kıyı çevresinde önemli değişimlere yol açmaktadır. Kıyılar, sürekli değişen ve dönüşen en dinamik coğrafi yapılar arasında yer alır.

Ülkemizde kıyılar, 3621 Sayılı Kıyı Kanunu ve bu kanundaki değişikliklerle yine 3830 Sayılı Kıyı Kanunu çerçevesinde ele alınmakta olup, kıyı çizgisi, "Deniz, doğal ve

yapay göl ve akarsularda taşkın durumları dışında suyun kara parçasına değdiği noktaların birleşmesinden oluşan doğal çizgi”, kıyı kenar çizgisi ise, “Denizlerin, akarsuların, doğal ve yapay göllerin, kıyı özelliği gösteren bölümlerinde kıyı çizgisinden sonraki karaya doğru su hareketlerinin oluşturduğu alanların doğal hudutu,” kıyı ise, “kıyı kenar çizgisi ve kıyı çizgisi arasında kalan alanı” olarak ifade edilmektedir (Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi Kıyı Kanunu).

Kıyı alanlarının sürdürülebilir yönetimi ve korunması açısından kıyı çizgisinin belirlenmesi ve izlenmesi kritik bir öneme sahiptir. Modern teknolojiler, özellikle Uzaktan Algılama (UA) gibi yenilikçi yöntemler, bu süreçte önemli bir rol oynamaktadır (Li vd. 2001; Gens 2010). Bu teknikler, kıyılarda meydana gelen değişimleri doğru bir şekilde tespit ederek hem çevresel risklerin yönetimine hem de kıyı alanlarının geleceğe yönelik planlamasına katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, kıyı alanlarının korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için yapılacak çalışmaların yalnızca doğal kaynakları değil, aynı zamanda insan yaşamını ve ekosistemleri doğrudan etkilediği unutulmamalıdır. Kıyılar, sadece fiziksel bir sınır değil, aynı zamanda insan ve doğa arasındaki hassas dengenin bir yansımasıdır. Bu nedenle, kıyı yönetimine yönelik geliştirilecek politikalar ve stratejiler, hem çevresel hem de toplumsal faydaları gözetten bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

Atmosfer, hidrosfer ve yerkürenin birbiriyle kesişim noktasında yer alan kıyı bölgeleri, insan faaliyetleri ve doğal süreçlerin etkisiyle sürekli değişim gösteren hassas alanlardır. Yıllık, mevsimsel ve hatta günlük bazda ortaya çıkan bu değişimler, insan kaynaklı etkilerden (kentleşme, kirlilik, arazi kullanımı) fırtına ve iklim değişikliği gibi doğal faktörlere kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Kıyı bölgelerindeki bu dinamik yapının doğru bir şekilde izlenmesi ve analiz edilmesi, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir yönetim için kritik bir öneme sahiptir.

Bu tür değişimlerin klasik yöntemlerle takip edilmesi, yüksek zaman ve emek gerektirdiği için günümüzde uzaktan algılama teknolojileri bu alanda etkili bir araç olarak öne çıkarmak (Kapdaşlı vd. 1997). Uzaktan algılama, kıyı bölgelerindeki zamansal değişimleri detaylı bir şekilde izleyerek, geleceğe yönelik stratejik kararlar alınmasına olanak tanımaktadır. Zamansal değişimlerin ortaya konulması, geçmiş dönemlere ait verilerle güncel verilerin karşılaştırılması sayesinde mümkün olmakta ve bu yaklaşım, kıyı yönetimi uygulamalarının temel unsurlarından biri olarak öne çıkmaktadır.

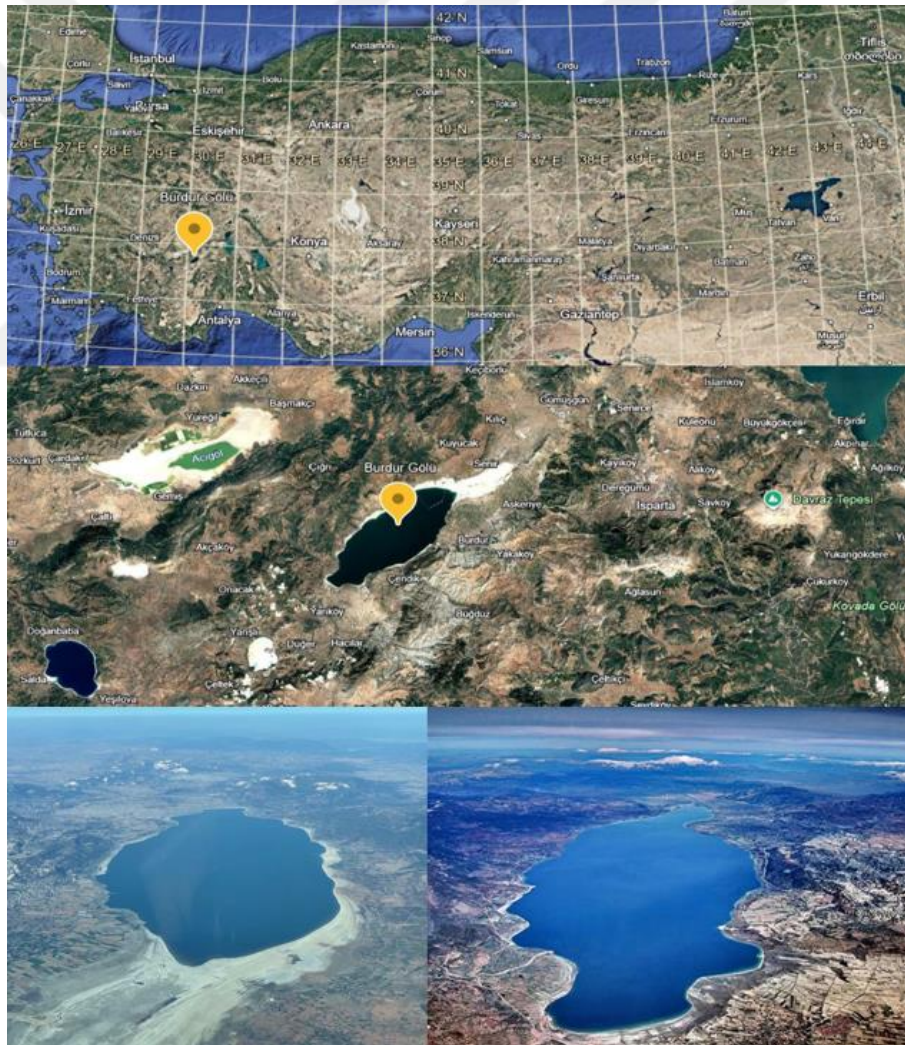
Son yıllarda kıyı alanı yönetimi, kıyı çizgisindeki değişimlerin izlenmesi ve kıyı kullanımındaki dönüşümlerin tespit edilmesi amacıyla uzaktan algılama ve fotogrametri teknikleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Olgun 2012). Bu, teknolojiler hem mekânsal hem de zamansal açıdan kıyı bölgelerinin hassas bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlayarak, çevresel etkilerin daha net bir şekilde anlaşılmasını ve bu etkilerle mücadele için daha etkili politikaların geliştirilmesini mümkün kılmaktadır.

Uzaktan algılama teknolojilerinin kıyı bölgelerinde kullanımı, yalnızca çevresel koruma açısından değil, aynı zamanda kıyı ekosistemlerinin insan yaşamıyla etkileşimlerini anlamada da kilit bir role sahiptir. Doğru veri analizi ve etkili yönetim stratejileri ile kıyı bölgelerindeki değişimlerin kontrol altına alınması, doğal ve toplumsal faydaları sağlayan kapsamlı çözümler üretmek için bir fırsat sunmaktadır.

Burdur Gölü, Türkiye'nin güneybatısında yer alan ve önemli bir ekosistem Niteliği taşıyan tatlı su göllerinden biridir. Ancak, gölün su seviyesindeki değişiklikler, iklim koşulları ve insan faaliyetleri, kıyı kenar çizgisinde önemli değişimlere yol açmaktadır. Bu çalışma, Burdur Gölü kıyı kenar çizgisi değişimlerinin tespiti için uzaktan algılama tekniklerini kullanarak bir değişim tespit analizi gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır.

1.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Burdur ili içerisindeki Burdur Gölü'nü kapsamaktadır (Şekil 1.1). Burdur Gölü, Burdur il merkezinin yaklaşık 20 km güneyinde yer alır. Göle ulaşmak kolay olup Burdur ilinden Isparta iline doğru giden ana yollar ile ulaşılabilir. Burdur şehir merkezinden güneydoğuya doğru ilerleyerek Gölün çevresine ulaşmak mümkün. Çalışma alanının yakınında ve çevresinde başka göllerde olup Göller bölgesi olması nitelendirilmektedir. Görüntüler Google Earth Uygulamasından temin edilmiştir (Şekil 1.1).

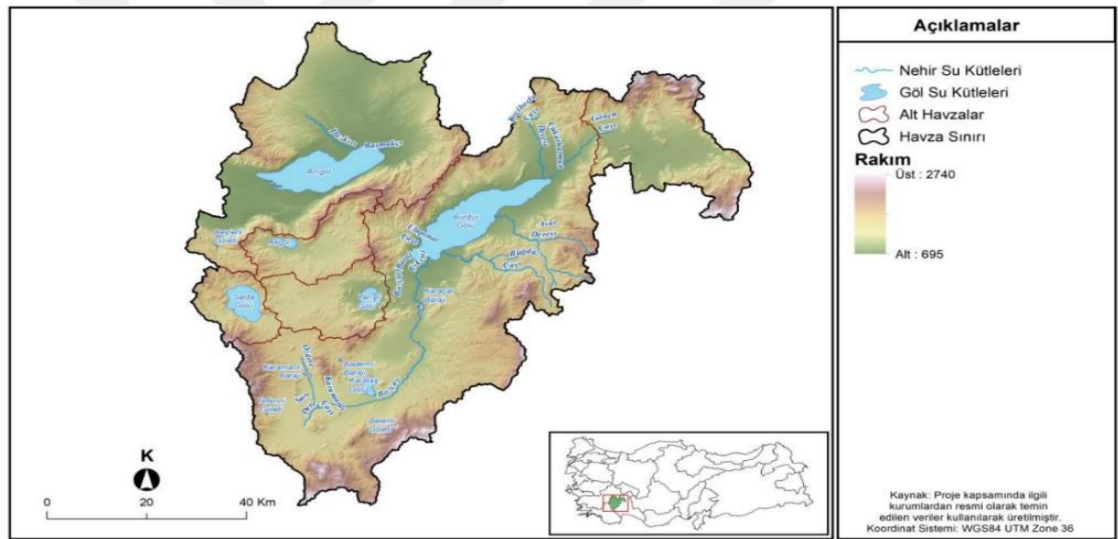


Şekil 1.1. Çalışma alanının konumu; a); b) çalışma alanını uydu resmi (Google Earth); c); d) yıllara ait uydu görüntüleri (Google Earth)



Şekil 1.2. Burdur gölü ve çevresine ait yerler ile ilgili harita. (Kaya ve Kaplan 2021).

1.3. Çalışma Alanı Burdur Gölünün Jeolojisi ve Hidrojeolojik Özellikleri



Şekil 1.3. Burdur Havzası Akarsu ve Göl Su Kütleleri (DSİ 2016).

Burdur Gölü, Burdur ve Isparta illeri arasında konumlanan ve Göller Bölgesi'nin önemli su kütellerinden biri olan tektonik kökenli bir göldür. Yüzölçümü bakımından Türkiye'nin en büyük yedinci gölü olma özelliğine sahiptir. Şehir merkezine oldukça yakın bir konumda bulunan Burdur Gölü'nün güneybatısında ise bölgenin diğer önemli gölleri olan Salda ve Yarıklı gölleri yer almaktadır. Gölün coğrafi koordinatları 37°45' kuzey enlemi ve 30°12' doğu boylamı olarak belirlenmiştir. Burdur Gölü, Burdur ve Isparta illerinin sınırında, Fethiye-Burdur fay zonunun etkisiyle oluşmuş bir graben içerisinde yer almaktadır (Girgin vd. 2004). Göl, yaklaşık 6.150 km²'lik kapalı bir havzaya sahiptir (Ataol 2010). 1970'li yıllarda yaklaşık 250 km² olan Burdur Gölü'nün yüzey alanı, 2000'li yıllara gelindiğinde 140–153 km² aralığına kadar gerilemiştir (Ataol 2010; Tudryn vd. 2013). Deniz

seviyesinden yüksekliği 845 metre olan gölün ortalama derinliği yaklaşık 40 metre olup, günümüzde ölçülen maksimum derinlik 68 metreye ulaşmaktadır. Tarihsele kayıtlara göre ise bu değeri 100–110 metreye kadar çıkabilmektedir (Girgin vd. 2004). Son yıllarda yapılan hesaplamalara göre, gölün hacmi 5–5.5 km³ civarındadır (Ataol 2010).

Burdur Gölü'nde, yüzeysel ve yeraltı kaynaklarından gelen suyun miktarı, buharlaşma yoluyla kaybedilen suya dönemsel olarak eşitlendiğinde, göl seviyesi denge durumunu koruyabilmektedir. Lakin Burdur Gölü'nü besleyen yüzey suyunun son yıllarda yapay su birikintileri (baraj ve göletlerle) tutulması sebebiyle doğal olan bu denge maalesef bozulmuştur ve buda gölün gittikçe küçülmesine sebep olmuştur. Mevsimsel özellikle kış mevsiminde düşen yüksek miktarlardaki yağışlarla birlikte artan su seviyesi ve yazın buharlaşmayla düşen su seviyesi ile meydana gelen mevsimsel dalgalanma ortadan kaldırmıştır (DSİ 2016).

DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından 1960-2003 aralığındaki yıllarda göl seviyesi ölçümlenmiştir. 1970 yılına ait ölçüm sonuçlarına göre, Burdur Gölü'nde tespit edilen en yüksek su seviyesi ortalama 857,12 metre olarak kaydedilmiştir. 1990 yılından 1996 yılına kadar göl alanında çok hızlı bir azalmanın ve gölde daralmanın olduğu gözlem yapılmıştır. Bunu tetikleyen 1988 yılında 1995 yılına kadar devam eden kurak dönemin etkisi denilebilmektedir. Buna göre yorumlarsak, 1990 yılından itibaren göl alanında gerçekleşen bu dikkat çekici azalmanın, 1988 yılında yörede başlayan kuraklık ve buharlaşma miktarındaki artışı ile sağladığı saptanmıştır. Burdur Gölü Havzası 1995 yılından sonra yağışların artması ve yağışlı iklime geçmesiyle göl seviyesindeki ve alanındaki azalma eğilimi yavaşlamış, fakat 1994 yılından başlayarak gölü besleyen neredeyse tüm kınışlar üzerine yapay sulak alanlar (baraj ve göletlerin) inşa edilmesiyle göl seviyesindeki azalma ve göl alanındaki azalma o tarihlerden günümüze ölçümlenmiştir (Şener vd. 2005).

Burdur Gölü ülkemizin önemli Ramsar Alanlarından bir tanesidir. Özellikle, su kuşları yaşama ortamı olarak uluslararası öneme sahip sulak alanların korunmasına ilişkin Ramsar Sözleşmesi; 1971 yılında birçok ülke tarafından İran'ın Ramsar şehrinde imzalanmıştır. Türkiye, 1993 yılında Ramsar Sözleşmesi'ni imzalayarak bu uluslararası sulak alan koruma anlaşmasına taraf olmuştur. Bu sözleşmenin imzalanmasının ardından, 13.07.1994 tarihinde Burdur Gölü'de Ramsar Alanı olarak ilan edilip duyurulmuştur. Daha sonra, 1.derece doğal sit alanı olarak 1998 yılında da ilan edilmiştir (DSİ 2016a).

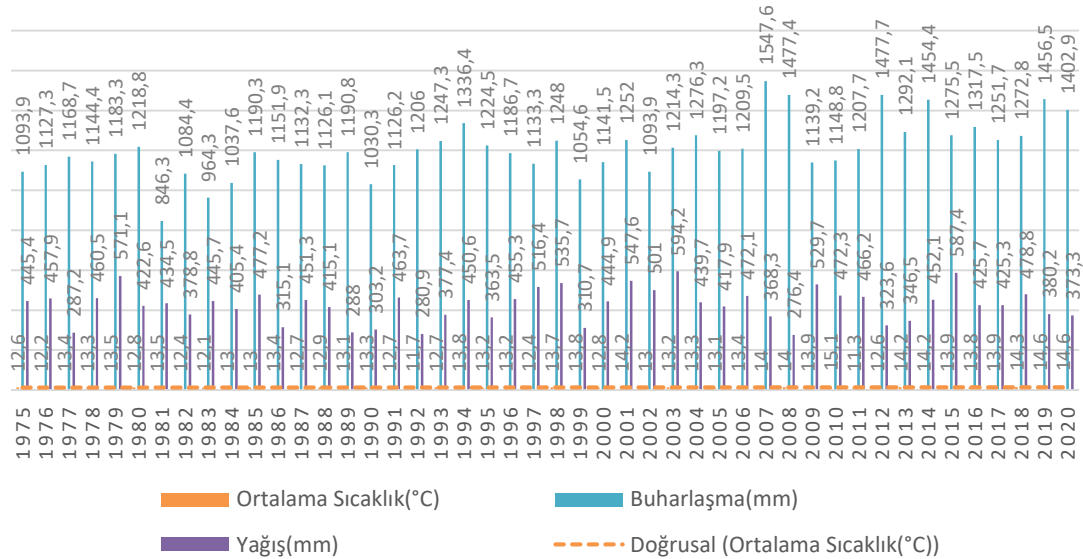
Burdur Gölü, Ramsar Sözleşmesi kapsamında korunmakta olup ülkemizin uluslararası öneme sahip 14 alanından biridir ve 305 doğa alanı arasında hayati öneme sahiptir. Burdur Gölü 1987'den itibaren hacminin yüzde yirmi beşini kaybetmiştir. Bu süre zarfında yüzey alanı 203 km²'den 146 km²'ye gerileyerek ve derinliği 9,5 metre azalmıştır. Göl, nesli tükenmekte olan dikkuyruk cinsi çok çeşit su kuşuna ev sahipliği yaparak, majör Kuş Alanı statüsündedir. Bu yüzden, göldeki ekosistemin korunması önem arz ediyor. Uzman görüşlerine göre, Burdur Gölü son 35 yıllık süreçte su hacminin yaklaşık üçte birini kaybetmiş olup, mevcut eğilimin sürmesi halinde gölde yaşayan endemik türlerin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalacağı öngörülmektedir. Ayrıca, bu sürecin hayvan varlığı üzerinde (kuş, memeli, sürüngen) olumsuz etkiler

yaratacağı, yaşam alanlarının daralmasına ya da tamamen ortadan kalkmasına neden olabileceği öngörülmüyor (Gül vd. 2015).

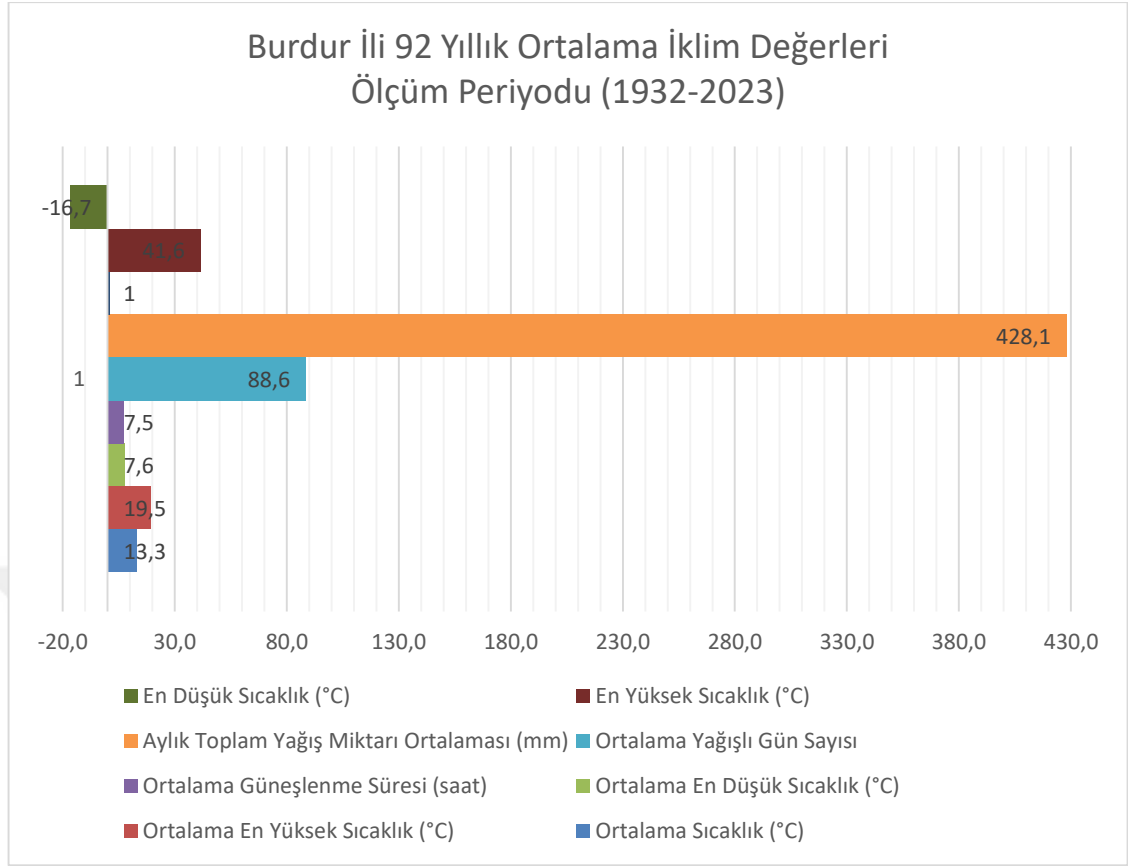
Burdur Gölü'nün su bütçesi, yağışlar, yüzeysel akışlar ve yeraltı suyu girişleriyle beslenirken; gölden su kaybı ise yalnızca buharlaşma yoluyla gerçekleşmektedir. Göl, Türkiye'nin 135 uluslararası önemli sulak alanından biridir. Burdur Gölü'nün ekolojisi kendine münhasır olup, nadir bulunan bitki türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Göl, küresel iklim değişikliğinden ve insan kaynaklı su kaynaklarının aşırı kullanımından önemli derecede etkilenmektedir. 1990'lı yılların başından bu yana başlayan kuraklıktan ve insan etkilerinden kaynaklı göl seviyesi azalışları ve alanı daralması artarak devam etmektedir.

Pınarlık vd. (2023) tarafından yapılan iklim değişikliği etkisi altında Burdur Gölü su seviyesi değişimleri istatistiksel olarak incelenmesinde DSİ Etüd ve Plan Daire Başkanlığı Rasatlar Şube Müdürlüğünden Burdur iline ait iklim parametreleri alınmıştır. Kayıt altına alınan iklim parametreleri 37° 40' - 30° 20' olarak enlem ve boylam bilgileri ile istasyon adı Burdur, istasyon numarası 17238'dir. İklim parametreleri 17238 numaralı istasyonun Burdur Gölü'ne en yakın istasyon olduğu için kullanılmıştır. Çizelge 1.1'de, 1975-2020 yılları arasında Burdur iline ait ortalama sıcaklık, buharlaşma ve yağış gibi temel iklim parametreleri sunulmuştur. İlgili çizelge incelendiğinde, yağış miktarlarında azalma eğilimi görülürken, hem ortalama sıcaklık hem de buharlaşma değerlerinde artış olduğu dikkat çekmektedir.

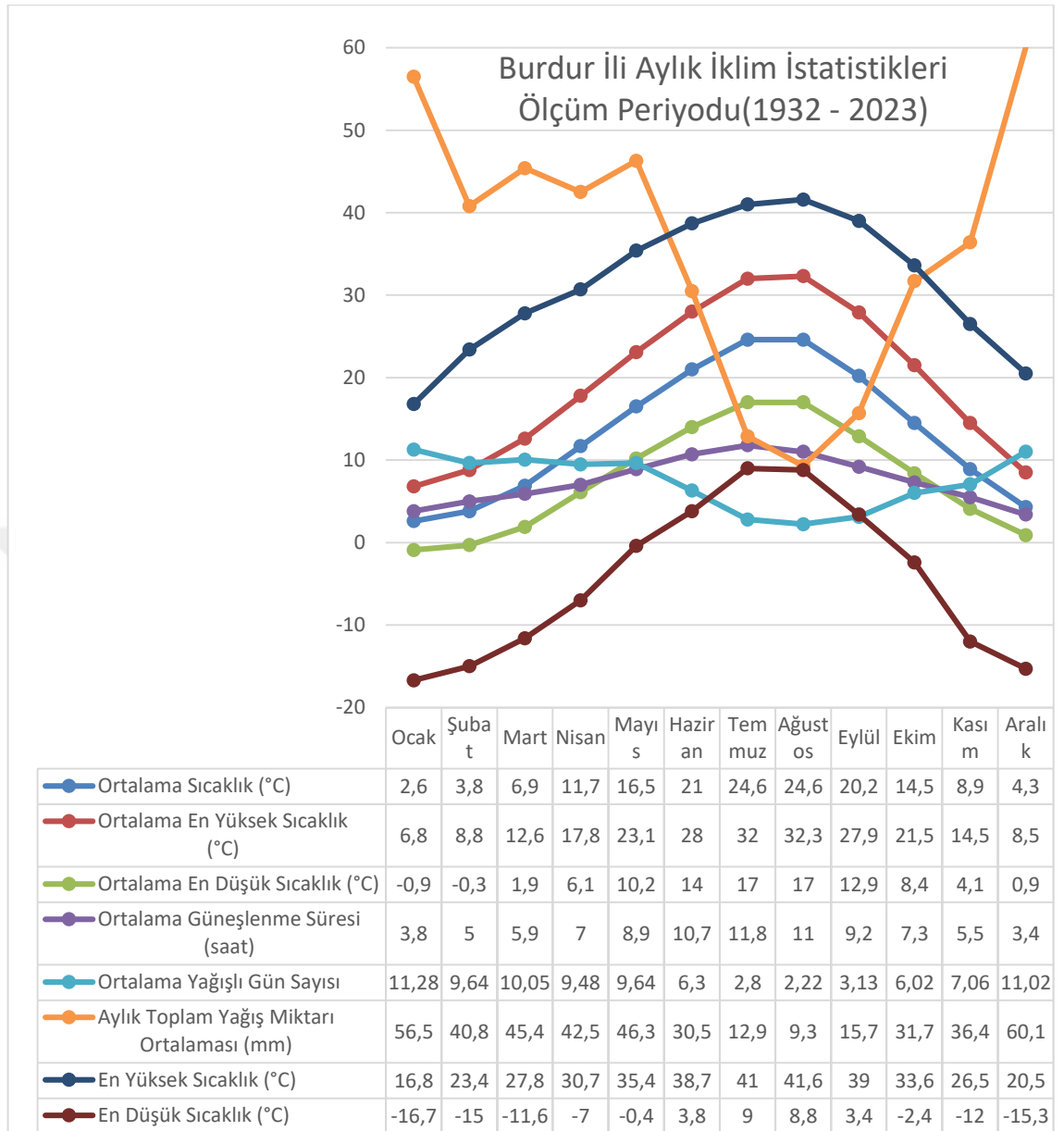
BURDUR İLINE AİT İKLİM PARAMETRELERİ (DSİ 2017)



Şekil 1.4. Burdur iline ait iklim parametreleri (DSİ 2017).



Şekil 1.5. Burdur iline ait resmi iklim istatistikleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü web sitesi Güncel).



Şekil 1.6. Burdur iline ait resmi aylık iklim istatistikleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü web sitesi Güncel).

1.4. Çalışmanın Alanı için Kullanılan Datalar

1.4.1. Uzaktan Algılama Uyduları ve Özellikleri

Uydu sistemleri uzaktan algılamada, gezegenimizi ve yer kaynaklarını incelemek için kullanılan önemli teknolojiler olup bu sistemler, herhangi fiziksel bir temas olmadan yeryüzü hakkında bilgi toplamak ve kaydetmek için kullandığı sensörler aracılığıyla çalışır. Quickbird, Spot, Ikonos ve Landsat gibi çeşitli uydu platformları uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında ise analizlerde kullanılan veriler, Landsat 8 uydusundan elde edilmiştir.

1.4.2. Landsat

Landsat 8, 11 Şubat 2013 tarihinde NASA ve ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) iş birliğiyle yörüngeye yerleştirilen bir uydu platformudur. Bu uydu, yeryüzünün mevsimsel olarak 30 metre çözünürlükte görüntülenmesini sağlar ve iki ana bilimsel enstrümana sahiptir: Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS).

Landsat 8'in Özellikleri:

OLI (Operasyonel Arazi Görüntüleyici), görünür, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bantlarda veri elde etmeye olanak sağlamaktadır. Ayrıca, panchromatic bantta 15 metre çözünürlük sağlar. TIRS (Termal Kızılötesi Sensör), yeryüzü sıcaklığını ölçmek amacıyla iki termal bant kullanır ve 100 metre çözünürlükte veri kaydeder. Yörünge: Güneş eşzamanlı, kutup yörüngesinde hareket eder ve 705 km yükseklikte bulunur. Veri Toplama: Günde yaklaşık 725 sahne toplar ve bu sahneler, küresel kara kütesinin bulutsuz görüntülerini elde etme olasılığını artırır.

Landsat 8, yeryüzünün dinamik yapısını izlemek ve analiz etmek için önemli bir araçtır. Bu uydu, doğal kaynakların yönetimi, çevresel değişikliklerin izlenmesi ve bilimsel araştırmalar gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Çizelge 1.1. Landsat 8 görüntüleme sistemlerinin özellikleri (USGS Güncel)

Dalgaboyu (mikrometre)	Çözünürlük (metre)		Radyometrik Çözünürlük
Band 1 - Ultra Mavi (kıyı/aerosol)	0.435 – 0.451	30	8 bit
Band 2 - Mavi	0.452 – 0.512	30	8 bit
Band 3 - Yeşil	0.533 – 0.590	30	8 bit
Band 4 – Kırmızı	0.636 – 0.673	30	8 bit
Band 5 – NIR	0.851 – 0.879	30	8 bit
Band 6 – SWIR 1	1.566 – 1.651	30	8 bit
Band 7 – SWIR 2	2.107 – 2.294	30	8 bit
Band 8 – Renklere duyarlı (Pankromatik)	0.503 – 0.676	15	8 bit

Çizelge 1.1'in devamı.

Band 9 – Cirrus	1.363 – 1.384	30	8 bit
Band 10 – Termal 1	10.60 – 11.19	100* (30)	8 bit
Band 11 – Termal 2	11.50 – 12.51	100* (30)	8 bit

1.5. Çalışmanın Hedefleri

Bu çalışmanın hedefi, Burdur Gölü çevresindeki kıyı alanlarında meydana gelen değişimlerin uzaktan algılama teknikleriyle otomatik olarak tespit edilmesi ve analiz edilmesidir. Bu doğrultuda, LANDSAT-8 uydu verileri uydu verileri kullanılarak değişiklikler izlenecektir.

Çalışmanın ana amaçları şunlardır:

Uzaktan Algılama Datalarının Analizi: LANDSAT-8' den alınan dataların derlenip, işlenip ve yorumlanmasıyla türetilen görüntüler üzerinden çevresel değişimlerin ve kıyı alanlarındaki farklılıkları belirlemesi.

Otomatik Değişim Tespiti: Otomatik yöntemlerle kıyı alanlarındaki fiziksel değişimlerin saptanıp belirlenmesi, göl çevresinde küresel iklim değişikliğinden kaynaklı kuraklığın etkilerinin hızlı ve nesnel olarak tahlil edilip çözüme kavuşturulması.

Çevresel Yönetim Önerileri: Elde edilen sonuçların, su yönetimi, çevresel koruma ve sürdürülebilir kalkınma stratejileri perspektifinden nasıl yönlendirileceğine ve düzenleneceğine ile ilgili tavsiyelerin geliştirilmesi

Bu araştırma, Burdur Gölü'nün korunmasına yönelik bilimsel çalışmalar ve alınacak tedbirler için önemli bir kaynak olmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda, uzaktan algılama tekniklerinin kıyı alanlarının belirlenmesinde ne kadar etkili olabileceğini göstermeyi amaçlamaktadır. Bu sayede, geleceğe dair öngörülerde bulunulabilir ve bu öngörüler ışığında hareket edilebilir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Önceki Çalışmalar

Ataol (2010) tarafından, son 20 yılda burdur gölünün suyunun hemen hemen yüzde yirmi beşini yitirdiğini ve şu anda da su seviyesindeki eksilmenin sürdüğünü belirtmiştir. Bu sorunun asıl sebebinin sulama projeleri için göl havzasından fazla miktarda suyun doğal döngüsünden çıkarılması olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca şuanda kullanılan yüzeysel sulama yollara karşılık basınçlı sulama sistemleri (damla ve yağmurlama) kullanıldığında, tasarruf edilecek su tutarının, gölün senelik su kaybının bir buçuk katına ulaşabileceğinin üzerinde durmuştur.

Şener vd. (2005) tarafından yapılan araştırma, Burdur Gölünün su seviyesindeki değişimlerin çok zamanlı uydu görüntüleri ile izlenmesini konu almaktadır. Burdur Gölü seviye değişimlerinin çok zamanlı uydu görüntüleri ile izlenmesi isimli bu çalışma, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu'nda takdim edilmiştir.

Şener vd. (2005), çalışmalarında Göller Bölgesi'nde yer alan ve ülkemizin en derin göllerinden sayılan Burdur Gölü'nü ele almıştır. KD-GB yönelimli tektonik alt yapılı bir göl olan Burdur Gölü'nün kuzey, güney ve güneydoğusunda filimler, doğusunda Neojen kireçtaşları, Güney ve güney batısında ise bazik ve ultra bazik kayalardan olan serpantinler bulunmaktadır. Kapalı bir havza özelliği taşıyan göl; yağışlar, yüzey akışları ve akiferlerden gelen yer altı suyu akışıyla beslenirken, su kaybı sadece göl yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma yoluyla olmaktadır. Bu araştırmanın amacı, Burdur Gölü'nün kıyı çizgisindeki değişimlerin, farklı zamanlara ait uydu görüntüleri kullanılarak çeşitli uzaktan algılama teknikleri ile incelenmesidir. Çalışmada, Burdur Gölü ve çevresine ilişkin 1975, 1987, 1990, 2000 ve 2002 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri ile 1996 yılına ait SPOT XS uydu verileri değerlendirilmiştir.

1975 ve 2002 seneleri arasında kıyı çizgisindeki değişiklikleri saptamak amacı ile farklı uydu görüntülerini kullanmış ve göl yüzey alanının 1975'te 210 km² den 2002 yılına kadar 153 km²'ye kadar azaldığını tespit etmiştir. Burdur göl yüzey alanındaki küçülmenin, 1988' de başlayan kuraklık dönemi ile direkt bağlantılı olduğunu, lakin 1995'ten bu yana Burdur gölü havzasında yağışlı bir sürece girilmesine karşın, gölü besleyen neredeyse tüm akarsular üzerinde 1995' e kadar barajlar inşa edilmesi sebebi ile göl alanında seviye artışı olmadığını belirtmiştir (Şener vd. 2005).

Sabuncu (2020), Burdur Gölü'nün Türkiye'nin güneybatısında, Isparta ve Burdur illeri arasında konumlandığını belirtmektedir. Burdur Gölü'nün suyu tuzlu, göl tektonik kökenli ve alkali yapıdadır. Bunun yanı sıra göl pek çok farklı kuş türü için önemli bir sulak alan olup Ramsar alanı olarak kabul edilmiştir. Bu araştırmanın asıl amacı Burdur Gölü kıyı çizgisinin zaman içindeki konumsal değişimlerini uzaktan algılama teknikleri ile incelemektir. Bu doğrultuda dört tane çok zamanlı Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri çalışmanın uygulama aşamasında kullanılmıştır. Belirli bir zaman diliminde ve bölgede değişiklikleri takip etmek için, en çok benzerlik ve Destek Vektör Makinesi (DVM) gibi piksel temelli görüntü sınıflandırmasını kullanmak, zaman içerisindeki değişimleri doğru biçimde izlemek için etkili bir yöntemdir. Piksel tabanlı sınıflandırma işlemlerine ek olarak su kütlesi alanının

belirlenmesi ve bu bölgelerin (CBS) ortamında sayısallaştırılması amacı ile Değiştirilmiş Normalize edilmiş Fark Su İndeksi (MNDWI) kullanılmıştır. Bütün sınıflandırma sonuçları MNDWI indeks analizleri, Burdur Gölü'nün su yüzey alanının yüzde kırk oranında azaldığını ve Burdur Gölü'nün toplam alanının 1986 yılında 206 km² iken günümüzde 125 km²'ye düştüğünü ortaya çıkarmıştır. Yapılan uzaktan algılama yöntemleri 1986- 2019 yılları arasında Burdur Gölü'nün yüzey alanında belirgin bir küçülme eğilimi olduğunu göstermektedir.

Alevkayalı vd. (2023), Türkiye'nin güney kesiminde, Toros Dağları silsilesinin batısında yer alan Burdur Gölü'nün, Göller Yöresi olarak isimlendirilen ve çok fazla türe ev sahipliği yapan önemli sulak alanlardan bir tanesi olduğunu belirtmiştir. Burdur Gölü çevresinde yapılan pek çok araştırmada göl yüzeyinin son yıllarda hızla küçülme eğiliminde olduğu vurgulanmaktadır. Bu araştırmanın amacı, 1986-2002 yılları arasındaki Burdur Gölü'nün yüzey alanındaki değişimleri mekânsal olarak ortaya çıkarmak ve 1940-2021 dönemine ait uzun vadeli iklim kayıtlarını analiz ederek göl yüzeyinin gelecekteki durumuna yönelik çıkarımlarda bulunmaktır. Bu doğrultuda, iklim değişkenlerine ilişkin eğilimler Mann-Kendall Eğilim Testi ile incelenmiş, iklim parametrelerinin 10 yıllık projeksiyonları ise SARIMA yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Burdur gölü kıyı şeridindeki değişimler ve bu değişimlere yönelik tahminler DSAS aracı ile değerlendirilmiştir. Göl çevresindeki en yakın meteoroloji istasyonuna ait aylık ve yıllık yağış miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim tespit edilmemiştir. Bunun yanı sıra aylık ve yıllık maksimum sıcaklık verilerinde önemli bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. SARIMA yöntemi ile gerçekleştirilen iklim tahminlerine göre, önümüzdeki 10 yıl içinde aylık maksimum ve ortalama sıcaklıklarda yaklaşık bir santigrat derecelik bir artış beklenmektedir. Burdur Gölü kıyı çizgisi değişimlerine dair yapılan analizler sonucunda, su yüzeyinin 10 yıl içinde mevcut alana kıyasla 17 km² daha daralacağı tahmin edilmektedir. Çalışma, göl yüzeyindeki küçülmenin süreceğini ve iklim değişikliğinin bu süreci hızlandıran bir geri besleme mekanizması oluşturacağını ortaya koymaktadır.

Kaya ve Kaplan (2021), sürdürülebilir su kaynaklarının yönetiminde kuraklığın takibi, göller gibi su kütleleri açısından büyük önem arz etmektedir. Su yüzeylerinin haritalandırılması ve izlenmesi amacıyla uzaktan algılama yöntemleri ve teknikleri son yıllarda başarılı bir biçimde uygulanmaktadır. Bu araştırmada, Göller Yöresinde, Isparta ile Burdur illeri arasında yer alan Burdur Gölü'nün 2009 - 2019 yılları arasındaki yüzey alanı değişimi, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada Landsat-7, Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu verileri obje tabanlı sınıflandırma yöntemiyle işlenmiştir. Sınıflandırmada, literatürde yaygın olarak kullanılan normalleştirilmiş su fark indeksi (NDWI) tercih edilmiştir. Eylül ayına ait uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca, mevsimsel değişim incelemesi için 2017 ve 2019 yıllarının Nisan ve Mayıs aylarına ait Sentinel-2 uydu verilerinden yararlanılmıştır. Araştırma sonuçları, Burdur Gölü'nün 2009-2019 yılları arasında 17 km²'lik bir alan kaybına uğradığını gözler önüne sermektedir. Landsat uydu görüntüleri ile 2009-2019 yıllarına ait Eylül ayı verileri arasında yapılan korelasyon analizinin sonucu $R^2 = 0,94$ olarak hesaplanmıştır. 2017 ve 2019 yılları arasında, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri arasında su alanında gözlemlenen azalma 2 km² olarak belirlenmiştir. Sınıflandırma doğruluk oranları %90 ile %96 arasında değişmekte olup, en yüksek doğruluk Sentinel-2 uydu görüntüleri ile elde edilmiştir. Bu araştırma, su yüzeylerindeki alansal değişimlerin uzaktan algılama

teknikleri ve verileriyle yüksek hassasiyetle belirlenebileceğini ortaya koyan önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Yıldırım ve Uysal (2011), çalışmasında Burdur Gölü'nün göl seviyesindeki düşüşün nedenlerini ve kıyı şeridindeki değişiklikleri araştırarak literatüre katkı sağlamıştır. Göldeki farklılıkları ve değişiklikleri farklı zamanlardan yedi Landsat uydu görüntüsü ve aylık sıcaklık, yağış, debi, göl seviyesi kayıtları ve nüfus verileri kullanarak yorumlamıştır. Görüntülerden elde ettiği analizlerin sonuçlarına istinaden, gölün seviyeleri 1975 yılından 2010 yılına kadar önemli ölçüde düştüğü ve gölün alanının küçüldüğünü saptamıştır. Gölün su yüzey alanı 209,01 km²'den 143,80 km²'ye düştüğü ve süregelen belli periyotlarda 35 yıllık dönemde toplam yüzde 64,5'lik bir kayıp yaşandığını saptamıştır. Aynı zamanda 1975 yılından 2010 yılına kadar Burdur Gölü seviyesi, yer altı göl seviyesi verilerine göre 856,89 m'den 845,03'e 11,86 m düştü. Bunu tarımsal nedenler, nüfus artışı, evsel amaçlı bilinçsiz artan su kullanımının ve yapay göl yapımları(baraj ve gölet) gölün seviyelerinin düşmesine neden olduğunu belirtmiştir.

Pınarlık vd. (2023), Türkiye'de küresel ısınmanın etkisiyle yağış miktarının azalacağı, sıcaklık ve buharlaşma oranlarının ise yükseleceği öngörülmektedir. Bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, göl ve baraj gibi su kaynaklarında ciddi seviyede azalma ve hacim kaybı yaşanabilecektir. Pınarlık vd. (2023) çalışmasında, Burdur Gölü incelenerek iklim değişikliğinin etkisi altında su seviyesindeki değişimler analiz edilmiştir. Öncelikle, 1975-2020 yılları arasındaki göl değişkenleri ile iklimsel faktörler arasındaki ilişki korelasyon yöntemiyle değerlendirilmiştir. Daha sonra, 2021-2050 dönemi için göl seviyesi ve hacmindeki değişim tahminleri, iklim projeksiyonlarıyla birleştirilerek yorumlanmıştır. İklim öngörülerine göre, sıcaklığın referans dönemine kıyasla %11,38 arttığı, yağış miktarının %4,5 azaldığı ve buharlaşmanın %15 yükseldiği tespit edilmiştir. Yapılan analizler, 1975-2020 yılları arasında Burdur Gölü su seviyesinde düşüş eğilimi olduğunu ve bu eğilimin 2021-2050 yıllarında da devam edeceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, gerçekleştirilen korelasyon analizlerine göre, göl seviyesi ile buharlaşma arasında (-0,6452) ve yağış arasında (-0,1066) sırasıyla, negatif yönlü orta düzeyde anlamlı ve negatif yönlü çok zayıf bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Oğuz ve Tuğluer (2011), Burdur Gölünün Son 50 Yılda değişimi çalışmasında, Burdur Gölünün kapalı bir havza olduğu yağışlar, yeraltı suları ve derelerden beslendiği, günümüze gelene kadar 50 yıllık dönemde hızla su kaybederek yüzey alanı küçüldüğüne değinilmiştir. Bunun başlıca nedenlerini ise küresel iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya bağlamıştır. Ayrıca insan yapımı göletler ve barajlara bağlayarak ve kuzeyde yer alan havalimanı ve bölgedeki otoyollar çevredeki ve havzadaki suyun göle kavuşmasına engel olduğu yorumlanmıştır. Yine yeraltı suları için bilinçsiz sondaj faaliyetlerinin neden olduğunu vurgulayarak göl yüzeyindeki buharlaşmayı önleyecek çalışmalar ve yöntemler içinde bulunmanın gerektiği vurgulanmıştır. Buna istinaden yurt dışında da uygulanan tekniklerden bazılarının burada uygulanması onlardan biri olan göl yüzeyini toprak ile kaplayarak buharlaşmaya engel olunabileceğini ve yüzeydeki buharlaşmayı azaltılabileceğinin mümkün olabileceği belirtilmiştir. Çalışmasında 1972 yılı Landsat 1 ve 1922 yılı Landsat 8 uydu görüntülerini kullanarak 1972 yılına ait Burdur Gölünün yüzey alanını 211,1 km² olarak saptamış ve 2022 yılına ait yüzey alanını 118,8 km² olarak bulmuştur. Yine aynı çalışmanın neticesinde son 50 yılda Burdur Gölünün yüzey alanının toplamda yaklaşık %44 oranda

yani 92,3 km² azaldığı saptanmıştır.

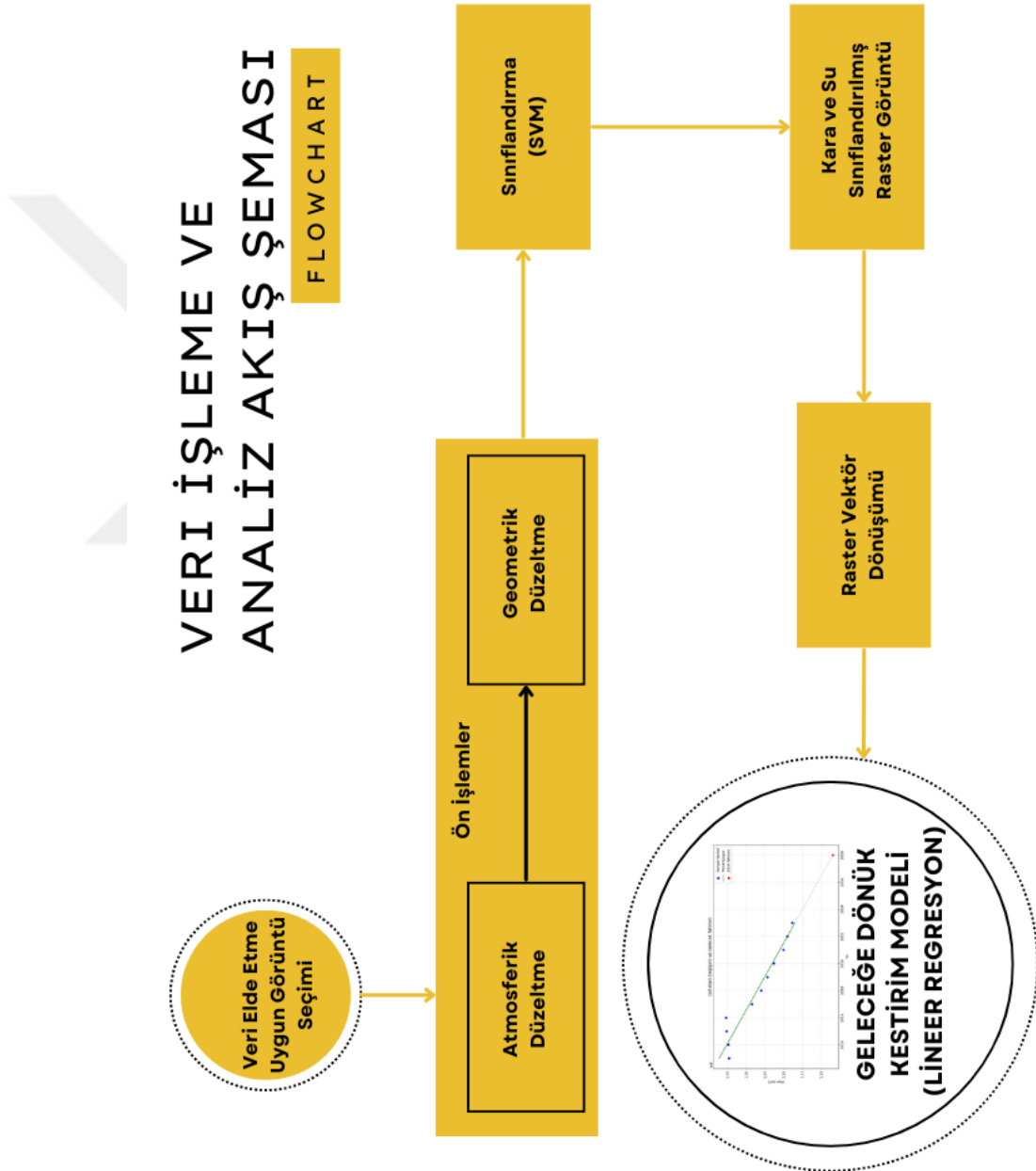
Aydın ve Uysal (2013), karanın su ile buluştuğu alanlar olan kıyılar doğa ve insanlar açısından önemli yerlerdendir. İnsan hareketleri ve doğal olaylar neticesinde kıyılarda sürekli değişimler meydana gelmektedir. Meydana gelen bu değişikliklerin neler olduğunun belirlenmesi ve tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu araştırmada son yıllarda Sakarya-Karasu sahilinde oluşan kıyı erozyonunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI görüntüleri (1987, 1995, 2003, 2011 ve 2013) yıllara ait kullanılmıştır. Elde edilen uydu verilerinden kıyı kenar çizgisi çizilerek kıyı şeridindeki 21 noktadan kesitler alınmıştır. Bütün kesitlerden görüntü alınan yıllar arası değişiklik saptanmıştır. Sakarya Nehri'nin Karadeniz'e ulaştığı noktadaki nehir ağzı, en yüksek değişim oranına sahip alan olarak tespit edilmiştir. Yapılan incelemelerde, 26 yıllık süreçte en belirgin değişim, nehir ağzının batısında yer alan 12 numaralı kesitte 247 metre olarak ölçülmüştür. En az değişim ise, iskelenin 10 kilometre batısında bulunan 20 numaralı kesitte gözlemlenmiştir.

Çizelge 2.1. Tezin içeriğiyle ilgili 2000 Yılından itibaren günümüze kadar yapılan çalışmalar (WOS Güncel).

Year	Remote Sensing And Change Detection	Image Differencing	Image Rationing	PCA
2024	1816	10	---	15
2023	2025	11	3	13
2022	2081	9	1	23
2021	1720	9	---	20
2020	1678	13	---	25
2019	1586	16	---	18
2018	1388	12	---	14
2017	116	13	3	14
2016	1152	13	---	15
2015	1015	16	2	14
2014	841	8	---	14
2013	806	18	1	9
2012	691	11	3	14
2011	591	6	---	8
2010	546	16	2	6
2009	489	5	1	7
2008	431	9	---	5
2007	382	13	---	8
2006	337	13	2	8
2005	267	11	1	4
2004	347	11	1	10
2003	316	3	---	4
2002	306	6	---	4
2001	234	5	1	2
2000	255	3	---	1

3. MATERYAL VE METOD

Çalışmada uygulanan yöntem 6 adımda gerçekleştirilmiştir: (1) veri elde etme ve uygun görüntü seçimi, (2) ön işlemler (a-radyometrik düzeltme, b-geometrik düzeltme), (3) sınıflandırma (svm - destek vektör makineleri), (4) kara ve su sınıflandırılmış raster görüntü, (5) raster vektör dönüşüm işlemi, (6) geleceğe dönük kestirim modelleridir.



Şekil 3.1. Çalışmada uygulanan altı yöntemin akış şeması

3.1. Veri Elde Etme ve Uygun Görüntü Seçimi

Uzaktan algılamada uygun görüntü seçimi, elde edilen verilerin kalitesini ve analiz sonuçlarının doğruluğunu büyük ölçüde etkiler. Veri kalitesi yüksek görüntüler, daha iyi analiz ve sonuçlar sağlar. Ayrıca, gürültü ve hata oranını azaltır. Aynı zamanda çalışma kapsamında amacına uygun görüntülerin indirilerek hedef nesnenin doğru şekilde tanımlanmasına bize yardımcı olur. Aslında en önemli konulardan biri de uygun görüntü seçimi bize doğru veri seçmemizin, gereksiz analizlerin önüne geçerek zaman ve maliyet tasarrufu sağlar.

Amacımıza uygun hangi amaçla kullanacağımız, hedef nesnelerin durumu ve görünümündeki değişiklikleri göz önünde bulundurarak, görüntülerin çekileceği zaman dilimi seçilmesi önem teşkil etmektedir. (örneğin, mevsimsel değişiklikler). Bu yüzden bulutluluğun az olduğu eylül ayı içerisindeki görüntüleri seçmeye çalışılmıştır. Uydu görüntülerinden alınan verilerin kalitesini ve çözünürlüğünü göz önünde bulundurarak hedef nesnenin büyüklüğüne ve yaptığımız analiz türüne göre uygun çözünürlükte görüntüler seçilmiştir.

Uygun görüntü seçimi sonrası seçilen görüntülerin ön analizleri yapılarak, beklenen sonuçların elde edilebilirliği değerlendirilmiştir ve gerektiğinde ona göre tekrar uygun görüntü seçimi yapılmıştır. Şunu vurgulamak gerekir; bu süreç, uzaktan algılama projelerinin başarısını artırmak için önemli ve kritik bir adımdır.

Çizelge 3.1. İndirilen uydu görüntülerine ait özellikler

Yıl	Görüntü Tarihi	Uydu Özelliği	İndirilen Site	Uydu Kimliği
2013	25.09.2013	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_179034_20130925_20200913_02_T1
2014	21.09.2014	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_178034_20140921_20200910_02_T1
2015	15.09.2015	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_179034_20150915_20200908_02_T1
2016	17.09.2016	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_179034_20160917_20200906_02_T1
2017	4.09.2017	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_179034_20170904_20200903_02_T1
2018	23.09.2018	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_179034_20180923_20200830_02_T1
2019	19.09.2019	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_178034_20190919_20200826_02_T1
2020	28.09.2020	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_179034_20200928_20201006_02_T1
2021	24.09.2021	Landsat 8	Earth Explorer	LC08_L1TP_178034_20210924_20210930_02_T1
2022	10.09.2022	Landsat 8	Earth Explorer	LC09_L1TP_179034_20220910_20230329_02_T1
2023	6.09.2023	Landsat 8	Earth Explorer	LC09_L1TP_178034_20230906_20230906_02_T1

Çizelge 3.2. Yıllara göre çalışmada kullanılan bant sayıları

Uydu	Algılanma Tarihi	Bant Sayısı
Landsat 8	25.09.2013	11
Landsat 8	06.09.2023	11

Bu araştırmada, Burdur Gölü ve çevresindeki kıyı çizgisi değişimlerinin zamansal olarak izlenmesi ve analiz edilmesi amacıyla, 2013-2023 yıllarını kapsayan çok zamanlı uydu görüntüleri temel veri seti olarak değerlendirilmiştir. Veri elde etme süreci, uzaktan algılama teknolojilerinin sunduğu olanaklardan en üst düzeyde yararlanmayı ve analizlerin doğruluğunu artırmayı hedeflemiştir.

İlk aşamada, Burdur Gölü ve yakın çevresini kapsayan uydu görüntülerinin temini için öncelikli olarak Landsat 8 ait veriler tercih edilmiştir. Landsat 8 uydusunun 30 metre mekânsal çözünürlük sunan multispektral bantları ve 16 günlük tekrar geçiş periyodu, geniş ölçekli alanların uzun süreli izlenmesinde yüksek doğrulukta ve uluslararası standartta kabul gören veri sağlamaktadır. Çalışmada, her yıl için mümkün olduğunca bulutsuz, atmosferik koşullardan minimum düzeyde etkilenmiş ve yılın aynı dönemine (tercihen eylül ayı) ait görüntüler seçilmiştir. Bu yaklaşım, mevsimsel değişkenliklerin ve bulutluluğun analiz sonuçları üzerindeki etkisini minimize etmeyi amaçlamıştır.

Uydu görüntüleri, ABD Jeolojik Araştırmalar Kurumu'nun (USGS) Earth Explorer platformu üzerinden indirilmiştir. Analizlerin bütün bantlarda gerçekleştirilebilmesi ve spektral bilgi kaybı yaşanmaması için, Landsat 8'in tüm bantları (Band 1'den Band 11'e kadar) eksiksiz olarak temin edilmiştir. Böylece, hem görsel hem de sayısal analizlerde, farklı bant kombinasyonlarının ve spektral indekslerin oluşturulmasına olanak sağlanmıştır.

İndirilen Landsat 8 görüntüleri, öncelikle QGIS ve ENVI yazılımlarında işlenmiştir. QGIS yazılımı, coğrafi verilerin yönetimi, görüntülerin uygun koordinat sistemine yerleştirilmesi, temel görselleştirme işlemleri ve vektör veri üretimi süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılmıştır. ENVI ise, özellikle çok bantlı görüntülerin spektral analizleri, bant kombinasyonları, sınıflandırma ve raster işlemlerinde tercih edilmiştir. Her iki yazılımda da, tüm bantlar kullanılarak, göl su yüzeyi ve çevresindeki arazi örtüsünün ayrıştırılması, spektral indekslerin hesaplanması ve zamansal değişimlerin hassas bir şekilde izlenmesi sağlanmıştır.

Uydu görüntülerinin temini sırasında, çalışma alanının koordinatları (enlem-boylam sınırları) hassas şekilde tanımlanmış ve yalnızca Burdur Gölü'nü ve yakın çevresini kapsayan sahalar seçilmiştir. Ayrıca, görüntülerin bulutluluk oranı, güneş açısı, çekim tarihi ve sensör kalibrasyon durumu gibi meta verileri dikkatle incelenmiş ve analiz için en uygun görüntüler seçilmiştir.

Veri elde etme sürecinde karşılaşılan başlıca zorluklar arasında, bazı yıllarda bulutsuz ve yılın aynı dönemine ait görüntülerin bulunamaması, sensör arızaları veya veri kayıpları nedeniyle eksik yılların olması ve farklı sensörlerden gelen verilerin mekânsal çözünürlüklerinin uyumsuzluğu yer almaktadır. Bu tür eksiklikler, analizlerin zamansal bütünlüğünü ve karşılaştırılabilirliğini etkileyebileceğinden, mümkün olan en geniş ve tutarlı veri seti oluşturulmaya özen gösterilmiştir. Eksik veya düşük kaliteli görüntüler olduğu yıllarda, en yakın tarihli ve en az bulutluluk oranına sahip alternatif görüntüler tercih edilmiştir.

Son olarak, elde edilen tüm uydu görüntüleri ve ilgili meta veriler, analiz öncesinde arşivlenmiş ve sonraki ön işleme adımlarında kullanılmak üzere standart bir dosya yapısında organize edilmiştir. Böylece, veri elde etme süreci, hem analizlerin doğruluğunu hem de tekrarlanabilirliğini sağlayacak şekilde sistematik ve titiz bir biçimde yürütülmüştür.

3.2. Ön İşlemler

Uzaktan algılama teknolojileri, coğrafi verilerin toplanması ve analizinde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu verilerin güvenilirliği ve geçerliliği, uygulanan düzeltme işlemlerinin kalitesine bağlıdır. Veri elde etme aşamasında indirilen Landsat 8 uydu görüntüleri, analizlerin doğruluğunu ve karşılaştırılabilirliğini artırmak amacıyla kapsamlı bir ön işleme sürecinden geçirilmiştir. Bu süreçte, görüntülerin hem mekânsal hem de spektral olarak analizlere uygun hale getirilmesi hedeflenmiştir. Ön işlemler, QGIS ve ENVI yazılımlarının olanakları kullanılarak, sistematik ve titiz bir şekilde yürütülmüştür.

İlk olarak, indirilen tüm Landsat 8 bantları, QGIS ortamında çalışma alanına uygun şekilde organize edilmiştir. Görüntülerin coğrafi referansları kontrol edilmiş ve tüm bantlar, UTM koordinat sistemine projeksiyonlanarak mekânsal tutarlılık sağlanmıştır. Bu adım, farklı yıllara ve sensörlere ait görüntülerin üst üste bindirilerek karşılaştırılabilmesi için kritik öneme sahiptir. Ardından, görüntülerdeki atmosferik ve radyometrik bozulmaların etkisini azaltmak amacıyla, ENVI yazılımında atmosferik düzeltme işlemleri uygulanmıştır. Bu kapsamda, ENVI içeriği algoritmalar kullanılarak, atmosferik saçılma ve absorpsiyon etkileri minimize edilmiştir. Böylece, farklı tarihlerde elde edilen görüntüler arasında spektral karşılaştırmaların güvenilirliği artırılmıştır. Görüntülerdeki bulut, bulut gölgesi ve diğer istenmeyen alanlar, hem QGIS hem de ENVI’de maskeleyme teknikleriyle analiz dışı bırakılmıştır. Özellikle, Landsat 8 bulutlu pikseller otomatik olarak tespit edilmiş ve bu alanlar analizlerde dikkate alınmamıştır. Ayrıca, su yüzeyi dışındaki yansımaları azaltmak ve göl alanının daha hassas belirlenmesini sağlamak amacıyla, su ve kara ayrımını kolaylaştıran bant kombinasyonları oluşturulmuştur. Mekânsal çözünürlük farklılıklarının etkisini azaltmak için, tüm görüntüler ortak bir piksel boyutuna getirilmiştir. Böylece, spektral değerlerin bozulmadan korunması sağlanmıştır. Ayrıca, görüntülerin geometrik doğruluğu, çalışma alanındaki sabit referans noktaları kullanılarak kontrol edilmiş ve gerekirse geometrik düzeltmeler yapılmıştır. Tüm bu işlemler sonucunda, her yıl için analizlere uygun, bulutsuz, geometrik ve radyometrik olarak düzeltilmiş, mekânsal olarak uyumlu ve spektral olarak karşılaştırılabilir çok bantlı görüntü setleri elde edilmiştir. Bu ön işleme süreci, sonraki aşamalarda gerçekleştirilecek olan

sınıflandırma, raster-vektör dönüşümü ve ileri dönük kestirim analizlerinin doğruluğu ve güvenilirliği açısından temel bir adım teşkil etmiştir.

Ön işlemlerde, radyometrik ve geometrik düzeltmeler ile uzaktan algılama verilerinin doğruluğunu artırmak ve analiz sonuçlarının güvenilirliğini sağlamak için kritik adımlar teşkil etmiştir.

3.2.1. Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme, uzaktan algılama verilerinde sensörlerin ve atmosferin etkileri nedeniyle meydana gelen ışınlama yanlışlıklarının ve değişimlerinin giderilmesini amaçlayan bir süreçtir. Atmosferik etmenler, alınan görüntülerde gürültü yaratmakta, nesnelerin gerçek parlaklık değerlerini bozmakta ve analizlerin doğruluğunu tehdit etmektedir.

Radyometrik düzeltmenin temel amacı, görüntülerdeki piksel değerlerini gerçeğe yakın hale getirmektir. Bu düzeltme işlemi, daha iyi karşılaştırma ve analiz hayali sağlar. Örneğin, tarımsal izlemelerde bitki sağlığı analizleri için kritik bir süreçtir; çünkü senaryonun doğru değerlendirilmesi için piksel değerlerinin doğru bir şekilde temsil edilmesi gereklidir.

Uzaktan algılama analizlerinde, atmosfer kökenli bozulmalar özellikle çok bantlı ve farklı tarihlere ait görüntüler kullanıldığında spektral yansıtıcılık ölçümlerinin hem kesinliğini hem de dönemler arası tutarlılığını belirgin biçimde azaltabilmektedir. Bu nedenle, Landsat 8 uydu görüntülerinin işlenmesinde ilk adım olarak kapsamlı bir atmosferik düzeltme süreci uygulanmıştır. Atmosferik düzeltme, yüzeyden yansıyan elektromanyetik enerjinin sensöre ulaşmadan önce atmosferde uğradığı saçılma ve absorpsiyon etkilerinin giderilmesini amaçlar.

Bu çalışmada, atmosferik düzeltme işlemleri için ENVI yazılımı modülleri tercih edilmiştir. Görüntülerin spektral bantlarında atmosferik gazların (su buharı, ozon, karbondioksit vb.) ve aerosollerin neden olduğu bozulmaları modelleyerek, yüzey yansıma değerlerini daha doğru şekilde elde etmeye olanak tanımıştır. Düzeltme işlemi sırasında, görüntülerin çekim tarihi, güneş zenit açısı, sensör yüksekliği ve bölgesel atmosferik koşullar gibi meta veriler dikkate alınmıştır. Ayrıca, bulut ve bulut gölgesi gibi atmosferik parazitlerin etkisini azaltmak için, Landsat 8'in bulut maskeleri oluşturulmuş ve bu alanlar analiz dışı bırakılmıştır.

Alternatif olarak, bazı görüntülerde hızlı ve pratik bir düzeltme sağlamak amacıyla görüntüdeki en düşük yansıma değerine sahip pikselleri (örneğin, derin su alanları) referans olarak atmosferik saçılmanın etkisini düzeltme yoluna gidilmiştir. Özellikle geniş alanlı ve çok zamanlı analizlerde, farklı tarihlerdeki görüntüler arasında spektral karşılaştırmaların güvenilirliğini artırmak için kullanılmıştır.

Atmosferik düzeltme adımlarının tamamlanmasıyla birlikte, tüm bantlarda yüzey yansıma değerleri standart bir düzeye getirilmiş ve farklı yıllara ait görüntüler arasında spektral uyumluluk başarıyla sağlanmıştır. Bu adım, özellikle su-kara ayrımı, spektral indeks hesaplamaları ve sınıflandırma analizlerinin doğruluğu açısından kritik öneme sahiptir.

3.2.2. Geometrik Düzeltme

Geometrik düzeltme, uzaktan algılama görüntülerinin coğrafi anlamda doğru bir şekilde hizalanmasını sağlayan bir süreçtir. Görüntüler, belirli referans noktalarına göre realiteye uyumlu hale getirilmelidir. Geometrik düzeltme, farklı kaynaklardan gelen görüntülerin uyumlu hale getirildiği, analizle aktarılaabilirliğini artırdığı bir adımdır.

Geometrik düzeltmelerin temel amacı, elde edilen görüntülerin gerçek dünya koordinat sistemine doğru bir şekilde yerleştirilmesidir. Bu süreç, özellikle değişim analizleri, arazi kullanım değişimleri ve çevresel izleme projeleri için kritik öneme sahiptir. Çok zamanlı uydu görüntülerinin analizinde, mekânsal doğruluğun sağlanması ve farklı yıllara ait görüntülerin üst üste bindirilerek karşılaştırılabilmesi için geometrik düzeltme işlemleri büyük önem taşır. Geometrik düzeltme, sensör kaynaklı bozulmalar, yeryüzü eğimi, Dünya'nın eğriliği ve platform hareketlerinden kaynaklanan mekânsal sapmaların giderilmesini ve tüm görüntülerin ortak bir koordinat sistemine oturtulmasını amaçlar.

Bu çalışmada, indirilen Landsat 8 uydu görüntülerinin geometrik doğruluğu QGIS ve ENVI yazılımları kullanılarak ayrıntılı biçimde denetlenmiştir. Analiz sürecinin başlangıcında, tüm görüntüler Universal Transverse Mercator (UTM) koordinat sistemine aktarılmış ve böylece mekânsal bütünlük sağlanmıştır. Belirlenen referans noktaları kullanılarak görüntü hizalama işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamada, görüntünün konumunun doğru bir biçimde ayarlanması için çeşitli matematiksel dönüşümler ve interpolasyon yöntemleri kullanılabilir. Örneğin, bir görüntü üzerinde döndürme ve ölçekleme gibi temel işlemler bir arada uygulanarak, gerekli koordinat dönüşümleri başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, Burdur Gölü bölgesinde, özellikle göl kıyısı ve yakın çevresinde, 2013 ve 2023 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak mekânsal değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Her görüntü geometrik düzeltme ile benzer referans sistemlerine hizalanmıştır. Bu işlemle, yıllar arasındaki değişimlerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi sağlanmıştır. Geometrik düzeltme işlemleri sonucunda, tüm görüntüler hem yatay hem de dikey ekseninde yüksek mekânsal doğrulukla hizalanmış, farklı yıllara ait kıyı çizgisi ve göl alanı analizlerinin güvenilirliği artırılmıştır. Bu adım, özellikle kıyı çizgisi değişimlerinin hassas bir şekilde izlenmesi ve zamansal örüntülerin doğru şekilde ortaya konulması açısından vazgeçilmezdir.

Radyometrik ve geometrik düzeltmeler sayesinde, uzaktan algılama ile elde ettiğimiz verilerin güvenilirliğini artırmak ve analiz sonuçlarının doğruluğunu sağlamak bizim için hayati öneme sahiptir. Bu düzeltmeler ile alınan verilerin karşılaştırılabilirliğini artırarak, kapsamlı ve güvenilir analizler yapmamıza olanak tanımıştır. Hataların en aza indirilmesi ve güvenilir sonuçlara ulaşılması, kıyı kenar çizgisi başta olmak üzere çevresel değişimlerin izlenmesi ve etkin bir şekilde yönetilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

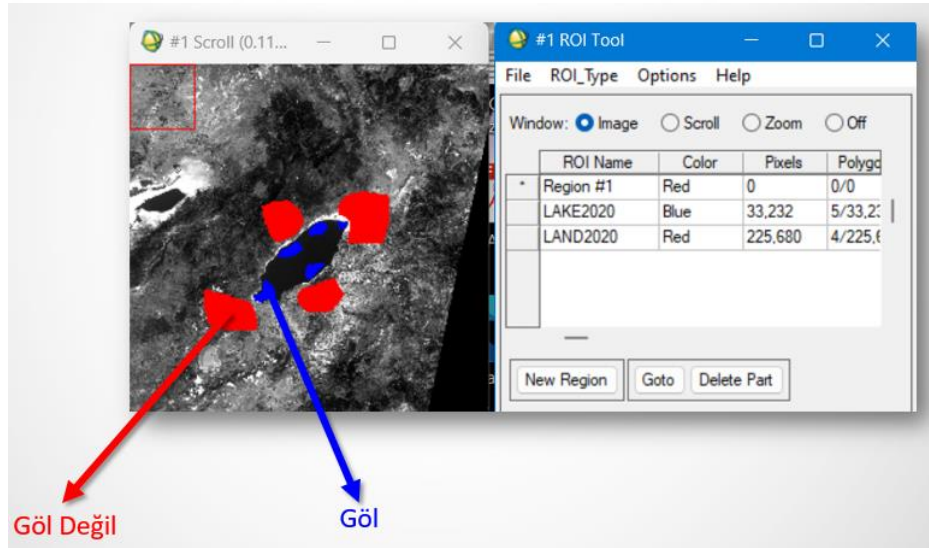
3.3. Sınıflandırma (SVM – Destek Vektör Makinaları)

Bu çalışmada, Burdur Gölü ve çevresindeki arazi örtüsünün ve özellikle su

yüzeyinin zamansal olarak ayrıştırılması ve analiz edilmesi amacıyla, denetimli sınıflandırma yöntemi olarak Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines, SVM) algoritması tercih edilmiştir. SVM, yüksek boyutlu ve çok bantlı uzaktan algılama verilerinde, sınıflar arasındaki ayrımı maksimize etme yeteneği ve az sayıda eğitim örneğiyle dahi yüksek doğruluk sağlaması nedeniyle, literatürde yaygın olarak önerilen ve güvenilirliği kanıtlanmış bir yöntemdir.

Sınıflandırma sürecinde, ön işleme tabi tutulmuş ve atmosferik ile geometrik olarak düzeltilmiş Landsat 8 görüntülerinin tüm bantları kullanılmıştır. Bu sayede, su, bitki örtüsü, çıplak toprak ve diğer arazi örtüsü tipleri arasındaki spektral farklılıklar en üst düzeyde değerlendirilmiştir. Sınıflandırma işlemleri, ENVI yazılımı üzerinde gerçekleştirilmiş ve SVM algoritmasının parametrisasyonu titizlikle optimize edilmiştir.

Çok bantlı görüntü hazırlığı için ön işleme tabi tutulmuş ve atmosferik ile geometrik olarak düzeltilmiş Landsat 8 görüntüleri, ENVI ortamında “Layer Stacking” aracı ile birleştirilerek çok bantlı (multispektral) bir veri kümesi oluşturulmuştur. ENVI ana menüsünden “ROI Tool” açılmıştır. ROI aracı, kullanıcıya görüntü üzerinde belirli alanları manuel olarak seçme ve bu alanları farklı sınıflar altında etiketleme imkânı sunar. Bu çalışmada, öncelikle Burdur Gölü ve çevresindeki temel arazi örtüsü sınıfları (örneğin su yüzeyi, su olmayan yüzey yani bitki örtüsü, çıplak toprak, yerleşim alanı) görüntü üzerinde tanımlanmıştır. Bu iki sınıf için, görüntü üzerinde homojen, spektral olarak tutarlı ve temsil kabiliyeti yüksek alanlar dikkatlice seçilmiştir. ROI’ler, poligon veya serbest çizim araçlarıyla, homojen ve temsil kabiliyeti yüksek alanlardan seçilmiştir. Her sınıf için farklı bölgelerden, farklı spektral özellikler gösteren çok sayıda ROI oluşturulmuştur.



Şekil 3.2. 2020 Yılı Uygulanmış ROI’ler

Su yüzeyi için gölün farklı derinlik ve yansıma gösteren bölgelerinden, bitki örtüsü için farklı yoğunluk ve türlerden, çıplak toprak ve yerleşim için ise farklı arazi kullanımlarından örnekler alınmıştır. Bu çeşitlilik, SVM algoritmasının farklı sınıflar

arasındaki spektral farklılıkları daha etkin biçimde ayırt edebilmesine olanak tanımıştır. ROI'lerden elde edilen eğitim veri setleri ise, ENVI yazılımının SVM sınıflandırma modülüne entegre edilmiştir. Sınıflandırma sonuçları, hem zamansal değişim analizlerinde hem de kıyı çizgisi ve göl alanı tespitinde temel veri katmanı olarak kullanılmıştır. SVM tabanlı sınıflandırma, özellikle göl su yüzeyinin diğer arazi örtüsü tiplerinden ayrımında yüksek doğruluk sağlamış ve zamansal örüntülerin güvenilir bir şekilde izlenmesine olanak tanımıştır. Ayrıca, sınıflandırma haritaları, sonraki aşamalarda gerçekleştirilecek olan raster-vektör dönüşümü ve ileri dönük kestirim modellemesi için temel girdi olarak kullanılmıştır.

Sonuç olarak, SVM algoritmasının çok bantlı Landsat 8 verileriyle entegrasyonu, Burdur Gölü ve çevresindeki arazi örtüsü değişimlerinin yüksek doğrulukla izlenmesini ve analiz edilmesini mümkün kılmıştır. Bu yaklaşım, çalışmanın bilimsel güvenilirliğini ve elde edilen bulguların geçerliliğini önemli ölçüde artırmıştır.

3.4. Kara ve Su Sınıflandırılmış Raster Görüntü

Sınıflandırma aşamasının ardından elde ettiğim kara ve su sınıflandırılmış raster görüntüler, çalışmamın en kritik ve belirleyici adımlarından birini oluşturmaktadır. Bu aşamada, Landsat 8 OLI uydu görüntüleri üzerinde uyguladığım Destek Vektör Makineleri (SVM) algoritması sayesinde, çalışma alanındaki her bir pikselin kara ya da su sınıfına ait olup olmadığı yüksek doğrulukla belirlenmiştir. SVM algoritmasının tercih edilmesinin temel nedeni, çok boyutlu ve karmaşık veriler üzerinde üstün sınıflandırma performansı göstermesi ve özellikle su-kara ayrımında, spektral bantlar arasındaki nüansları hassasiyetle yakalayabilmesidir. Landsat 8'in 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip multispektral bantları, özellikle su ve kara yüzeylerinin yansıtma özelliklerini ayırt etmede önemli avantajlar sunmaktadır. Bu sayede, Burdur Gölü ve çevresindeki zamansal ve mekânsal değişimlerin nesnel olarak analiz edilmesine olanak tanıyan, güvenilir ve sayısal bir veri seti elde edilmiştir.

Sınıflandırma aşamasına geçilmeden önce, uydu görüntülerine çeşitli ön işleme adımları uygulanmıştır. Bunlar arasında atmosferik düzeltme, geometrik düzeltme ve bulut maskelenmesi gibi adımlar yer almaktadır. Atmosferik düzeltme, yeryüzünden yansıyan gerçek yansıtma değerlerinin elde edilmesini sağlarken, geometrik düzeltme ise farklı zamanlara ait görüntülerin üst üste çakıştırılmasında mekânsal tutarlılığı garanti altına almıştır. Bulut ve gölge maskelenmesi ise, analizlerde hata payını azaltmak ve yalnızca güvenilir piksellerin değerlendirilmesini sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Bu ön işlemler sayesinde, sınıflandırma algoritmasının performansı artırılmış ve elde edilen sonuçların doğruluğu güvence altına alınmıştır.

SVM algoritması kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma işlemi sonucunda, her bir pikselin hangi sınıfa (kara ya da su) ait olduğu tespit edilmiş ve raster veri formatında elde edilen sonuçlar kaydedilmiştir. Sınıflandırılmış raster görüntülerin doğruluğunu artırmak amacıyla, hem görsel kontroller hem de istatistiksel doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Özellikle göl kıyı çizgisine yakın bölgelerde, sınıflandırma algoritmasının performansı detaylı olarak incelenmiş ve olası karışıklıkların önüne geçmek için ek kontroller uygulanmıştır. Bu titiz yaklaşım sayesinde, elde ettiğim raster görüntülerde kara ve su alanları arasındaki sınırların

netliği ve doğruluğu önemli ölçüde artırılmıştır. Sınıflandırılmış raster görüntüler, çalışmamın sonraki aşamalarında gerçekleştireceğim mekânsal analizler için temel veri kaynağını oluşturmaktadır. Bu görüntüler aracılığıyla, göl alanındaki değişimlerin yıllar içindeki eğilimi, alan kayıpları veya kazanımları, kıyı çizgisindeki ilerleme ya da gerileme gibi dinamikler sayısal olarak ortaya konabilmektedir. Ayrıca, raster verinin bu şekilde işlenmesi, farklı yıllara ait görüntüler arasında karşılaştırma yapılmasını ve zamansal değişimlerin istatistiksel olarak analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece, Burdur Gölü'nün su yüzey alanındaki değişimlerin nedenleri ve sonuçları daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilebilmektedir.

Bu aşamanın bir diğer önemli yönü, sınıflandırılmış raster görüntülerin vektör veri formatına dönüştürülerek daha ileri mekânsal analizlerde kullanılabilmesidir. Raster verinin vektöre dönüştürülmesi, göl alanının poligon olarak sayısallaştırılmasına ve alan hesaplamalarının daha hassas biçimde yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, bu sayede göl kıyı çizgisindeki değişimlerin haritalanması ve görselleştirilmesi de daha kolay ve anlaşılır hale gelmektedir. Sınıflandırılmış raster görüntüler, hem görsel hem de sayısal analizler için güvenilir bir temel sunmakta; çalışmanın bütününde elde edilen bulguların doğruluğunu ve geçerliliğini artırmaktadır.

Sonuç olarak, kara ve su sınıflandırılmış raster görüntülerin elde edilmesi, Burdur Gölü ve çevresindeki değişimlerin izlenmesi ve analiz edilmesi açısından vazgeçilmez bir adım olarak öne çıkmaktadır. Bu aşamada gösterdiğim titizlik ve uyguladığım yöntemlerin doğruluğu, çalışmamın genel başarısını ve elde edilen sonuçların bilimsel değerini doğrudan etkilemektedir. Elde ettiğim raster veriler, hem mevcut durumun değerlendirilmesi hem de geleceğe yönelik öngörülerin oluşturulması için sağlam bir temel teşkil etmektedir. Yüksek doğruluk düzeyi ve kapsamlı teknik analizlerin sağladığı avantajlarla, kara ve su ayırımında elde edilen güvenilir sonuçlar, Burdur Gölü'nün sürdürülebilir yönetimi ve korunmasına yönelik bilimsel temelli stratejilerin oluşturulmasına önemli ölçüde katkı sunmaktadır.

3.5. Raster - Vektör Dönüşümü

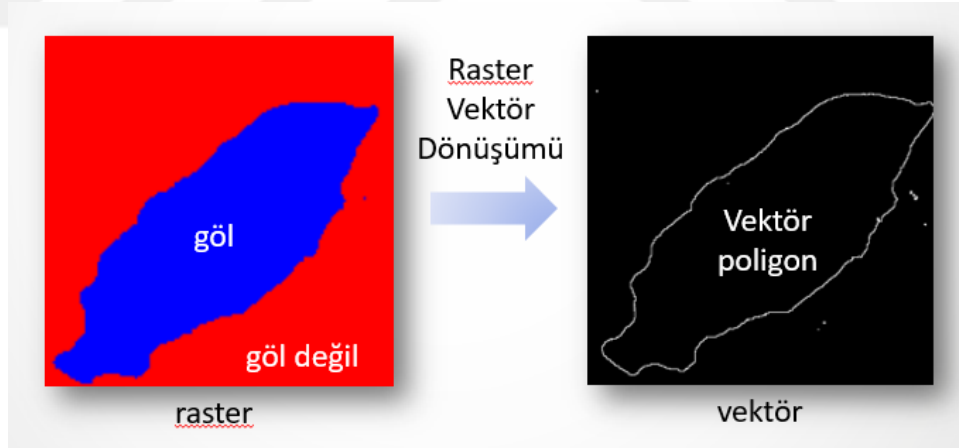
Raster-Vektör Dönüşüm İş Akışı:

1. Landsat 8 Görüntüsü (Raster) → 2. Sınıflandırma (ENVI) → 3. Su Yüzeyi Maskeleme (ENVI) → 4. Raster'dan Vektöre Dönüşüm (ENVI/QGIS) → 5. Kıyı Çizgisi Çıkarımı (QGIS) → 6. Vektör Veri (Shapefile/GeoJSON)

Raster veriler, genellikle uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları gibi sürekli veri setlerini temsil ederken, vektörel veriler nokta, çizgi ve poligon gibi geometrik şekillerle belirli alanları ifade eder. Değişim tespit analizinin ardından elde edilen piksel değerleri, bu değişimleri anlamak ve sonuçları daha anlaşılır bir biçimde sunmak için vektörel formatta temsil edilmektedir. Sınıflandırma aşamasında elde edilen raster formatındaki arazi örtüsü haritaları, özellikle göl su yüzeyinin zamansal değişimlerinin hassas bir şekilde analiz edilebilmesi ve kıyı çizgisi değişimlerinin sayısal olarak haritalandırılabilmesi için vektör formata dönüştürülmüştür. Raster-vektör dönüşümü, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamalarında, mekânsal analizlerin ve zamansal karşılaştırmaların doğruluğunu ve esnekliğini artıran temel bir

adımdır. Bu çalışmada, raster-vektör dönüşümü işlemleri hem ENVI hem de QGIS yazılımlarında gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonucunda elde edilen raster haritalarda, göl su yüzeyini temsil eden sınıf (örneğin, “su” olarak etiketlenen piksel değerleri) öncelikle maskeleme yöntemiyle ayrıştırılmıştır. Bu maskeleme işlemi, yalnızca göl su yüzeyine ait piksellerin seçilmesini ve diğer arazi örtüsü sınıflarının analiz dışında bırakılmasını sağlamıştır.

ENVI yazılımında, “Raster to Vector” (Poligonizasyon) aracı kullanılarak, su yüzeyini temsil eden raster katmanlar vektör (shapefile) formatına dönüştürülmüştür. Bu işlem sırasında, her bir su yüzeyi pikseli, komşuluk ilişkileri dikkate alınarak poligonlara dönüştürülmüş ve gölün bütüncül alanı tek bir poligon olarak temsil edilmiştir. Yalnızca gölün ana su kütesini temsil eden poligonlar analiz kapsamına alınmıştır. Elde edilen vektör veriler, coğrafi koordinat sistemine (WGS84 UTM) uygun olarak kaydedilmiş ve CBS ortamında kullanılmak üzere dışa aktarılmıştır. ENVI yazılımında elde edilen vektör verileri, analiz sürecinin sonraki aşamalarında kullanılmak üzere QGIS platformuna aktarılmıştır. QGIS yazılımında “Raster to Polygon” aracı yardımıyla ek vektörleştirme işlemleri uygulanmış ve elde edilen poligonların topolojik bütünlüğü dikkatlice kontrol edilmiştir. Gölün kıyı çizgisi, poligonun dış sınırı (boundary) olarak otomatik şekilde çıkarılmış ve “line” (çizgi) formatında yeni bir katman oluşturulmuştur. Gerekli durumlarda, poligon ve çizgi katmanlarında manuel düzenlemeler yapılmış; örneğin, gölün doğal olmayan çıkıntıları, sınıflandırma kaynaklı küçük hatalar el ile düzeltilmiştir. Her yıl için elde edilen göl poligonları ve kıyı çizgileri, zamansal analizlerde üst üste bindirilerek, göl alanındaki ve kıyı çizgisindeki değişimlerin mekânsal olarak karşılaştırılması sağlanmıştır.



Şekil 3.3. Raster Vektör dönüşümü

Raster-vektör dönüşümü sayesinde, göl alanı ve kıyı çizgisi gibi mekânsal öznitelikler sayısal olarak ölçülebilir ve zamansal olarak izlenebilir hale gelmiştir. Vektör formatındaki veriler, alan (km²), çevre uzunluğu (km) gibi metriklerin hassas biçimde hesaplanmasına olanak tanımış; ayrıca, ileri dönük kestirim modellerinde ve mekânsal istatistik analizlerinde temel veri katmanı olarak kullanılmıştır. Vektöre dönüştürülmüş kıyı çizgileri, hem görsel sunumlarda hem de bilimsel raporlarda, gölün morfolojik değişimlerinin açık ve anlaşılır biçimde gösterilmesini sağlamıştır. Sonuç

olarak, raster-vektör dönüşümü, Burdur Gölü'nün zamansal değişimlerinin hassas ve güvenilir biçimde analiz edilmesinde kritik bir rol oynamış; elde edilen vektör veriler, hem mekânsal analizlerin doğruluğunu artırmış hem de çalışmanın bilimsel geçerliliğine önemli katkı sağlamıştır.

3.6. Geleceğe dönük kestirim modelleri

Kıyı kenar değişimlerini etkileyen bağımlı değişken (örneğin kıyı çizgisi değişimi) ile bağımsız değişkenler (örneğin yıllık ortalama su seviyesi, yağış miktarı, sıcaklık vb.) belirlenmesi ve bağımsız değişkenlerin geçmiş verilere dayalı olarak nasıl bir etkide bulunduğu incelenmesini sağlayacaktır. Oluşturulan algoritmalar kullanılarak elde edilen verilerden hareketle, geleceğe dönük kestirim modelleri geliştirilir. Geçmiş veriler üzerinde regresyon analizi veya diğer istatistiksel yöntemlerle gerçekleştirilen bu tahminleme süreci, toplanan verilerin zaman içindeki eğilimlerini ortaya çıkarmaktadır. Özellikle, regresyon ve transgresyon analizleri, ilerleyiş ve gerileme tahminleri yapılmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Böylece, hem mevcut durumun analizi yapılmakta hem de gelecekteki olası değişimler hakkında proaktif stratejiler oluşturulabilmektedir.

San ve Uluşar (2018) tarafından önerilen yaklaşım, 1971 ve 2014 yılları arasında elde edilen uzaktan algılanmış verilere (havadan ve karadan) dayalı olarak Türkiye'nin dinamik bir kıyı bölgelerinden birinde denenerek test edilmiştir. 2020, 2025, 2030 ve 2035 yılları için gelecekteki kıyı çizgisi tahminlerinde bulunulmuştur. Sonuç olarak, çalışma alanının kıyı çizgisi maksimum ve minimum yıllık değişimlerin ortalama bazı kesiminde transgresyon ve bazı kesiminde de regresyon olmuştur. Gelecekteki kıyı şeridinin genel meyili transgresyonel olarak öngörülmüştür.

Bu çalışmada, Burdur Gölü'nün su yüzey alanındaki zamansal değişimlerin geleceğe yönelik öngörülmesi amacıyla ileri dönük kestirim modeli olarak doğrusal regresyon (lineer regresyon) analizi uygulanmıştır. Lineer regresyon, zaman serisi verilerinde değişim eğilimlerinin matematiksel olarak modellenmesi ve gelecekteki değerlerin tahmin edilmesi için yaygın olarak kullanılan, istatistiksel olarak güçlü ve yorumlanabilir bir yöntemdir.

3.6.1. Veri Hazırlığı ve Model Girdileri:

Kestirim modelinin oluşturulmasında, 2013-2023 yılları arasında her yıl için raster-vektör dönüşümüyle elde edilen göl yüzey alanı (km^2) değerleri kullanılmıştır. Söz konusu alan değerleri, zamansal olarak sıralanarak bağımlı değişken (Y) biçiminde modele entegre edilmiştir. Bağımsız değişken (X) ise yıl bilgisidir. Veri seti, aşağıdaki gibi yapılandırılmıştır:

Yıl (X) Göl Alanı (Y, km^2)

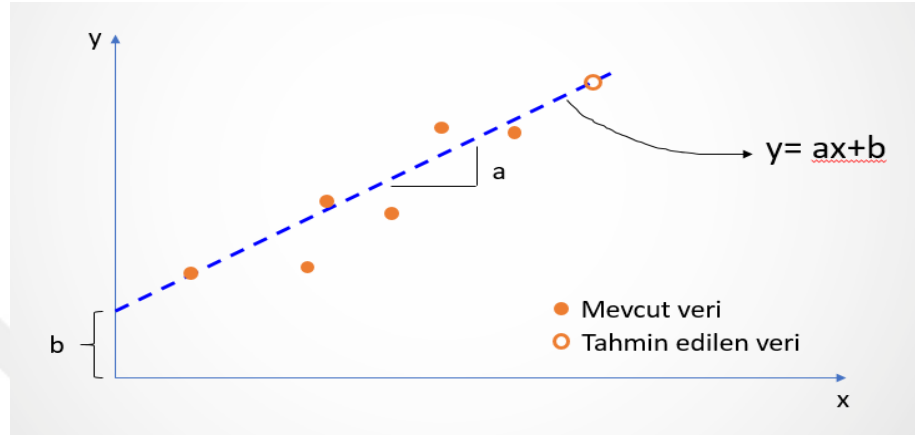
2013	134.5
2014	...
...	...
2023	117.7

3.6.2. Model Kurulumu ve Analiz Yöntemi:

Lineer regresyon modeli, aşağıdaki temel formül üzerinden kurulmuştur:

$$Y=aX+b \quad Y=aX + b \quad Y=aX+b$$

Burada, YYY: Tahmin edilen göl yüzey alanı (km²), XXX: Yıl, aaa: Regresyon eğim katsayısı (alan değişim hızı), bbb: Y-eksenini kesen sabit terimdir.



Şekil 3.4. Lineer regresyon modeli kurulumu

Modelin parametreleri, en küçük kareler yöntemi (Ordinary Least Squares, OLS) ile tahmin edilmiştir. Analizler, Python programlama dili ve “scikit-learn” kütüphanesi ile yürütülmüş; modelin kurulumu, parametre tahmini ve kestirim işlemleri bu ortamda gerçekleştirilmiştir.

```

# Gerekli kütüphaneleri yükleme
# pip install geopandas scikit-learn shapely -q

import geopandas as gpd
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from shapely.affinity import scale
from google.colab import files
import re
import os
from IPython.display import display, clear_output

# Kullanıcıdan kaç yıl sonrası için tahmin yapılacağını sor
prediction_years = int(input("Kaç yıl sonrası için tahmin yapmak istiyorsunuz? (Varsayılan: 5): ") or "5")

# Dosyaları sırayla yüklemek için
file_year_pairs = []
expected_years = list(range(2013, 2024)) # 2013'ten 2023'e kadar
uploaded_files = []

print("\nÜtten göl poligonlarını içeren GeoJSON dosyalarını sırayla yükleyin.")
print(f"Beklenen yıllar: {expected_years}")

for expected_year in expected_years:
    print(f"({expected_year}) yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:")

    # Dosyayı yükle
    new_files = files.upload()

```

Şekil 3.5. Python programlama dili ile Google Colab ortamında Kestirim Modeli hazırlanması ve çalıştırılması

3.6.3. Modelin Uygulanışı ve Tahmin Süreci:

- 1) Veri Girişi: Yıllık göl alanına ilişkin veriler, pandas DataFrame yapısında modele entegre edilmiştir.
- 2) Model Eğitimi: LinearRegression() fonksiyonu kullanılarak modelin eğitimi gerçekleştirilmiş ve ilgili katsayılar (aaa ve bbb) otomatik olarak belirlenmiştir.
- 3) Model Değerlendirmesi: Modelin açıklayıcılığı, R^2 (determinasyon katsayısı) ile değerlendirilmiş; ayrıca, ortalama mutlak hata (MAE) ve kök ortalama kare hata (RMSE) gibi hata metrikleri hesaplanmıştır.
- 4) Gelecek Yıllar İçin Tahmin: Model, 2024-2028 yılları için ileri dönük tahminlerde kullanılmıştır. Ayrıca, modelin eğilimi doğrultusunda gölün tamamen kuruyacağı yıl da öngörülmüştür (örneğin, alanın sıfıra yaklaştığı yıl).
- 5) Belirsizlik Analizi: Tahmin edilen değerler için %95 güven aralığı hesaplanmış, modelin ileri yıllarda artan belirsizliği grafiklerle gösterilmiştir.

Model çıktıları, göl alanındaki azalma eğiliminin doğrusal bir seyir izlediğini göstermiştir. 2013-2023 yılları arasında yaklaşık %12,4'lük bir alan kaybı tespit edilmiş; model, mevcut eğilimin devamı halinde 2028 yılında göl alanının 106,8 km²'ye düşeceğini öngörmüştür. Uzun vadeli projeksiyonda, gölün tamamen kuruyacağı yıl da (örneğin, 2081) model tarafından tahmin edilmiştir.

3.6.4. Görsel Sunum ve Raporlama:

- Modelin uyumunu ve tahmin performansını değerlendirmek amacıyla, regresyon doğrusu ile veri noktalarının birlikte yer aldığı grafikler matplotlib kütüphanesi kullanılarak görselleştirilmiştir.
- Tahmin edilen alan değerleri ve güven aralıkları tablo ve grafiklerle raporlanmıştır.
- Kıyı çizgisindeki değişimlerin zamansal haritaları, QGIS yazılımında yıllık vektör katmanlarının üst üste getirilmesiyle oluşturulmuştur.

3.6.5. Modelin Sınırlılıkları ve Bilimsel Katkı:

Lineer regresyon modeli, göl alanındaki değişimi yalnızca zamana bağlı olarak öngörmektedir; hidrolojik, klimatolojik ve antropojenik faktörler modele doğrudan entegre edilmemiştir. Bu nedenle, modelin ileri yıllardaki tahminlerinde belirsizlik artmaktadır. Ancak, modelin sağladığı eğilim ve kestirimler, gölün sürdürülebilir yönetimi ve çevresel planlama açısından önemli bir bilimsel temel sunmaktadır. Regresyon analizi ile yapılan değerlendirme mevcut koşullar devam ettiği takdirde beklenen kestirim modeline ait çıktıyı vermektedir.

4. BULGULAR

2013 ve 2023 yılları arasında yapılan analizler sonucunda, Burdur Gölü kıyı kenar çizgisinde net ve belirgin değişimler gözlemlenmiştir. Özellikle;

- ✓ Göl seviyesinin düşmesiyle birlikte bazı alanların su altında kalmadığı ve bunun kıyı çizgilerinde ciddi değişikliklere yol açtığı tespit edilmiştir.
- ✓ Tarım alanlarının, göl kıyısına yakın bölgelerde belirgin bir şekilde genişlediği tespit edilmiştir.
- ✓ Su kalitesindeki değişimlerin de kıyı kenar çizgisini etkilediği gözlemlenmiştir. Özellikle batı kıyılarında kirlilik nedeniyle su bitkilerinin azalması ve kıyı çizgisinin daralması gibi etkiler ortaya çıkmıştır.

Ek-1 Kullanılan Yazılımın, Kodların Sonucu ve Bulguları

Toplam 11/11 dosya yüklendi.

Yüklenen dosyalar yıllara göre sıralandı: (2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023)

Veriler zaten projeksiyon sisteminde: EPSG:32636

CRS: EPSG:32636

2013 yılı için göl alanı: 134568900.00 m²

2014 yılı için göl alanı: 134791200.00 m²

2015 yılı için göl alanı: 135219600.00 m²

2016 yılı için göl alanı: 135363600.00 m²

2017 yılı için göl alanı: 128460600.00 m²

2018 yılı için göl alanı: 125991900.00 m²

2019 yılı için göl alanı: 124308000.00 m²

2020 yılı için göl alanı: 122632200.00 m²

2021 yılı için göl alanı: 120022200.00 m²

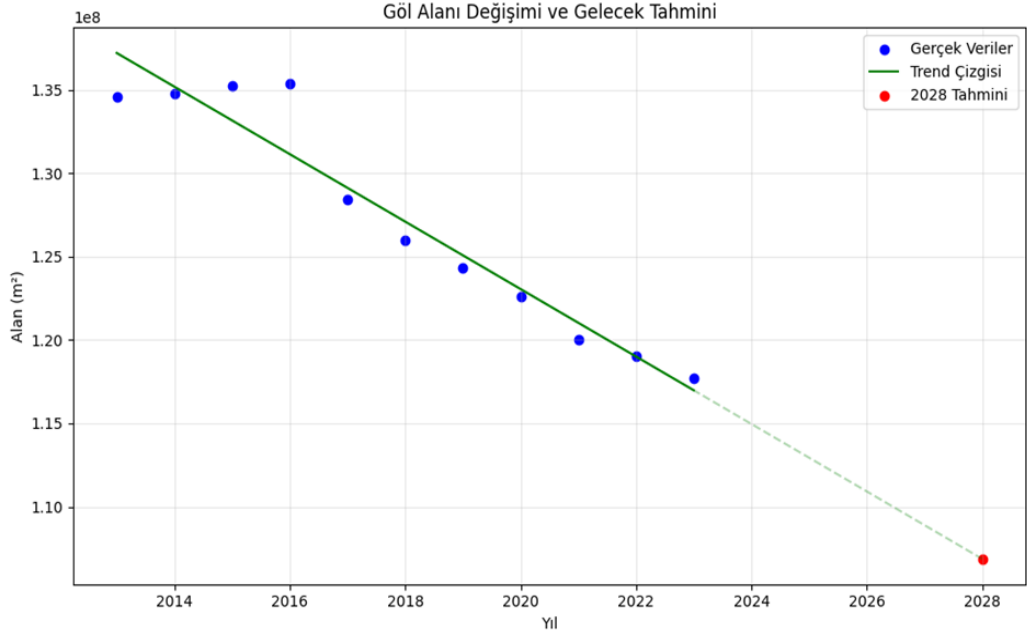
2022 yılı için göl alanı: 119028600.00 m²

2023 yılı için göl alanı: 117720900.00 m²

2028 yılı için tahmin edilen göl alanı: 106873609.09 m²

Ölçeklendirme faktörü: 0.9528

2028 yılı için tahmin edilen göl poligonu 'predicted_lake_2028.geojson' olarak kaydedildi.



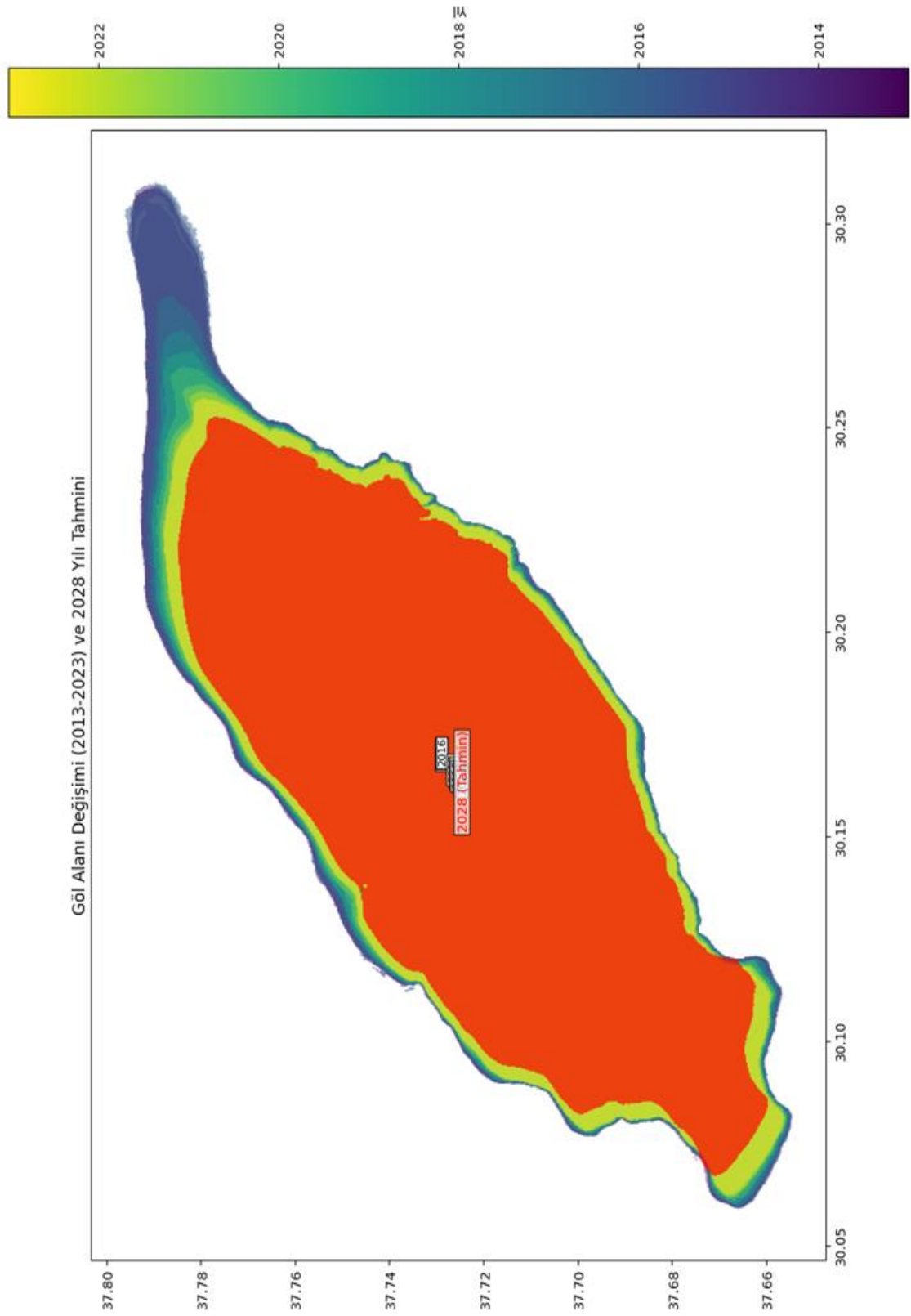
Şekil 4.1. Göl alanı değişimi ve 2028 yılı için tahmin edilen göl poligonu

Lineer regresyon modeli: $\text{Alan} = -2022709.09 \times \text{Yıl} + 4208927645.45$

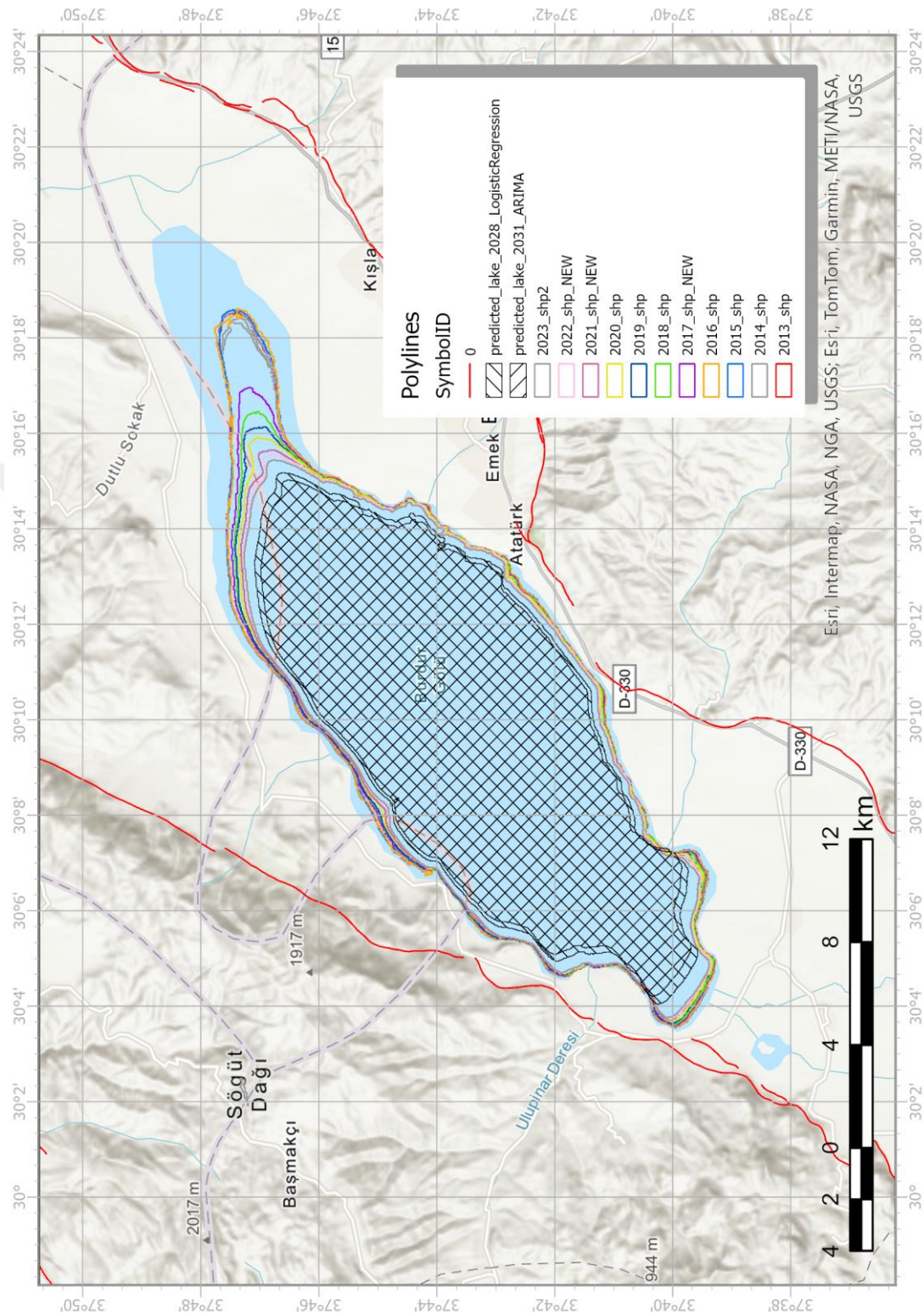
R² değeri: 0.9314

Göl her yıl ortalama 2022709.09 m² küçülmektedir.

Mevcut trend devam ederse, göl yaklaşık 2081 yılında tamamen kuruyabilir.



Şekil 4.2. Göl Alanı Değişimi (2013-2023) ve 2028 Yılı Tahmini



Şekil 4.3. Yıllara göre göl alanının ölçekli sonuç ve tahmin görüntüsü

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Burdur Gölü ve çevresinde 2013-2023 yılları arasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin tespiti ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunulması amacıyla geliştirilen otomatik analiz algoritmasının (Ek-1'de) performansı ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Çalışmanın başlangıcından itibaren, uzaktan algılama teknolojilerinin sunduğu imkânlardan en üst düzeyde yararlanmayı ve geleneksel yaklaşımların ötesine geçerek, denizler ve göller gibi su kütlelerinin analizinde daha yenilikçi yöntemler uygulama hedeflenmiştir. Sucul alanların değişimleri daha hızlı, ekonomik ve güvenilir biçimde ortaya koymaya odaklanılmıştır.

Kıyı çizgisi değişimlerinin zamansal ve mekânsal örüntülerini ortaya çıkarmak için, 2013 ve 2023 yılları dahil olmak üzere on bir farklı yılın Landsat 8 uydu görüntüleri kullanıldı. Bu yaklaşım, gölün morfolojik evrimini anlamamda önemli bir avantaj sağladı. Ancak, analiz sürecinde karşılaştığım en büyük zorluklardan biri, kullanılan uydu görüntülerinin farklı mekânsal çözünürlüklere sahip olmasıydı. Landsat 8 görüntüsünün sahip olduğu 30m piksel boyutu 900m2'lik yersel alana karşılık gelmektedir. Bu durum 1 piksellik değişimin bile değişim tespitinde önemli bir değişim alanına karşılık geldiğini göstermektedir.

Çalışmada, kullanılan görüntülerin mekânsal çözünürlüğü daha yüksek olsaydı piksel boyutundan kaynaklı belirsizlikler daha az olacaktı. Ancak bu durumda farklı mekânsal çözünürlüklere sahip farklı tarihli görüntülerin sonuca taşıyacağı farklı belirsizlik değerleri olacaktır. Geliştirilen kestirim algoritması, yalnızca uydu görüntülerinden elde edilen analizlerine dayanmaktadır; hidrolojik, klimatolojik ve antropojenik faktörler ise bu modelin dışında tutulmuştur. Sahaya ilişkin geçmiş döneme ait yağış, yeraltı ve yüzey akış rejimleri, sıcaklık ve buharlaşma ölçümleri ile antropojenik etkilerin de değerlendirmeye katıldığı bir yöntem uygulanmış olsaydı kestirim modelinden daha gerçekçi bir yaklaşım üretilebilirdi. Özellikle, gölün alanındaki değişimlerin iklimsel mi, insan kaynaklı mı yoksa her ikisinin birleşimi mi olduğu sorusu, mevcut veri ve analiz yöntemleriyle tam olarak yanıtlanamadı. Meteorolojik koşullar, göle su taşıyan akarsuların rejimleri, tarımsal sulama ve yeraltı suyu kullanımı gibi çok sayıda faktörün göl üzerindeki etkisini bütüncül bir şekilde değerlendirmek, uzun süreli ve sürekli veri gerektiriyor. Ancak bahsi geçen verilerin geçmiş tarihlere ait değerlerini ve ölçümlerini bulmak dünyanın herhangi bir yerinde uygulanacak benzer projeler için mümkün olmayacağından, bu çalışmada uygu görüntüleri yardımı ile yapılabilecek kestirim modeli baz alınmıştır.

Veri toplama aşamasında, ideal olarak bulutsuz ve yılın aynı dönemine ait görüntülerin analizlerde girdi olarak kullanılması, kıyı çizgisi çıkarımı için daha uygundur. Ancak, veri elde etmek pratikte bu her zaman mümkün olmamaktadır. Farklı aylara veya mevsimlere ait görüntülerin kullanılması, göl seviyesindeki doğal mevsimsel dalgalanmaların uzun vadeli değişim trendlerinden ayırt edilmesini zorlaştırmaktadır. Eğer daha sık ve düzenli aralıklarla, örneğin her mevsim veya ay için tutarlı veri elde edilebilseydi, mevsimsel etkiler daha iyi ayrıştırılabilir ve uzun vadeli iklimsel ya da antropojenik değişimler daha yüksek doğrulukla belirlenebilirdi. Ancak mevcut veri kısıtlamalarına rağmen, kullanılan yöntemlerden elde edilen

sonuçlar, Burdur Gölü'ndeki son 11 yıldaki genel değişim eğilimlerini ve mekânsal örüntülerini ortaya koymak açısından önemli bilgiler sundu.

Çalışmamda, Landsat 8 ile birlikte farklı sensörlerden (ASTER, Sentinel-2 gibi) elde edilen verileri entegre etmeyi de hedefledim. Ancak, bu sensörlerin sahip olduğu farklı mekânsal çözünürlükler, analizlerde dikkat edilmesi gereken bir unsur olarak karşıma çıktı. Farklı zamanlara ve sensörlere ait görüntülerin geometrik olarak doğru bir şekilde çakıştırılması (rektifikasyon/kayıt), özellikle göl kıyı çizgisi gibi dinamik sınırlarda, analizlerin doğruluğu açısından kritik öneme sahipti. Görüntü kaydındaki hatalar, kıyı çizgisi değişimlerinin yanlış yorumlanmasına yol açabilirdi o yüzden Landsat 8 uydu görüntülerine yoğunlaşarak çalışmamı derinleştirdi. Bu çalışmamın tutarlı bir sonuç vermesini sağladı bir yanda da diğer uydularında görüntülerinin analizlerdeki doğruluğu saptırmamasını ve kesin sonuçlar vermesini sağladı.

Gelecek kıyı çizgisi tahminlerinde, mekânsal belirsizliği sistematik olarak dikkate alınmıştır. Tahmin edilen kıyı çizgisi etrafında, modelin öngörü hatalarını ve veri kaynaklı sapmaları yansıtabilecek şekilde değişken genişlikte tampon bölgeler oluşturulmuştur. Bu tampon bölgeler, hem modelin tahmin hassasiyetini hem de uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüğünden kaynaklanan belirsizlikleri yansıtabilecek biçimde dinamik olarak belirlenmiştir. Geliştirilen algoritmada, on bir yıllık uydu görüntüsü veri seti üzerinden, tahmin doğruluğunu optimize etmek amacıyla “Doğru Tahmin = Kullanılan Veri Seti / 2” formülünü esas alınmıştır. Bu yaklaşım, modelin geçmiş verilerden öğrendiği örüntüleri, gelecek beş yıl için kıyı çizgisi tahminlerine yansıtabileceğini sağladı. Algoritmanın performansını test ettiğimde, 2028 yılına kadar olan tahminlerde yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir; ancak, tahmin ufku uzadıkça, yani 2028 sonrası yıllar için, 2030, 2032 ve sonrası için modelin öngörü kapasitesinde 2028 yılında %95 olan güvenilirlikte belirgin bir azalma ve tahminlerde artan bir belirsizlik gözlemlenmiştir. Bu durum, zaman serisi analizlerinde sıkça karşılaşılan, modelin uzun vadeli projeksiyonlarda birikimli hata ve dışsal faktörlere duyarlılığının artmasından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, algoritmanın daha uzun vadeli ve güvenilir tahminler üretebilmesi için, hem daha fazla yıllık veriyle beslenmesi hem de regresyon dışı, daha karmaşık makine öğrenmesi veya derin öğrenme tabanlı yöntemlerle desteklenmesi gerekmektedir. Böylece, kıyı çizgisi değişimlerinin gelecekteki dinamikleri daha hassas ve düşük belirsizlikle öngörülebilecektir.

Regresyon analizi sonuçları, göl kıyı kenarındaki değişimlerin çevresel etkileriyle birlikte değerlendirilmiştir. Beklenen değişimlerin, tarım arazileri, ekosistem dengesi ve yerleşim alanları üzerindeki olası etkileri, bölgesel çevre yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle göl alanındaki azalma, bölgedeki biyolojik çeşitlilik, su kuşları popülasyonu ve yerel iklim üzerinde olumsuz etkiler yaratma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, elde edilen bulgular, hem çevresel izleme hem de koruma stratejilerinin geliştirilmesinde yol gösterici olacaktır.

Bu çalışmada Landsat 8 uydu görüntülerinden faydalanılmış ancak Aster, Sentinel-2 ve hava fotoğrafları gibi farklı uydu sensörlerinden elde edilen verilerin de analiz sürecine dahil edilmesinin önemli katkılar sağlayacaktır. Farklı uydu platformlarının sunduğu çeşitli mekânsal, zamansal ve spektral çözünürlükler, hem veri çeşitliliğini artırmakta hem de elde edilen analiz sonuçlarının doğruluk ve

güvenilirliğini önemli ölçüde yükseltmektedir. Farklı uydu platformlarının sunduğu çeşitli mekânsal, zamansal ve spektral çözünürlükler, hem veri çeşitliliğini artırmakta hem de analizlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini yükseltmektedir. Özellikle Sentinel-2'nin yüksek mekânsal çözünürlüğü ve sık geçiş aralığı ile Aster'in termal bantları ve detaylı spektral özellikleri, göl alanındaki değişimlerin daha hassas ve kapsamlı bir şekilde izlenmesine olanak tanıyabilir. Bu tür çoklu veri kaynaklarının birlikte kullanılması, hem mevsimsel hem de yıllık bazda daha ayrıntılı analizler yapılmasını mümkün kılacak; ayrıca, farklı sensörlerden elde edilen verilerin karşılaştırılması ve bütünleştirilmesiyle modelleme çalışmalarının güvenilirliği de artacaktır. Dolayısıyla, ilerleyen dönemlerde Burdur Gölü ve benzeri sucul ekosistemlerde yapılacak çalışmalarda, Aster ve Sentinel gibi uydu görüntülerinin de değerlendirilmesi, hem veri tabanının zenginleştirilmesi hem de elde edilen bulguların bilimsel geçerliliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Burdur Gölünün değişiminin yalnızca mevcut iklimsel ve antropojenik baskılarla sınırlı olmadığı, aynı zamanda geleceğe yönelik iklim projeksiyonlarıyla da doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Özellikle RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 ve RCP 8.5 gibi farklı sera gazı emisyon senaryoları, gölün su dengesi ve ekosistem dinamikleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. En iyimser senaryo olan RCP 2.6 kapsamında, sera gazı emisyonlarının ciddi biçimde azaltılması durumunda, Burdur Gölü havzasında sıcaklık artışları ve buharlaşma daha sınırlı düzeyde gerçekleşebilir. Bu durum, göl alanının küçülme hızını yavaşlatabilir. Ancak, RCP 4.5 ve RCP 6.0 gibi daha olumsuz senaryolarda, sıcaklıkların artması ve yağış düzeninin bozulması gölü daha da kötü etkileyerek alan kaybının devam etmesine yol açabilir.

En olumsuz tabloyu çizen RCP 8.5 senaryosu ise, sera emisyon kontrollerinin sade biçimde artmaya devam ettiği bir geleceğe işaret etmektedir. Bu senaryoda, Burdur Gölü havzasında aşırı sıcaklık artışları, şiddetli kuraklıklar ve yağış rejiminde şiddetli bozulmalar görülmektedir. Bu koşullar altında, gölün yüzeyindeki azalma çok daha hızlı gerçekleşebilir ve sızıntının tamamen kuruması ile daha erken bir döneme çekilebilir. Sonuç olarak, Burdur Gölü'nün sürdürülebilirliği, yalnızca mevcut azalma eğilimi değil, aynı zamanda küresel ve bölgesel ölçekte izlenecek iklim politikalarına ve sera emisyonlarının kontrol altına alınmasına bağlıdır. Bu nedenle, çalışmada ortaya konulan alternatifler, gölün korunması ve yönetimi için iklim değişikliğine uyum ve emisyon azaltımına yönelik bütüncül yöntemin geliştirilmesinin gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan uzaktan algılama verileri ve otomatik analiz teknikleri, Burdur Gölü ve çevresindeki değişimlerin izlenmesi ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunulması açısından önemli bir bilimsel temel sunmaktadır. Tüm kısıtlılıklara ve belirsizliklere rağmen, %95 üzeri güvenilirlikle elde edilen sonuçlar, göl ekosisteminin sürdürülebilir yönetimi ve korunması için geliştirilecek stratejilere katkı sağlayacak niteliktedir. Gelecekte, daha yüksek çözünürlüklü veriler ve gelişmiş analiz yöntemleriyle yapılacak çalışmaların, göl ve benzeri sucul ekosistemlerdeki değişimlerin daha hassas ve kapsamlı bir şekilde izlenmesine olanak sağlayacak niteliktedir. Bu çalışma, Burdur Gölü özelinde sunduğu bulgularla, ülkemizdeki diğer göl ve sucul alanların izlenmesi ve korunmasına yönelik çalışmalara da planlama ihtiyaçlarına yol gösterici olacaktır.

6. SONUÇ

Uzaktan algılama algoritmaları, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha hızlı, maliyet açısından avantajlı ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır. Bu nedenle, kıyı şeridinde zaman içinde gerçekleşen değişimlerin belirlenmesinde, pek çok bilimsel çalışmada uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri tercih edilmektedir. Bu tez çalışmasında, Burdur Gölü ve çevresinde 2013-2023 yılları arasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin tespiti ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunulması amacıyla uzaktan algılama teknikleri ve otomatik sayısal analiz yöntemleri bütüncül bir yaklaşımla uygulanmıştır. Çalışmanın temel motivasyonu, göl alanlarındaki yaşanan değişimlerin hızlı, güvenilir ve ekonomik bir şekilde izlenebilmesi ve bu değişimlerin nedenlerinin, sonuçlarının ve gelecekteki olası etkilerinin bilimsel olarak ortaya konulmasıdır.

Çalışmada ilk olarak, Burdur Gölü ve çevresine ait 2013-2023 yıllarını kapsayan Landsat 8 uydu görüntüleri temin edilmiştir. Bu görüntüler üzerinde gerçekleştirilen geometrik ve radyometrik düzeltmeler sayesinde, analizlerin doğruluğu ve güvenilirliği artırılmıştır. Ön işleme adımlarının ardından, destek vektör makineleri (SVM) tabanlı sınıflandırma algoritması kullanılarak göl ve çevresi ayrıştırılmıştır. Sınıflandırma işlemi, göl yüzey alanının ve kıyı şeridinin zamansal olarak hassas bir şekilde belirlenmesine olanak sağlamıştır.

Sınıflandırma ve indeksleme işlemlerinin ardından elde edilen raster veriler, vektör formata dönüştürülerek coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında detaylı analizlere tabi tutulmuştur. Bu yöntemle, gölün yıllar içindeki alan değişimleri ile kıyı çizgisindeki hareketler sayısal olarak haritalanmış ve zamansal değişimleri ayrıntılı biçimde ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, Burdur Gölü'nün su yüzey alanında son on yılda ciddi bir küçülme yaşandığını açıkça göstermektedir. 2013 yılında 134,5 km² olan göl yüzey alanı, 2019 yılında 124,3 km²'ye, 2023 yılında ise 117,7 km²'ye gerilemiştir. Bu süreçte göl, toplamda 16,8 km²'lik bir alan kaybına uğramış ve bu kayıp, gölün toplam yüzey alanının yaklaşık %12,4'üne karşılık gelmektedir.

Çalışmanın en önemli katkılarından biri, elde edilen zamansal veriler ışığında ileriye dönük kestirimlerin yapılmasıdır. Lineer regresyon temelli otomatik tahmin modeli aracılığıyla, göl alanındaki azalma eğilimi matematiksel olarak ortaya konmuş ve yapılan projeksiyonlar sonucunda, 2028 yılı itibarıyla göl yüzey alanının 106,8 km²'ye gerileyeceği öngörülmüştür. Mevcut azalma eğiliminin devam etmesi halinde, Burdur Gölü'nün yaklaşık 2081 yılında tamamen kuruyabileceği tahmin edilmektedir. Bu öngörü, göl ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından son derece kritik bir uyarı niteliği taşımaktadır. Çalışmada kullanılan uzaktan algılama ve otomatik analiz teknikleri, klasik ve geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha hızlı, ekonomik ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır. Uydu görüntülerinin çok zamanlı olarak analiz edilmesi, kıyı şeridinde meydana gelen değişikliklerin yüksek hassasiyetle tespit edilmesine olanak tanımıştır. Ayrıca, eşik değer belirleme ve değişim alanlarının sayısal olarak analiz edilmesi, çevresel izleme ve koruma stratejilerinin geliştirilmesinde etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemler sayesinde, gölün morfolojik değişimleri, su kaynaklarının azalması, iklim değişikliği, tarımsal sulama ve yeraltı suyu kullanımı gibi faktörlerin göl üzerindeki etkileri daha net bir şekilde ortaya konmuştur. Bulgular,

Burdur Gölü'nün yalnızca bölgesel ekosistem açısından değil, aynı zamanda su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, tarımsal faaliyetlerin planlanması ve çevresel koruma politikalarının oluşturulması açısından da kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Gölün alanındaki azalma, bölgedeki biyolojik çeşitlilik, su kuşları popülasyonu ve yerel iklim üzerinde olumsuz etkiler yaratma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, gölün korunması ve sürdürülebilir yönetimi için acil önlemlerin alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak, bu tez kapsamında elde edilen bulgular, uzaktan algılama ve otomatik analiz yöntemlerinin su alanlarındaki (deniz, göl vb.) değişimlerin izlenmesi ve etkin yönetimi açısından son derece önemli ve vazgeçilmez araçlar olduğunu açıkça göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, Burdur Gölü ve benzeri sucul ekosistemlerin korunması, sürdürülebilir yönetimi ve gelecek nesillere aktarılması için geliştirilecek stratejilere bilimsel bir temel sunmaktadır. Ayrıca, regresyon tabanlı kestirim modellerinin, çevresel değişimlerin gelecekteki etkilerinin öngörülmesinde ve politika yapıcıların karar süreçlerinde kullanılabilecek önemli bir araç olduğu vurgulanmıştır. Bu bağlamda, çalışmanın bulguları, hem bölgesel hem de ulusal ölçekte çevresel yönetim ve koruma politikalarının şekillendirilmesine katkı sağlayacaktır.

Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalarda, farklı uzaktan algılama veri setlerinin yanı sıra daha gelişmiş makine öğrenmesi algoritmalarının geliştirilip uygulanması, sulak alanlarda özellikle deniz ve göl gibi su kütlelerinde kıyı kenar çizgisi değişimlerinin çok daha hassas ve kapsamlı biçimde izlenmesine olanak tanıyacaktır. Ayrıca, iklim değişikliği, insan faaliyetleri ve su yönetimi politikalarının göl üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı olarak incelenmesi, sürdürülebilir çevre yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tezde Burdur Gölü'ne yönelik gerçekleştirilen analizler, ülkemizdeki diğer göl ve sucul ekosistemlerin izlenmesi ve korunmasına ilişkin çalışmalara da rehberlik edebilecek niteliktedir. Bu çalışma, Burdur Gölü kıyı kenar çizgisi değişimlerini gözlemlemek ve gelecekteki olası senaryoları kestirmek amacıyla regresyon analizinin önemine vurgu yapmaktadır. Elde edilen bulgular, bölgedeki çevresel yönetim stratejileri ve koruma planlarını şekillendirmek için kullanılabilir.

Sonuçların analizi ile birlikte, tahmin edilen kıyı kenar değişimlerinin ekosistem üzerindeki potansiyel etkileri değerlendirilir. Elde edilen bulguların, kıyı yönetimi ile çevresel koruma politikalarının oluşturulması ve iyileştirilmesi süreçlerine önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Açıkgöz, G. 2010. Yumurtalık Sulak Alan Sistemindeki Kıyı Değişimlerinin Uzaktan Ayrılması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Adana, 69 s.
- Alevkayalı, Ç., Atayeter, Y., Yayla, O., Bilgin, T. ve Akpınar, H. 2023. Burdur Gölü'nde uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri ve iklim ilişkisi: Zamansal-mekânsal eğilimler ve tahminler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 82: 37-50. <https://doi.org/10.17211/tcd.1287976>
- Ataol, M. 2010. Burdur Gölü Havzası için yeni bir su yönetim modeli. Basılmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ataol, M. 2010. Burdur Gölü'nde Seviye Değişimleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8(1): 77-92, Türkiye.
- Aydın, M. ve Uysal, M. 2013. Kıyı Çizgisi Değişiminin Uydu Görüntüleri Yardımıyla İzlenmesi: Sakarya-Karasu. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3): 24-32.
- Bayram, B., Acar, U., Şeker, D., Arı, A. 2008. Boğaz Üzerinde Bir Vaka Çalışmasıyla Kıyı Şeridi Uydurma İçin Yeni Bir Algoritma. *Journal of Coastal Research, Florida*.
- Beyhan, M., Şahin, Ş., Keskin, M.E., Harman, B.İ. 2007. Burdur Gölü Uzun Periyotlu Seviye Değişiminin Su Kalitesi ve Ağır Metaller Üzerindeki Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 173-179, Isparta.
- DSİ. 2016. Burdur Havzası Master Planı Nihai Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ. 2016a. Burdur Havzası Master Planı Nihai Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ. 2017. Burdur havzası master plan çalışması: Hidromark, DSİ Raporu, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara. <http://iklim.tarimorman.gov.tr/NewCBS/>, [Son Erişim Tarihi: 21.02.2021].
- Erol, O. 1971. Konya, Tuz Gölü, Burdur Havza'larındaki pluvial göllerin çekilme safhalarının jeomorfolojik delilleri. *Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 3-4: 13-52, Ankara.
- Fung, T. ve LeDrew, E. 1988. Çeşitli Doğruluk Endeksleri Kullanılarak Değişim Algılama için Optimum Eşik Seviyelerinin Belirlenmesi. *Fotogrametrik Mühendislik ve Uzaktan Algılama*, 54(10): 1449-1454.
- Gens, R. 2010. Kıyı şeritlerinin uzaktan algılanması: tespit, çıkarma ve izleme. *Uluslararası Uzaktan Algılama Dergisi*, 31(7): 1819-1836.
- Girgin, S., Kazancı, N. ve Dügel, M. 2004. On the Limnology of Deep and Saline Lake Burdur in Turkey. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 32(3): 189-200, Almanya.
- Gözükara, G. 2019. Eski göl tabanlarındaki zamansal ve mekansal değişimlerin toprak oluşumuna etkileri. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya, 180 s.

- Gözükara, G., Altunbaş, S., Sarı, M. 2019. Burdur Gölü'ndeki seviye değişimi sonucunda ortaya çıkan lakustrin materyalin zamansal ve mekansal değişimi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 386-396. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.556215>
- Gül, A., Yılmaztürk, A., Caran, Ş., Ünal, Y., Örucü, Ö.K., Berberoğlu, E. 2015. Burdur Gölü ve Çevresinde Ekosistem Üzerindeki Çevresel Etkiler ve Stratejik Mekansal Çözümler. *Uluslararası Burdur Depremi ve Çevre Sempozyumu, Burdur*.
- Kapdaşlı, S., Maktav, D., Sunar, F. 1997. Kıyı Mühendisliğinde Ölçüm Teknikleri ve Uzaktan Algılama Teknolojisi Gereksinimi. 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Bursa.
- Karakuş, C.B. 2009. Sivas ve Yakın Yöresi Arazi Kullanımı ve Çevre Yönetimi Planlaması. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sivas, 117 s.
- Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ. 2011. Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Uygulama Alanları. *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli*.
- Kaya, Ö.A., Kaplan, G. 2021. Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Burdur Gölü'ndeki Alansal Değişiminin Belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1): 1-12. <https://doi.org/10.21324/dacd.760805>
- Keskin, M.E., Taylan E.D., Aslanbaş, T. 2015. Eğirdir ve Burdur Gölleri su seviyelerinde olası azalma eğilimleri. 4. Su Yapıları Sempozyumu, ss. 489-499, Antalya.
- Li, R., Di, K. ve Ma, R. 2001. Kıyı Şeridi Haritalama Tekniklerinin Karşılaştırmalı Bir Çalışması. Kıyı Bölgesi Yönetimi için Bilgisayar Haritalama ve CBS Üzerine 4. Uluslararası Sempozyum, Halifax, Nova Scotia, Kanada, 18-20 Haziran 2001.
- MGM, 2015. Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara <http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>
- MGM, Güncel. Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi iklim istatistikleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURDUR>
- Oğuz, H. ve Tuğluer, M. 2022. Burdur Gölünün Son 50 Yıldaki Değişimi. 1. Uluslararası Bilimsel ve Akademik Araştırma Konferansı, Konya, Türkiye. https://www.researchgate.net/publication/366953799_Burdur_Golunun_Son_50_Yildaki_Degisimi
- Olgun, A. 2012. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemiyle Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pınarlık, M., İbiş, A., Selek, Z. 2023. İklim Değişikliği Etkisi Altında Burdur Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(1): 81-93. <https://doi.org/10.21923/jesd.1144586>

- Sabuncu, A. 2020. Burdur Gölü Kıyı Şeridindeki Değişimin Uzaktan Ayrılama ile Haritalanması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(4): 623-633. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.711653>
- San, B.T. 2002. Depremin neden olduğu değişimlerin, uzay ve hava fotoğraflarının tespit edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 146 s.
- San, B.T. 2008, Hyperspectral image processing of EO-1 hyperion data for lithological and mineralogical mapping, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 162 s.
- San, B.T., 2014. An evaluation of SVM using polygon-based random sampling in landslide susceptibility mapping: The Candir catchment area(western Antalya, Turkey). Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.09.010>
- San, B. T. and Uluşar, Ü. D., (2018). An approach for prediction of shoreline with spatial uncertainty mapping (SLiP-SUM). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol.73, 546-554.
- Sanver, İ.S. 2008. Kentsel Yayılmasının Çevreye Etkilerinin Uzaktan Algılama Yöntemiyle Belirlenmesi Ölüdeniz (Fethiye). Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 96 s.
- SYGM. 2019. Burdur Havzası Nehir Havzası Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Kapsam Belirleme Raporu. Ankara: TC Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. https://burdur-havzasi-nehir-havza-yonetim-planı-hazirlanması-projesi_-stratejik-ced-taslak-kapsam-belirleme-raporu_20191202104405.pdf#page=107.11
- Şener, E., Davraz, A., İsmailov, T. 2005. Burdur Gölü seviye değişimlerinin çok zamanlı uydu verileri ile kaydedilmesi. Türkiye Kuvatları Sempozyumu, ss. 148-156, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. Kıyı Kanunun Uygulanmasına Dair Yönetmelik. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=4897&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Tudryn, A., Tucholka, P., Özgür, N., Gibert, E., Elitok, Ö., Kamaci, Z., Massault, M., Poisson, A. ve Platevoet, B. 2013. A 2300-year record of environmental change from SW Anatolia, Lake Burdur, Turkey. Journal of Paleolimnology, 49: 647-662, Hollanda. <https://doi.org/10.1007/S10933-013-9682-1>
- Yomralıoğlu, T. 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. İber Ofset, 3. Baskı, Trabzon.

8. EKLER

Ek-1 Kullanılan Yazılım ve Kodlar ile Uygulama Şekli

```
# Gerekli kütüphaneleri yükleme

# pip install geopandas scikit-learn shapely -q


import geopandas as gpd

import pandas as pd

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

from sklearn.linear_model import LinearRegression

from shapely.affinity import scale

from google.colab import files

import re

import os

from IPython.display import display, clear_output


# Kullanıcıdan kaç yıl sonrası için tahmin yapılacağını sor

prediction_years = int(input("Kaç yıl sonrası için tahmin yapmak istiyorsunuz?
(Varsayılan: 5): ") or "5")


# Dosyaları sırayla yüklemek için

file_year_pairs = []

expected_years = list(range(2013, 2024)) # 2013'ten 2023'e kadar

uploaded_files = {}


print("Lütfen göl poligonlarını içeren GeoJSON dosyalarını sırayla yükleyin.")
```

```
print(f'Beklenen yıllar: {expected_years}")

for expected_year in expected_years:

    print(f"\n{expected_year} yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:")

    # Dosyayı yükle

    new_files = files.upload()

    # Yüklenen dosyaları mevcut dosyalara ekle
    uploaded_files.update(new_files)

    # Yeni yüklenen dosyaları işle
    for fname in new_files.keys():

        # Dosya adından yılı çıkar

        year_match = re.search(r'\d{4}', fname)

        if year_match:

            year = int(year_match.group())

            file_year_pairs.append((year, fname))

            print(f"✓ '{fname}' dosyası {year} yılı için yüklendi.")

        else:

            print(f"⚠ Uyarı: '{fname}' dosyasında yıl bilgisi bulunamadı.")

    # Kaç dosya yüklendiğini göster

    print(f"Toplam {len(file_year_pairs)}/{len(expected_years)} dosya yüklendi.")
```

```
# Kullanıcıya devam etmek isteyip istemediğini sor

if len(file_year_pairs) < len(expected_years):

    continue_upload = input(f"Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e):
    ").lower() or "e"

    if continue_upload != "e":

        break


# Yıla göre sırala

file_year_pairs.sort()

if not file_year_pairs:

    raise ValueError("İşlenebilecek dosya bulunamadı. Lütfen dosya adlarında yıl bilgisi
    olduğundan emin olun.")

sorted_years, sorted_files = zip(*file_year_pairs)


print(f"\nYüklenen dosyalar yıllara göre sıralandı: {sorted_years}")


# İlk dosyayı oku

gdf_first = gpd.read_file(sorted_files[0])


# Projeksiyon için daha güvenilir bir yaklaşım

if gdf_first.crs and gdf_first.crs.is_projected:

    # Zaten projeksiyon sistemindeyse, o sistemi kullan

    utm_crs = gdf_first.crs

    print(f"Veriler zaten projeksiyon sisteminde: {utm_crs}")

else:

    # Değilse, merkez noktaya göre uygun UTM bölgesini belirle
```

```
# Önce WGS84'e dönüştür (eğer CRS tanımlı değilse)

if not gdf_first.crs:
    gdf_first = gdf_first.set_crs("EPSG:4326", allow_override=True)

# Merkez noktayı hesapla

bounds = gdf_first.total_bounds

center_lon = (bounds[0] + bounds[2]) / 2

center_lat = (bounds[1] + bounds[3]) / 2

# UTM zone hesapla

utm_zone = int((center_lon + 180) / 6) + 1

hemisphere = 'north' if center_lat >= 0 else 'south'

# UTM CRS oluştur

utm_crs = f"+proj=utm +zone={utm_zone} +{hemisphere} +datum=WGS84\n+units=m +no_defs"

print(f'Hesaplamalar için kullanılacak projeksiyon: UTM Zone {utm_zone}\n{hemisphere.capitalize()}')

print(f'CRS: {utm_crs}')

# Tüm yıllar için alanları hesapla

areas = []

geometries = []

for year, fname in zip(sorted_years, sorted_files):
    gdf = gpd.read_file(fname)
```



```
# Eğer CRS tanımlı değilse, WGS84 olarak varsay
if not gdf.crs:
    gdf = gdf.set_crs("EPSG:4326", allow_override=True)

# Projeksiyon sistemine dönüştür
gdf = gdf.to_crs(utm_crs)

# Tüm poligonları birleştir
union_geom = gdf.geometry.unary_union
area = union_geom.area

areas.append(area)
geometries.append(union_geom)

print(f'{year} yılı için göl alanı: {area:.2f} m²')

# Regresyon modeli oluştur
df = pd.DataFrame({'year': sorted_years, 'area': areas})
X = df[['year']]
y = df['area']

model = LinearRegression()
model.fit(X, y)

# Gelecekteki yılı hesapla
```

```
last_year = sorted_years[-1]

future_year = last_year + prediction_years

predicted_area = model.predict([[future_year]])[0]

# Negatif alan olamayacağı için kontrol
predicted_area = max(predicted_area, 0)

print(f"\n{future_year} yılı için tahmin edilen göl alanı: {predicted_area:.2f} m²")

# En son geometriyi al ve ölçeklendir
latest_geom = geometries[-1]
current_area = areas[-1]

# Ölçeklendirme faktörünü hesapla (alan oranının karekökü)
if current_area > 0:
    scale_factor = np.sqrt(predicted_area / current_area)
else:
    scale_factor = 1.0 # Eğer mevcut alan sıfırsa ölçeklendirme yapma

print(f"Ölçeklendirme faktörü: {scale_factor:.4f}")

# Geometriyi merkez etrafında ölçeklendir
scaled_geom = scale(latest_geom, xfact=scale_factor, yfact=scale_factor,
origin='centroid')

# Tahmin edilen geometriyi GeoDataFrame olarak oluştur
```

```
predicted_gdf = gpd.GeoDataFrame({'year': [future_year], 'geometry': [scaled_geom]},  
crs=utm_crs)
```

```
predicted_gdf = predicted_gdf.to_crs("EPSG:4326") # WGS84'e dönüştür
```

```
# Görselleştirme
```

```
fig, ax = plt.subplots(figsize=(12, 8))
```

```
# Geçmiş yılları çiz
```

```
colors = plt.cm.viridis(np.linspace(0, 0.8, len(sorted_years)))
```

```
for i, (year, geom, color) in enumerate(zip(sorted_years, geometries, colors)):
```

```
    gdf_temp = gpd.GeoDataFrame({'geometry': [geom]}, crs=utm_crs)
```

```
    gdf_temp = gdf_temp.to_crs("EPSG:4326")
```

```
    gdf_temp.plot(ax=ax, color=color, alpha=0.5, label=f"{year}")
```

```
# Tahmin edilen yılı çiz
```

```
predicted_gdf.plot(ax=ax, color='red', alpha=0.7, label=f"{future_year} (Tahmin)")
```

```
plt.title(f"Göl Alanı Değişimi ve {future_year} Yılı Tahmini")
```

```
plt.legend(loc='upper left', bbox_to_anchor=(1, 1))
```

```
plt.tight_layout()
```

```
plt.show()
```

```
# Tahmin dosyasını kaydet
```

```
output_filename = f"predicted_lake_{future_year}.geojson"
```

```
predicted_gdf.to_file(output_filename, driver='GeoJSON')
```

```
print(f"\n{future_year} yılı için tahmin edilen göl poligonu '{output_filename}' olarak  
kaydedildi.")
```

```
# Dosyayı indir

files.download(output_filename)


# Alan değişimini grafikte göster

plt.figure(figsize=(10, 6))

plt.scatter(sorted_years, areas, color='blue', label='Gerçek Veriler')

plt.plot(sorted_years, model.predict(X), color='green', label='Trend Çizgisi')

plt.scatter([future_year], [predicted_area], color='red', label=f'{future_year} Tahmini')


# Trend çizgisini geleceğe uzat

future_years = list(range(min(sorted_years), future_year + 1))

future_X = pd.DataFrame({'year': future_years})

plt.plot(future_years, model.predict(future_X), 'g--', alpha=0.3)


plt.title('Göl Alanı Değişimi ve Gelecek Tahmini')

plt.xlabel('Yıl')

plt.ylabel('Alan (m²)')

plt.grid(True, alpha=0.3)

plt.legend()

plt.tight_layout()

plt.show()


# Modelin katsayılarını göster

slope = model.coef_[0]

intercept = model.intercept_
```

```
r_squared = model.score(X, y)
```

```
print(f"\nLineer regresyon modeli: Alan = {slope:.2f} × Yıl + {intercept:.2f}")
```

```
print(f'R2 değeri: {r_squared:.4f}')
```

```
if slope < 0:
```

```
    print(f'Göl her yıl ortalama {abs(slope):.2f} m2 küçülmektedir.")
```

```
else:
```

```
    print(f'Göl her yıl ortalama {slope:.2f} m2 büyümektedir.")
```

```
# Eğer göl küçülüyorsa, tamamen yok olma tahminini hesapla
```

```
if slope < 0 and predicted_area > 0:
```

```
    years_to_disappear = int(-current_area / slope)
```

```
    disappear_year = last_year + years_to_disappear
```

```
    print(f'Mevcut trend devam ederse, göl yaklaşık {disappear_year} yılında tamamen kuruyabilir.")
```

```
# Tüm yılların ve tahminin bir arada gösterildiği harita
```

```
plt.figure(figsize=(14, 10))
```

```
ax = plt.subplot(111)
```

```
# Geçmiş yılları çiz
```

```
cmap = plt.cm.viridis
```

```
norm = plt.Normalize(min(sorted_years), max(sorted_years))
```

```
for i, (year, geom) in enumerate(zip(sorted_years, geometries)):
```

```
    gdf_temp = gpd.GeoDataFrame({'geometry': [geom]}, crs=utm_crs)
```

```
gdf_temp = gdf_temp.to_crs("EPSG:4326")

color = cmap(norm(year))

gdf_temp.plot(ax=ax, color=color, alpha=0.5)


# Yıl etiketini ekle

centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]

plt.text(centroid.x, centroid.y, str(year),

        fontsize=8, ha='center', va='center',

        bbox=dict(facecolor='white', alpha=0.7, pad=1))


# Tahmin edilen yılı çiz

predicted_gdf.plot(ax=ax, color='red', alpha=0.7)

centroid = predicted_gdf.geometry.centroid.iloc[0]

plt.text(centroid.x, centroid.y, str(future_year) + " (Tahmin)",

        fontsize=10, ha='center', va='center', color='red',

        bbox=dict(facecolor='white', alpha=0.7, pad=1))


# Renk çubuğu ekle

sm = plt.cm.ScalarMappable(cmap=cmap, norm=norm)

sm.set_array([])

cbar = plt.colorbar(sm, ax=ax, orientation='vertical', pad=0.01)

cbar.set_label('Yıl')


plt.title(f'Göl Alanı Değişimi (2013-2023) ve {future_year} Yılı Tahmini')

plt.tight_layout()

plt.show()
```

```
print("\nİşlem tamamlandı!")
```

Kaç yıl sonrası için tahmin yapmak istiyorsunuz? (Varsayılan: 5): 5

Lütfen göl poligonlarını içeren GeoJSON dosyalarını sırayla yükleyin.

Beklenen yıllar: [2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023]

2013 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2013_GEOJSON.geojson(n/a) - 86591 bytes, last modified: 16.04.2025 - 100% done

Saving 2013_GEOJSON.geojson to 2013_GEOJSON (1).geojson

✓ '2013_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2013 yılı için yüklendi.

Toplam 1/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2014 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2014_GEOJSON.geojson(n/a) - 99496 bytes, last modified: 16.04.2025 - 100% done

Saving 2014_GEOJSON.geojson to 2014_GEOJSON (1).geojson

✓ '2014_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2014 yılı için yüklendi.

Toplam 2/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2015 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2015_GEOJSON.geojson(n/a) - 89808 bytes, last modified: 16.04.2025 - 100% done

Saving 2015_GEOJSON.geojson to 2015_GEOJSON (1).geojson

✓ '2015_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2015 yılı için yüklendi.

Toplam 3/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2016 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2016_GEOJSON.geojson(n/a) - 95726 bytes, last modified: 16.04.2025 - 100% done

Saving 2016_GEOJSON.geojson to 2016_GEOJSON (1).geojson

✓ '2016_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2016 yılı için yüklendi.

Toplam 4/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2017 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2017_GEOJSON.geojson(n/a) - 81287 bytes, last modified: 17.04.2025 - 100% done

Saving 2017_GEOJSON.geojson to 2017_GEOJSON (1).geojson

✓ '2017_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2017 yılı için yüklendi.

Toplam 5/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2018 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2018_GEOJSON.geojson(n/a) - 81175 bytes, last modified: 16.04.2025 - 100% done

Saving 2018_GEOJSON.geojson to 2018_GEOJSON (1).geojson

✓ '2018_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2018 yılı için yüklendi.

Toplam 6/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2019 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2019_GEOJSON.geojson(n/a) - 78271 bytes, last modified: 16.04.2025 - 100% done

Saving 2019_GEOJSON.geojson to 2019_GEOJSON (1).geojson

✓ '2019_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2019 yılı için yüklendi.

Toplam 7/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2020 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2020_GEOJSON.geojson(n/a) - 79991 bytes, last modified: 16.04.2025 - 100% done

Saving 2020_GEOJSON.geojson to 2020_GEOJSON (1).geojson

✓ '2020_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2020 yılı için yüklendi.

Toplam 8/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2021 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2021_GEOJSON.geojson(n/a) - 80151 bytes, last modified: 17.04.2025 - 100% done

Saving 2021_GEOJSON.geojson to 2021_GEOJSON (1).geojson

✓ '2021_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2021 yılı için yüklendi.

Toplam 9/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2022 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2022_GEOJSON.geojson(n/a) - 77389 bytes, last modified: 17.04.2025 - 100% done

Saving 2022_GEOJSON.geojson to 2022_GEOJSON (1).geojson

✓ '2022_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2022 yılı için yüklendi.

Toplam 10/11 dosya yüklendi.

Devam etmek istiyor musunuz? (e/h, varsayılan: e): e

2023 yılına ait GeoJSON dosyasını yükleyin:

- 2023_GEOJSON.geojson(n/a) - 76765 bytes, last modified: 16.04.2025 - 100% done

Saving 2023_GEOJSON.geojson to 2023_GEOJSON (1).geojson

✓ '2023_GEOJSON (1).geojson' dosyası 2023 yılı için yüklendi.

Toplam 11/11 dosya yüklendi.

Yüklenen dosyalar yıllara göre sıralandı: (2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023)

Veriler zaten projeksiyon sisteminde: EPSG:32636

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:108: DeprecationWarning: The 'unary_union' attribute is deprecated, use the 'union_all()' method instead.

```
union_geom = gdf.geometry.unary_union
```

/usr/local/lib/python3.11/dist-packages/sklearn/utils/validation.py:2739: UserWarning: X does not have valid feature names, but LinearRegression was fitted with feature names

```
warnings.warn(
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:167: UserWarning: Legend does not support handles for PatchCollection instances.

See:

https://matplotlib.org/stable/tutorials/intermediate/legend_guide.html#implementing-a-custom-legend-handler

```
plt.legend(loc='upper left', bbox_to_anchor=(1, 1))
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:167: UserWarning: No artists with labels found to put in legend. Note that artists whose label start with an underscore are ignored when legend() is called with no argument.

```
plt.legend(loc='upper left', bbox_to_anchor=(1, 1))
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:231: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = gdf_temp.geometry.centroid.iloc[0]
```

<ipython-input-2-a1928c8146e0>:238: UserWarning: Geometry is in a geographic CRS. Results from 'centroid' are likely incorrect. Use 'GeoSeries.to_crs()' to re-project geometries to a projected CRS before this operation.

```
centroid = predicted_gdf.geometry.centroid.iloc[0]
```



ÖZGEÇMİŞ

Tolgahan YILDIRIM

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2022-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Kocaeli Üniversitesi
2007-2011	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kocaeli