

**GALA VE PAMUKLU GÖLLERİ SU YÜZEYİ DEĞİŞİM ALANLARININ
UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ VE
ÇEVRESEL ETKİLERİN İZLENMESİ¹**

*DETERMINATION OF WATER SURFACE CHANGE AREAS OF GALA AND
PAMUKLU LAKES BY REMOTE SENSING TECHNIQUES AND
MONITORING OF ENVIRONMENTAL EFFECTS*

Deniz BİTEK^{*}, Musa ULUDAĞ^{}, Ertuğrul Alper KURBAN^{***}**

*Geliş Tarihi: 06.05.2024
(Received)*

*Kabul Tarihi: 11.09.2024
(Accepted)*

ÖZ: Göl ekosistemlerinin doğal yaşam ile sosyo-ekonomik anlamda sürdürülebilir olabilmesi için göllerin ve çevresinin izlenmesi ve değişimlerinin saptanması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada Gala Gölü Milli parkı sınırları içinde yer alan, Gala ve Pamuklu gölleri yüzey alanlarında 1985-2022 yılları arasında meydana yüzeysel alan değişiminin ortaya çıkarılması ve bu değişim üzerinde etkili olan süreçlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gala ve Pamuklu göllerine ait Landsat uydu görüntüleri 1985-2022 yılları arasındaki dönemlerde her on yıl için temmuz ayları dikkate alınarak seçilmiştir. Landsat-5 TM ve Landsat-8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak sınıflandırmalar yapılmıştır. Sınıflandırmalarda Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI), kontrolsüz (IsoDATA) ve kontrollü sınıflandırma (Maximum Likelihood) yöntemleri ile göllerin çevresindeki arazi kullanımı değişiminin belirlenmesi için Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda göllerin yüzey alanlarının %40-60 oranında genişlediği tespit edilmiştir. Sınıflandırmalar için doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Genel Doğruluk, Kappa ve F-1 Score istatistik metrikleri kullanılarak yapılan doğruluk analizlerine göre en yüksek değere kontrollü sınıflandırma sonucunda ulaşılmıştır. Genel Doğruluk değerlerinin 0,95-0,96 arasında, Kappa istatistik değerlerinin ise 0,88-0,92 değerleri arasında, F-1 Score değerlerinin 0,93-0,94 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Kullanılan yöntemlerin su yüzey

¹Çalışma, Trakya Üniversitesi Rektörlüğü ile Tarım ve Orman Bakanlığı 1. Bölge Müdürlüğü arasında düzenlenen “Gala Gölü Milli Parkı’nın Saz Kesimi Alt Planı Hazırlanması Projesi” (2023-2025) kapsamında düzenlenmiştir. Çalışmanın bir kısmı, Enez Sempozyumu, Edirne, 07 – 09 Eylül 2023 tarihinde sözel bildiri olarak sunulmuştur.

* Yüksek Harita Mühendisi, Planlama ve Risk Azaltma Şubesi, denizbitek@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-9830-6897.

**Doç. Dr., Trakya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, muludag@trakya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4395-3146.

*** Arş. Gör., Trakya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, ealperkurban@trakya.edu.tr, ORCID: 0009-0004-1519-3914.



OPEN ACCESS

© Copyright 2024 Bitek & Uludağ & Kurban

alanlarının tespitinde kullanılabilir olduğu, aynı zamanda göllerde meydana gelen değişimlerin daha çok su kullanım tercihlerinin bir sonucu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gala ve Pamuklu Gölleri, Uzaktan Algılama, Su Yüzeyi Alan Değişimi, Spektral İndeksler, Sınıflandırma

ABSTRACT: To ensure the sustainability of lake ecosystems in terms of natural life and socio-economics, it is crucial to monitor the lakes and their environments and to assess the changes they undergo. In this study, the aim was to reveal the changes in the surface area of Gala and Pamuklu lakes, which are located within the borders of Gala Lake National Park, between 1985 and 2022, and to identify the processes affecting these changes. Landsat satellite images of Gala and Pamuklu lakes were selected for each decade from 1985 to 2022, focusing on the month of July. Classifications were performed using Landsat-5 TM and Landsat-8 OLI satellite images. The Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), both uncontrolled (IsoDATA) and controlled (Maximum Likelihood) classification methods, and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were utilized to determine land use changes around the lakes. The results showed that the surface areas of the lakes expanded by 40-60%. Accuracy analyses were conducted and compared for the classifications. According to the accuracy analysis using Overall Accuracy, Kappa, and F-1 Score statistical metrics, the highest values were achieved through controlled classification. Overall Accuracy values ranged from 0.95 to 0.96, Kappa values ranged from 0.88 to 0.92, and F-1 Score values ranged from 0.93 to 0.94. It was determined that the methods used are effective for determining water surface areas, and that the changes observed in the lakes are largely attributed to water use preferences.

Key Words: Gala and Pamuklu Lakes, Remote Sensing, Water Surface Area Change, Spectral Indices, Classification

EXTENDED ABSTRACT

Wetlands are defined as all bodies of water, swamps, reed beds, and peatlands with depths not exceeding six meters during the ebb phase of tidal movements, whether natural or artificial, permanent or temporary, stagnant or flowing, and encompassing fresh, salty, or brackish water (Karakoç, 2017). Wetlands also serve as habitats for diverse plant and animal species. Unfortunately, they may attract economic opportunities due to increased recreational activities. Lake Gala is an alluvial embankment lake covered with reed beds, located approximately 10 km northwest of the Enez district boundary, in the lower basin of the Meriç Basin, and close to the mouth of the Meriç River. The lake consists of two parts, known as Gala Lake and Cotton Lake (Tokatlı & Gürbüz, 2014). Gala and Pamuklu lakes, which are separated by a road during the summer months in the floodplain north of the slopes of Mount Hisarlı, are generally referred to as "Gala Lake," with "Pamuklu" Lake in the east and "Gala" Lake in the west (Zal, 2006).

Nowadays, the development of GIS and particularly UA techniques has been intensively utilized in many different disciplines due to the broad perspective offered by multi-temporal observations and data. Satellite images for remote sensing purposes provide critical data in this regard. The Landsat satellite series, one of these satellites, has been collecting ground observation data for nearly 50 years, providing multi-band, medium spatial resolution observations (Hemati et al., 2021; Wulder et al., 2019). Today, RS and GIS techniques (Arefin et al., 2020; Günel & Özdemir, 2010; Gürbüz et al., 2018; Krois & Schulte, 2014; Susam, 2006; Tona et al., 2022), along with classical hydrological ecosystem-based studies (Kuru & Tezer, 2020), are employed to protect, monitor, and optimize the use of water resources under the best possible conditions. Temporal change analyses make it possible to detect changes in water surface areas (Çağlayan et al., 2020; Çakaroz et al., 2018; Kuru & Tezer,

2020). Numerous studies in the literature have focused on analyzing and interpreting the temporal changes in water surface areas of lakes—an essential component of wetlands—using different classification methods, spectral indices, and Landsat satellite images.

In this study, the temporal changes in the surface areas of Gala and Pamuklu lakes were determined using Landsat-5 and Landsat-8 satellite images, and the environmental factors contributing to these changes were analyzed. The MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) was utilized alongside both unsupervised and supervised classification methods to reveal the temporal changes in the lakes' surface areas. Change analyses were conducted in a GIS environment, and accuracy assessment error matrices were generated for the obtained data. Changes in the water surface areas of Gala and Pamuklu lakes between 1985 and 2022, as well as land use changes around the lakes, were determined using UA techniques. The study employed Landsat-5 TM imagery dated July 24, 1985; July 4, 1995; and July 31, 2005, and Landsat-8 OLI imagery dated July 27, 2015, and July 22, 2022. ArcGIS 10.8 software was used to process and analyze the obtained data. MNDWI, Unsupervised Classification (ISODATA - Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique), and Supervised Classification (Maximum Likelihood) methods were used to detect changes in the surface areas of Gala and Pamuklu lakes, while the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was employed to analyze land use changes around the lakes. Accuracy analysis involves statistically verifying whether the data obtained from classification are consistent. In remote sensing, the accuracy of classified images is assessed by checking whether the class label assigned to a pixel matches its actual class. The error matrix (confusion matrix) is commonly used to evaluate classification accuracy. The error matrix statistically reveals the accuracy of the classification and is analyzed using various metrics (Batur & Maktav, 2012; Özçalık et al., 2020). In this study, Overall Accuracy, Kappa, and F-1 Score metrics were used to assess the accuracy of the classifications.

The geological and geomorphological characteristics, land use, and climatic features of the catchment basin where the study area is located were also identified. The changes in the water surface areas of Gala and Pamuklu lakes between 1985 and 2022, as well as the changes in land cover/land use around the lakes, were analyzed. According to the findings, it was determined that the water surface areas of the lakes increased across all three methods used. This growth did not follow a linear pattern but exhibited an irregular character. In the study, the land use/land cover changes of Gala and Pamuklu lakes were determined using the NDVI index and images from 1985 and 2022. It was found that the areas of Gala and Pamuklu lakes within the Gala Lake National Park have expanded and that two new dam lakes have been formed around the lakes. Satellite images revealed that paddy agriculture has significantly increased around Gala and Pamuklu lakes, leading to a corresponding rise in water usage in the region.

In the study, the accuracy of the water surface areas obtained using three different methods was tested. Satellite images and all water surface areas derived from these methods were statistically compared by randomly assigning 200 control points. The statistical values obtained showed that the supervised classification method yielded the highest values across the three different metrics. In this classification method, the average overall accuracy was calculated as 0.9610, the kappa coefficient as 0.9130, and the F-1 Score as 0.94. The lowest statistical values were obtained from the unsupervised classification method. According to the metrics obtained, the study data and statistical values are consistent.

As a result of this study, it is evident that RS techniques can be effectively used to determine water surface areas. Based on land use changes, an ecological risk has emerged for the lake ecosystem due to the increase in paddy agriculture and the discharge of inorganic and organic waters from paddy fields into the lake area. Under natural conditions, a reduction in the surface area of the lakes would be expected; however, an increase of approximately 40-60% has occurred. This indicates significant human intervention in the ecological structure of the lakes. Water use practices in the Meriç floodplain, along with irrigation and drainage canals, dikes, roads constructed within the lake, and the

disruption of the natural water exchange between Gala and Pamuklu lakes and the Meriç River, are environmental factors contributing to this unnatural process in the lake areas.

1. GİRİŞ

Sulak alanlar, zengin bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanını oluşturan rekreasyonel faaliyetlerle birlikte ekonomik imkânların fazlalaştığı sahalardır. Sulak alanlar doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akışkan tatlı, tuzlu, acı denizlerdeki gel-git hareketlerinin çekilme aşamasında altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan tüm su, bataklık, sazlık ve turbiyeler olarak ifade edilmektedir (Karakoç, 2017). Özellikle 1960'lı yıllarda göçmen kuşların korunması ve sulak alanların uluslararası sözleşmelerle korunarak kuşların göç güzergâhlarının güvenli hale getirebilmesi için çalışmalar yapılmış ve bir dizi çalışmalar sonucunda 2 Şubat 1971 yılında İran'ın Hazar gölü kıyısındaki küçük bir kasaba olan Ramsar'da "Ramsar Sözleşmesi" oluşturulmuştur. Türkiye var olan sulak alanlarının korunması ve akılcı yöntemlerle sürdürülebilir kullanımının devam etmesi açısından 1971 yılında imzaya açılan ve 1993 yılında bakanlar kurulu kararı imzalanan Ramsar Sözleşmesine taraf olmuştur (Gülersoy, 2013). Türkiye'de Ramsar kriterlerine uygun sulak alan olan ve kuşların göç güzergâhında yer alan Gala Gölü; Meriç aşağı havzası bölgesinde ve Meriç nehrinin ağız kısmına yakın olan Enez ilçe sınırlarının yaklaşık olarak 10 km kuzeybatısında yer alan sazlıklarla kaplı alüvyal set gölüdür. Göl iki parçadan oluşmakta olup, Gala Gölü ile Pamuklu Gölü olarak isimlendirilmektedir (Tokatlı & Gürbüz, 2014). Hisarlı dağ eteklerinin kuzeyinde taşkın ovasında yaz aylarında bir eşik ile ayrılan Gala ve Pamuklu gölleri genel olarak "Gala Gölü" olarak anılmaktadır. Göllerden doğuda yer alan "Pamuklu" batıda yer alan ise "Gala" gölüdür (Zal, 2006). Gala ve Pamuklu gölleri ülkemizde A sınıfında sayılan sulak alanları ile birçok kuş ve balık türüne yaşam alanı oluşturan sahalardır. A sınıfı Ramsar kriterlerine sahip olan Gala ve Pamuklu Gölleri Milli park statüsüne 2005 yılında Resmî gazetede yayınlanan 2005/8547 sayılı bakanlar kurulu kararı ile dâhil edilmiştir (Resmî Gazete, 2005).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin giderek gelişmesi, çok zamanlı gözlemler ve verilere ait geniş bir perspektif sağlaması nedeniyle çok farklı disiplinlerde yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Uzaktan algılama amaçlı uydu görüntüleri bu doğrultuda önemli veriler sağlamaktadır. Bu uydulardan olan Landsat uydu serileri yaklaşık 50 yıldır yer gözlem verilerini toplamanın yanı sıra çok bantlı, orta mekânsal çözünürlükte gözlemler sağlamaktadır (Hemati vd., 2021; Wulder vd., 2019, 2022). Landsat uyduları iklim değişikliği etkenlerinin ve doğal afetlerin ortaya çıkarılması (DeVries vd., 2020; Fan vd., 2019; Hislop vd., 2018; Pour & Hashim, 2017; Zhao vd., 2017); ekosistemler ve arazi örtüsü değişimlerinin izlenmesi (Chen vd., 2023; Hansen & Loveland, 2012; Potapov vd., 2020), tarımsal ürün haritalaması ve su

kullanımı (Arekhi vd., 2019; Pareeth vd., 2019; Senay vd., 2016) gibi farklı disiplinlerdeki çalışmalarda kullanılmaktadır.

Su kaynaklarının planlanması, geliştirilip korunması noktasında göllerde yaşanan seviye değişimlerinin belirlenmesi, izlenmesi, takip edilmesi su yönetimi planlamasının doğru bir biçimde yapılmasında ve sürdürülebilir bir ekosistemin varlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde su kaynaklarının korunması, izlenmesi ve mümkün olan en iyi koşullarda değerlendirilmesi için klasik hidrolojik ekosistem tabanlı (Kuru ve Tezer, 2020) çalışmaların yanı sıra UA ve CBS (Arefin vd., 2020; Günel & Özdemir, 2010; Gürbüz vd., 2018; Krois & Schulte, 2014; Susam, 2006; Tona vd., 2022) tekniklerinden de yararlanılmaktadır.

Su yüzey alanlarında meydana gelen değişimleri, zamansal değişim analizleri ile saptamak mümkündür (Çağlayan vd., 2020; Çakaroz vd., 2018; Kuru & Tezer, 2020). Sulak alanların en önemli parçası olan göllerde meydana gelen su yüzey alanlarının zamana bağlı değişimlerinin, farklı sınıflandırma yöntemleri ve spektral indeksler kullanılarak analiz edilmesi ve yorumlanmasında Landsat uydu görüntüleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu doğrultuda literatürde çok sayıda çalışma yer almaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalara bakıldığında; Ataol (2010), Burdur gölündeki seviye değişimlerini incelemiş, gölün 1987-2010 yılları arasında sahip olduğu su miktarının $\frac{1}{4}$ oranında azalış gösterdiği ve göl seviyesinde 9,5 m alçalmanın olduğu sonucuna varmıştır. Bu durumun en temel sebebinin akarsuların taşıdığı suyun tarımsal amaçlarla plansız bir biçimde kullanılması olduğunu belirtmiştir. Taş & Akpınar (2021), çalışmalarında, Burdur Gölü havzası ve alt havzalarında uydu görüntüleri yardımıyla 1985-2021 yılları arasında yaz ve kış aylarında oluşan alansal değişimleri incelemişlerdir. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi teknolojileri kullanılarak elde edilen bulgulara göre Salda gölü dışındaki tüm göllerde su kaybı oranının %40 veya daha fazla olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Havza içinde yer alan Acıgöl'ün %80 oranında kurduğunu, Akgöl'ün ise tamamen kurduğunu tespit etmişlerdir. Yurteri & Kurttaş (2021), çalışmalarında, Seyfe Gölü'nde meydana gelen yüzey alanının zamansal değişimini UA ve CBS teknikleri ile incelemişlerdir. Çalışmalarında Landsat uydu görüntüleri kullanarak MNDWI su indeksi ile gölün yüzey alanındaki değişimleri tespit etmişlerdir. Elde ettikleri bulgulara göre göl yüzey alanında %93,78 oranında küçülme yaşandığı bulgusuna ulaşmışlardır. Bu durumun ortaya çıkmasına iklimsel etkilerin yanında yapay müdahalelerin de (sulama, drenaj kanalları, arazi kullanımı vb.) ciddi sonuçlar doğurduğunu belirtmişlerdir. Gülci vd. (2019), çalışmalarında Aslantaş Baraj Gölü'nde su yüzey alanının 1989-2017 yılları arasındaki değişimini Landsat uydu görüntüleri yardımıyla MNDWI indeksi kullanarak incelemişler farklı tarihlerde su yüzeyinin değişimlerinde orantısız olmayan bulgulara ulaşmışlardır. Su yüzey alanının bazı yıllarda azalış eğilimi bazı yıllarda ise artış eğilimi gösterdiğini tespit etmişlerdir. Sulak alanlarda meydana gelen değişimler

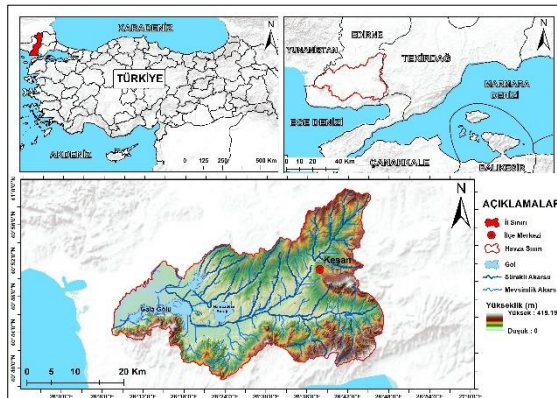
ile arazi kullanımının faaliyetlerinin göller üzerinde etkisinin incelenmesinde de uzaktan algılama teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır (Çelik vd., 2013; Çelik & Gülersoy, 2013; Gülersoy vd., 2017; Gülersoy & Çelik, 2017; Gürbüz vd., 2013). Bununla birlikte meydana gelen değişimlerin tespitinde farklı sınıflandırma yöntemlerinin (Ataol, 2010; Bozduman, 2019; Çağlayan vd., 2020; Çakaroz vd., 2018; Demiroğlu & Ernst, 2022; Dereli & Tercan, 2020; Kaçmaz & Döker, 2021; Karabulut, 2015; Karaca vd., 2022; Özçalık vd., 2020; Özvan vd., 2023; Sabuncu, 2020; Taş & Akpınar, 2021; Topçu & Atatanır, 2021; Valeyev vd., 2019; Xu vd., 2020; Yudha, 2023; Yue vd., 2021; Yurteri & Kurttaş, 2021; Zheng vd., 2016) kullanıldığı çalışmalarda yine literatürde görülmektedir.

Bu çalışmada Landsat-5 ve Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılarak Gala ve Pamuklu göllerinin yüzey alanlarının zamansal değişimi ortaya çıkarılmıştır. Bu değişime neden olan çevresel faktörler incelenmiştir. Göllerin yüzey alanlarında zamansal olarak meydana gelen değişimlerin ortaya çıkarılmasında MNDWI su indeksi, kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Değişim analizleri CBS ortamında belirlenmiş ve elde edilen verilerin doğruluk analizi hata matrisleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Edirne ili ülkemizin kuzeybatı ucunda konumlanmıştır. Marmara Bölgesi, Ergene Bölümü'nde yer alan çalışma alanı, Edirne ili güneyinde Enez, İpsala ve Keşan ilçe sınırları içerisinde yaklaşık 114.581,17 hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Gala Gölü yaklaşık olarak 556 ha ve Pamuklu Gölü ise ortalama 188 ha (0 metre kotta) olup toplam göl alanı 744 ha kadardır (Zal, 2006). Çalışmada yer alan Gala ve Pamuklu göllerine ait lokasyon haritası Şekil 1'de gösterilmiştir. Gala Gölü'nün ortalama derinliği 1-1,5 m, Pamuklu Gölü'nün ortalama derinliği ise yaklaşık olarak 0,75 m'dir. Göl genel olarak geniş sazlıklardan ve gölün güney tarafı



Hisarlı Dağı'nın eteklerindeki çam ağaçlarından oluşmaktadır (Şekil 2). Gala Gölü Milli Parkı, 511 bitki ve 532 hayvan türü olmak üzere toplam 1043 canlı türüne ev sahipliği yapar. Ayrıca kuşların göç güzergâhında olan Gala Gölü milli parkı kuş çeşitliliği açısından da önemli bir sulak alandır.

Şekil 1: Gala ve Pamuklu Gölleri havzası lokasyon haritası



Şekil 2: Büyük Gala Gölü
(Yazar özel arşivi, 2023)

Gala Gölü'nde 18 aylık gözlemleri ile 14 ordo ve 41 familyaya ait toplamda 134 kuş türü kaydedilmiştir (Kaya & Kurtonur, 2003). Gala gölünün göl aynası

içerisinde geniş sazlıklar sık bir örtü oluşturmaktadır. Gölün çevresinde ise yoğun çeltik tarımı yapılmaktadır. Ülkemizde üretilen toplam çeltik üretiminin %24'ü bu alandan karşılanmaktadır (Güher & Kırgız, 2007).

2.2. Veri Seti

Bu çalışmada Gala ve Pamuklu göllerinin yer aldığı su toplama havzasının fiziki özelliklerinin ortaya çıkarılmasında, türev haritaların oluşturulmasında ve değerlendirilmesinde 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Havzanın arazi kullanım haritasının oluşturulmasında Avrupa Çevre Ajansı tarafından ücretsiz olarak sunulan (Corine-2018) verilerinden faydalanılmıştır. Ayrıca Jeoloji haritası MTA Genel Müdürlüğüne sağlanan 1/100 000'lik altlık kullanılarak hazırlanmıştır. Elde edilen verilerin işlenmesinde ve analiz edilmesinde ArcGIS 10.8 yazılımı kullanılmıştır. Meteorolojik verilerin oluşturulmasında ise Edirne Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden temin edilen veriler kullanılmıştır.

Çalışmada Landast uydusuna ait iki farklı algılayıcı kullanılmıştır. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından tasarlanan Landsat uydu serileri orta mekânsal çözünürlükte olan, 30 m mekânsal çözünürlüklü, 16 günlük tekrar periyoduna ve 185 km tarama genişliğine sahiptir (Turoğlu, 2020). 1984-2013 yılları arasında görev yapan Landsat-5 TM uydusu, 30 m mekânsal çözünürlüklü 6 adet band ve 60 m çözünürlüğe sahip termal banda sahiptir (Chander & Markham, 2003; Novak & Soulakellis, 2000). 2013 yılında aktif çalışmaya başlayan Landsat-8 OLI uydusu, görünür bölgede 4 bant, yakın kızılötesi bölgede 1 bant (NIR), kısa dalga kızılötesi bölgede 2 bant (SWIR), 2 termal bant (TIRS), 1 SIRRUS bandı ve 1 pankromatik görüntü içermektedir (Howe vd., 2022; Roy vd., 2014; Schroeder vd., 2016). Landsat-5 TM ve Landsat-8 OLI uydularına ait özellikler Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Landsat-5 TM ve Landsat-8 OLI uydularının özellikleri

LANDSAT 8 OLI			LANDSAT 5 TM		
Spektral Bantlar	Dalgaboyu (nm)	Mekânsal Çözünürlük (m)	Spektral Bantlar	Dalgaboyu (nm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
1 (Kıyı/Aerosol)	0,43-0,45	30	1 (Mavi)	0,44- 0,51	30
2 (Mavi)	0,45-0,51	30	2 (Yeşil)	0,52- 0,60	30
3 (Yeşil)	0,53-0,59	30	3 (Kırmızı)	0,63- 0,69	30
4 (Kırmızı)	0,64-0,67	30	4 (Yakın Kıızıl Ötesi)	0,77- 0,89	30
5 (Yakın Kıızıl Ötesi)	0,85-0,88	30	5 (Kısa dalga Kıızılötesi-1)	1,55- 1,75	30
6 (Kısa Dalga Kıızılötesi-1)	1,57-1,65	30	6 (Termal Kıızılötesi)	10,31- 12,36	120
7 (Kısa Dalga Kıızılötesi-2)	2,11-2,29	30	7 (Kısa Dalga Kıızılötesi-2)	2,06- 2,35	30
8 (Pankromatik)	0,50-0,68	15			
9 (Bulut)	1,36-1,38	30			
10 (Termal Kıızılötesi) 1	10,6-11,19	100			
11 (Termal Kıızılötesi) 2	11,5-12,51	100			

2.3. Metot

Kullanılan Landsat uydu görüntüleri, ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından ücretsiz olarak temin edilmiştir. Kullanılan uydu görüntüleri on yıllık periyotlu ve bulutluluk oranı %10'dan küçük olacak şekilde seçilmiştir. Çalışma alanında, değişimleri doğru bir biçimde ifade edebilmek için seçilen görüntülerin yılın aynı periyodunda olmasına dikkat edilmiştir. Nitekim Landsat-5 TM algılayıcısına ait 24 Temmuz 1985, 4 Temmuz 1995, 31 Temmuz 2005; Landsat-8 OLI algılayıcısına ait 27 Temmuz 2015 ve 22 Temmuz 2022 tarihli görüntüler kullanılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Temin edilen uydu görüntülerinin, preprocessing (görüntü ön işleme) aşamaları QGIS yazılımındaki SCP (Semi Automatic Classification Plugin) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Görüntülere radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Sonrasında görüntülerin geometrik uygunlukları kontrol edilmiştir. Ön işleme aşamasından sonraki tüm analizler ve sınıflandırma işlemleri ArcGIS 10.8 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

1985-2022 yılları arasında Gala ve Pamuklu göllerinde meydana gelen su yüzeyi alansal değişimlerinin ve göllerin çevresindeki arazi kullanımını değişiminin UA teknikleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda üç farklı yöntem; Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI), Kontrolsüz Sınıflandırma (IsoData) ve Kontrollü Sınıflandırma (Maximum Likelihood) kullanılmıştır. Göllerin çevresindeki arazi kullanımına bağlı değişimlerin analizi için Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) kullanılmıştır.

2.3.1. Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI)

Göl, akarsu ve baraj gibi su yüzey alanlarının belirlenmesinde, su kütlelerinin diğer alanlardan ayrılmasını sağlamak için çeşitli indeksler geliştirilmiştir. Göl ve sulak alanlarının belirlenmesi temel alındığında NDWI, MNDWI gibi su indeksleri sıklıkla kullanılır. McFeeters (1996) ve Gao (1996) tarafından geliştirilen NDWI su indeksi yeşil ve yakın kızıl ötesi (NIR) bandı kullanılarak su yüzeyinin tespitinde kullanılır. Xu (2006), McFeeters (1996) geliştirdiği indeksi esas alarak Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI)'ni önermiştir. İndeks kullanımı ile, uydu görüntüleri ile suyun daha net biçimde ayrılması, bitki örtüsü ayrımının daha iyi yapılabilmesi, çıplak toprak etkisinin azalması gibi olumlu etkilerin görüldüğü belirlenmiştir (Gao, 1996; McFeeters, 1996; Özelkan & Karaman, 2018; Xu, 2006). Bu indekste yakın kızılötesi (NIR) bandı yerine yansıtma değeri daha yüksek olan kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) bandı kullanılmıştır. MNDWI su yüzeylerinin tespitinde yaygın olarak kullanılmakta ve etkili sonuçlar sunmaktadır (Özelkan & Karaman, 2018; Sabuncu, 2020; Yurteri & Kurttaş, 2021). MNDWI için piksel değerleri -1 ile +1 arasında değişen değerler almaktadır. Su yüzeylerinin belirlemede sıfır ve sıfırdan büyük olan pozitif piksel değerleri su alanlarını; sıfırdan küçük olan negatif değerler ise su olmayan (yerleşme, bitki örtüsü, toprak vb.) alanları oluşturacak şekilde iki sınıf olarak tanımlanmıştır (Özvan vd., 2023; Xu, 2006). 1985-2022 yılları arasında Gala ve Pamuklu göllerinde su yüzey alanlarının ortaya çıkarılmasında ve yorumlanmasında bu indeks değerleri kullanılmıştır. Bu indekse ait formülasyon Eşitlik 1'de (Xu, 2006) gösterilmiştir.

$$\text{MNDWI} = (\text{Yeşil Bant} - \text{SWIR}) / (\text{Yeşil Bant} + \text{SWIR}), \quad (\text{Eşitlik 1})$$

2.3.2. Kontrollü ve Kontrolsüz Sınıflandırma

Sınıflandırma işleminde benzer spektral özellik gösteren verilerin bir araya toplanarak kategorize edilmesi temeline dayanır (Batur & Maktav, 2012). Bir araya getirilen veriler, kullanıcı müdahalesi olmaksızın benzer spektral değerlere sahip pikseller otomatik ve tekrarlı olarak sınıflandırılıyorsa kontrolsüz, kullanıcı tarafından veri seti ile yardımıyla sınıflandırılıyorsa kontrollü sınıflandırma şeklinde açıklanır (Özçalık vd., 2020). ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) algoritması kontrolsüz sınıflandırmada sıklıkla tercih edilmektedir. ISODATA algoritmasında her bir veri kümesi için rastgele verilen değer, tekrarlı ve en kısa uzaklığı kullanarak kendine en yakın aday pikselin en yakın veri kümesine dahil edilmesi esasına dayanır. Bu değerler her iterasyonda istatistiksel olarak hesaplanarak en küçük değere kadar devam edilerek yapılır (Doğan & Yıldız, 2019; Kaşıkçı vd., 2020; Öztaş vd., 2023). Kontrollü sınıflandırmada, görüntünün hangi sınıflara ayrılacağı veya hangi sınıfların elde edilmek istendiği önceden belirlenir. Bu nedenle, görüntüden belirlenen sınıflara uygun denetim alanlarının seçilmesi gereklidir. Kontrol alanlarının doğru seçimi,

sınıflandırmanın doğruluğunu doğrudan etkileyen bir aşamadır (Doğan & Yıldız, 2019). Maximum Likelihood literatürde sıklıkla kullanılan kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Bu yöntem oluşturulacak sınıflar için eşlenik olasılık eğrilerinin tanımlanarak sınıflandırılan piksellerin olabilirliği en yüksek olan sınıfa atanması esasına dayanmaktadır (Sabuncu, 2020). Sınıflar için yeterli örneklem pikselinin bulunması durumunda her spektral sınıf için doğru tahmin edilmesine olanak tanır (Aydın & Durduran, 2021).

Çalışmada 1985-2022 yılları arasında meydana gelen su yüzey alanları değişimi için uydu görüntülerine ISODATA algoritması uygulanmıştır. Sınıflandırma kapsamında öncelikle 25 sınıf uygulanmış ve oluşan sınıflar su yüzeyi alanı ve diğer alanlar olmak üzere 2 sınıfa indirgenmiştir. Kontrollü sınıflandırma yönteminde Maximum Likelihood algoritması kullanılarak iki sınıf oluşturulmuş, sınıflar göl su yüzeyi alanı ve diğerleri olacak şekilde ayrılmıştır.

2.3.3. Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Arazi kullanımı ve arazi örtüsünün değerlendirilmesinde, bitki örtüsü sağlığının tespiti ve meydana gelen değişimlerin izlenebilmesi için NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) bitki indeksi kullanılmaktadır. Bu indeks değeri Rouse vd., (1974) tarafından geliştirilmiştir. NDVI indeksi Yakın Kırmızı Ötesi (NIR) ve Kırmızı (Red) spektral bölgelerde olan yansıtma ve soğurma özelliklerindeki değişimler ile bitkilerin fizyolojik durumlarındaki değişimler esas alınarak belirlenir (Ayele vd., 2018). NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişen değerler almaktadır. Bitki örtüsü yoğun olan alanlarda NDVI değerleri pozitif değerler alır ve değer +1'e yaklaşır. Negatif değerler ise bitki örtüsünün zayıf olduğu alanları, çıplak toprak alanlarını veya su alanlarını temsil eder (Arekhi vd., 2019; Gülersoy, 2013; Özvan vd., 2023). NDVI indeksi yakın kırmızı ötesi ve kırmızı bantlarını birbirine oranlanması ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 2, Rouse vd., 1974). Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimlerinin yorumlanmasında Tablo 2'de yer alan sınıflandırma kullanılmıştır (Gülci vd., 2019; Şekertekin vd., 2015 geliştirilerek düzenlenmiştir).

$$NDVI = (NIR - Kırmızı Bant) / (NIR + Kırmızı Bant) , (Eşitlik 2)$$

Tablo 2: NDVI değerleri ve açıklamaları

Arazi Örtüsü	NDVI Değerleri
Su	< 0
Sığ Su (Nemli Topraklar)	0,1 - 0,10
Çıplak Toprak (Kayalık, Çalılık)	0,10 - 0,30
Bitki Örtüsü (Seyrek Ağaç, Kısmi Sağlıklı Bitki Örtüsü, Kuru Tarım Alanları, Mera)	0,30- 0,50
Bitki Örtüsü (Tarım Bitkileri Ağırlıklı, Çeltik Sahaları, Sağlıklı Bitki Örtüsü)	> 0,50

2.3.4. Doğruluk Analizi

Doğruluk analizi; sınıflandırma sonucu elde edilen verilerin homojen olup olmadığına, seçilen referans veriler ile sınıflandırılmış görüntüler arasındaki uyumun istatistiksel olarak kontrol edilmesi temeline dayanır. Uzaktan algılamada sınıflandırılan görüntülerin doğruluğu, bir piksele atanan sınıf etiketinin gerçek sınıfı ile örtüşüp örtüşmediğinin kontrol edilmesidir. Sınıflandırma doğruluğunun test edilmesi için hata matrisi (confusion matrix) sıklıkla kullanılmaktadır. Hata matrisi istatistiksel olarak yapılan sınıflandırmanın doğruluğunu ortaya çıkarır ve hata matrisi yardımıyla çeşitli metrikler kullanılarak analiz edilir (Batur & Maktav, 2012; Özçalık vd., 2020). Bu metriklerden Genel Doğruluk (Overall Accuracy) her sınıfta doğru biçimde sınıflandırılan piksel sayısının toplam referans sayısına oranıdır. Kappa istatistik değeri 0 ve +1 arasında değişen değerler alır. Değerin 1'e yakın olması sınıflandırmanın güvenilirliğini göstermektedir. Kappa değerinin >0,8 olduğu durumlarda tam uyumluluk ortaya çıkmaktadır (Demirdağ Turan vd., 2021). F-1 Score metriği ise kesinlik ve duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasını ifade etmektedir. Bu metrik eşit dağılmayan veri kümelerinde hatalı bir seçimin önüne geçtiği için önemlidir (Güven, 2021). Çalışmada sınıflandırmaların doğruluğunun test edilmesinde Genel Doğruluk, Kappa ve F-1 Score metrikleri kullanılmıştır.

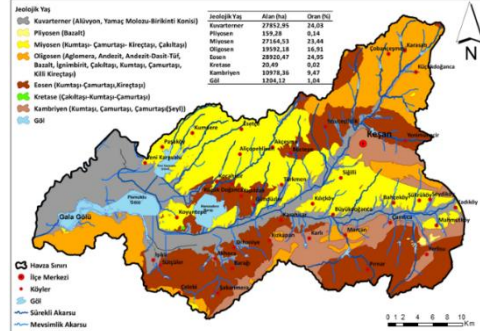
2.4. Fiziki Coğrafya Özellikleri

2.4.1. Jeoloji ve Jeomorfoloji

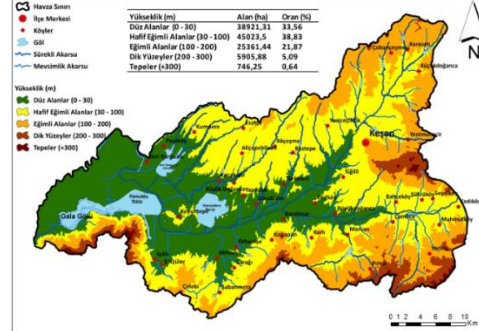
Bir bölgenin jeomorfolojik gelişiminde sahanın litolojik özellikleri önemli bir yer tutar. Göllerin oluşum ve gelişiminde ve zaman içerisinde sedimantasyon ile dolarak ömrünü tamamlaması göllerin havzası içerisindeki kayaçların dış süreçlere bağlı olarak aşınma şiddetine göre hızlanmakta veya yavaşlamaktadır. Gala ve Pamuklu gölleri küçük bir havza olduğu için iklime bağlı süreçlerinde çok büyük değişiklik gözlenmez. Ancak kayaçların sertliği, çatlaklı yapısı, gözenekliliği vb. gibi litolojik özellikleri belirleyici olmaktadır. Çalışma sahasındaki kayaçlar ele alındığında, gölleri sınırlayan Hisarlı ve Çandar dağları andezit, riyodasit, bazalt, ignimbrit, tuf ve aglomera gibi volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Volkanik birimlerin dışındaki alanlarda; kiltası, miltaşı, kumtaşı, çakıltası, çamurtaşı, linyit gibi Tersiyerin değişik dönemlerine ait birimler yer almaktadır. Çalışma sahasında geniş bir yer kaplayan diğer bir birim ise karasal kökenli alüvyonlardır. Alüvyonlar daha çok akarsu, taşkın ovalarında ve göllerin çevresindeki düz ve düze yakın alanlarda yayılım göstermektedir. Özellikle çalışma sahasının güneyinde yer alan Hisarlı ve Çandar dağlarını oluşturan litolojik yapı eğime bağlı olarak aşınmaya elverişli bir yapıdadır (Şekil 3).

Çalışma sahasının içerisinde yer aldığı su toplama havzası, farklı yükseltilere ait seviyelerden oluşmaktadır. Gala ve Pamuklu gölleri; kuzeydoğu, doğu ve güneyden çevrelenen plato yüzeyleri ve aşağı Meriç havzası taşkın ovası ile

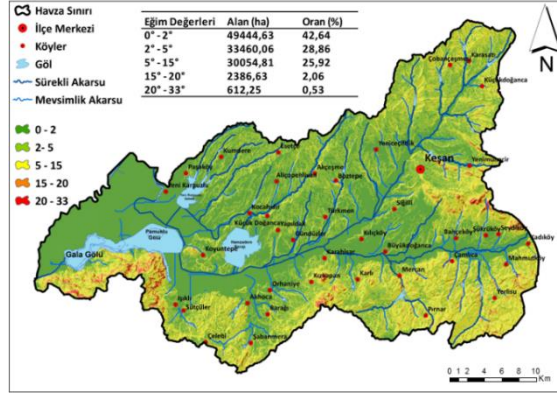
doğudan gelen Hamzadere ve kollarının eğim değerinin azaldığı alanlardaki taşkın ovasına karşılık gelmektedir. Gala ve Pamuklu gölü Meriç nehri aşağı havzasında yer almasına rağmen sahada yapılan sedde çalışmaları ve göllerin Meriç nehri ile olan bağlantısı yapay olarak kesildiği için göl alanlarının doğal çökeltme özellikleri Hamzadere ve kolları tarafından kontrol edilmektedir. Çalışma sahasında 0-30 m. arasındaki ovalık alanlar birikim sahasını oluştururken, 38921,31 ha. alana ve %33,56 orana, hafif eğimli alanlar 45023,50 ha ve %38,83 orana, eğimli alanlar 25361,44 ha. ve %21,87'lik orana, dik yüzeyler 5905,88 ha ve %5,09'lik orana, tepelik sahalara ise 746,25 ha. alan ve %0,64 oranında yer kaplayarak aşınım alanlarını oluşturmaktadır (Şekil 4, Şekil 5). Göllerin dolmasındaki en önemli parametrelerden bir tanesi akarsuların sediment taşımalarıdır. Eğim değerleri ve debi arttıkça akarsuların taşıdığı sediment miktarı da buna bağlı olarak doğru orantılı şekilde artar. Özellikle sel karakterli, dik ve bitki örtüsünden yoksun yamaçlarda sel karakterli mevsimlik akarsular göle bol miktarda sediment taşırlar. Gala ve Pamuklu göllerinin güney sınırlarını oluşturan Hisarlı Tepe eğim değerlerinin en yüksek değere ulaştığı alan olarak dikkati çekmektedir. Göllerin hemen güneyinde birdenbire yükselen bu volkanik kütle degredasyonel süreçlere bağlı olarak fiziksel parçalanmanın yoğun olduğu bir alandır. Bu durum göllere bol miktarda sediment taşımaya sebebiyet vermektedir (Şekil 4, Şekil 5). Göllerin doğu ve kuzeydoğu bölümünde yer alan alanların ise daha kademeli olarak eğim değerleri artmakta ve gölleri besleyen akarsuların boyları uzamaktadır. Göllerin güneyi dik yamaçlar ile sınırlandırılırken doğuya doğru eğim değerlerinin kademeli artmasının bir sonucu olarak kuzey ve doğu kıyıları ovalarla sınırlandırılmaktadır.



Şekil 3: Çalışma havzası jeoloji haritası



Şekil 4: Çalışma havzası yükseklik haritası



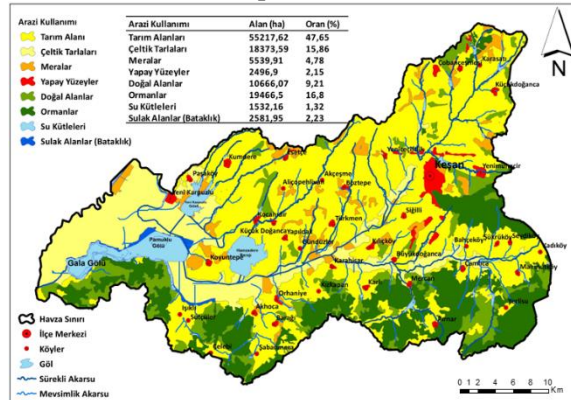
Şekil 5: Çalışma havzası eğim haritası

2.4.2. Arazi Kullanımı

Çalışma sahasının içerisinde yer aldığı su toplama havzasında ova ve plato düzlükleri çoğunlukla tarım alanı olarak kullanılırken, platoların eğim değerlerinin arttığı alanlarda ormanlık sahalar daha ön plana çıkmaktadır. Özellikle çalışma

sahasını güneyden sınırlayan Hisarlı ve Çandar dağlarının etekleri ormanlık alanlar ile kaplı iken gölün yakın çevresi ve gölün kuzey ve doğu kısımları ise yoğun tarımsal faaliyetin gerçekleştiği alanlardan oluşmaktadır. Sulanabilir alanlarda çeltik tarımı ön plana çıkarırken diğer alanlarda kuru tarımı temsil eden buğday ve ayçiçeği ekimi yapılmaktadır. Sahadaki arazi kullanımı çalışma konusunun amacı açısından değerlendirildiğinde işlenen tarım alanları yüzeysel akış ile akarsulara bol miktarda sediment taşınmasına neden olur. Bu açılarından değerlendirildiğinde göl alanlarının zaman içerisinde dolması, doğal sürecin hızlanmasına neden olur (Hoşgören, 2004).

Çalışma havzasında tarım alanları toplam alanın büyük bir kısmını kapsamaktadır. Tarım alanları 55217,62 ha lık alan ile %47,65'lik paya, çeltik tarımının yapıldığı alanlar 18373,59 ha ile %15,86'lık orana, meralar 5539,91 ha alan ile %4,78 paya sahiptir. Tarım alanlarından sonra en büyük paya sahip alanlar ormanlık ve doğal alanlar oluşturmaktadır. Bu alanlar 30132,57 ha alana sahip olmakla birlikte toplam alanın %26,01'lik kısmına karşılık gelmektedir. %2,15'lik orana sahip insan faaliyetlerinin yer aldığı alanlar (yerleşme, maden sahaları vb.) 2496,90 ha alanı kaplamaktadır. Havza içerisinde çoğunlukla kırsal alanlar yer



almasına rağmen Keşan ilçe merkezi çalışma havzasının en yoğun nüfuslu yerleşim birimidir. Çalışma alanının temel konusu oluşturan su kütleleri ve sulak alanlar (bataklık) toplam 4114,11 ha ile %3,55 oranında alana karşılık gelmektedir.

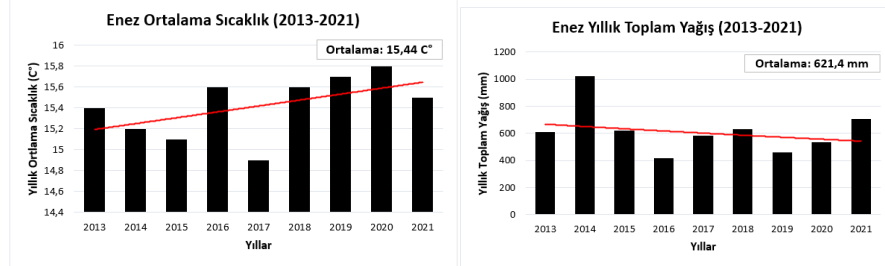
Şekil 6: Çalışma havzası arazi kullanımı haritası

2.4.3. İklim

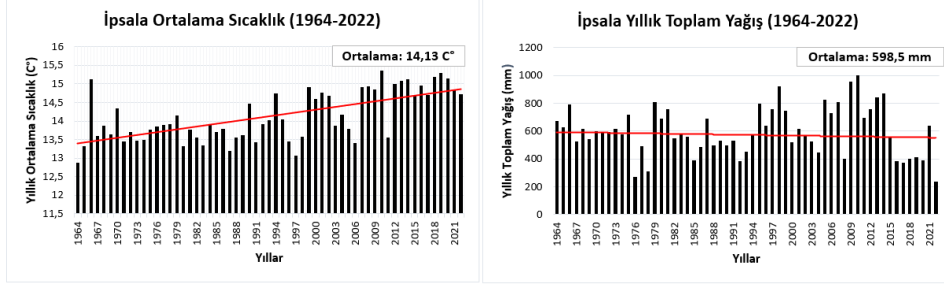
İklim, coğrafi çevrenin şekillenmesini ve insan yaşamını çok yakından kontrol eden bir etmendir. İklim, özellikle sıcaklık ve nem, kayaların fiziksel ufalanması ve kimyasal dağılmasının en belli başlı etmenlerindedir (Erol, 2014).

Edirne ilinde yer alan istasyonların aylık yağış ölçümleri incelendiğinde yağışların kış aylarında artış gösterdiği, en yağışlı ayların ocak ve aralık ayları olduğu ve en düşük yağışların ise yaz mevsiminde ölçüldüğü, özellikle ağustos mevsimlerinde yağışların oldukça düştüğü görülmektedir. Ayrıca ilkbahar ve sonbahar aylarında da yağışların yüksek değerlere sahip olduğu görülür. Edirne ilinde yer alan istasyonlar yağış rejimi bakımından da düzensizdir. Edirne'nin içerisinde bulunduğu bölge, sahip olduğu yağış özellikleri bakımından, sıcak ve az yağışlı bir yaz mevsimi ile diğer mevsimleri yağışlı olan, Karadeniz ile Akdeniz arasında geçiş özelliği gösteren bir yağış rejimine sahiptir (Halis & Gönençgil, 2022). Çalışma sahası çevresinde yer alan Enez ve İpsala istasyonları da aynı özellikleri taşımaktadır. İklimsel açıdan yöre, karasal koşullara yakın olmakla birlikte denizel etkilerin zaman zaman hissedildiği yağış oranları itibarıyla, karasal iklime uygun özellikler göstermektedir (Öztura, 2021).

İklim verileri açısından çalışma alanına en yakın konumda ve verileri temin edilebilen İpsala ve Enez ilçeleri meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler kullanılmıştır. Enez ilçesine ait meteorolojik verilerine bakıldığında 2013-2021 periyodunda yıllık toplam yağış miktarının azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. İpsala ilçesinin verileri incelendiğinde 1964-2022 yılları uzun dönem yıllık toplam yağış verilerine göre tıpkı Enez ilçesinde olduğu gibi yağış miktarında azalma trendi olduğu görülmektedir. Enez ve İpsala ilçelerinin sıcaklık eğilim grafikleri incelendiğinde ise ortalama sıcaklıkların artış eğiliminde olduğu görülmektedir (Grafik 1, Grafik 2).



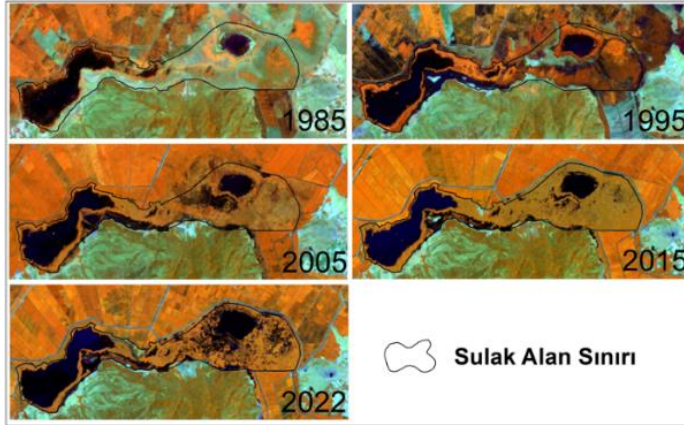
Grafik 1: Enez ilçesi 2013-2021 dönemi sıcaklık ve yağış eğilim grafikleri



Grafik 2: İpsala ilçesi 1964-2022 dönemi sıcaklık ve yağış eğilim grafikleri

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada, Gala ve Pamuklu göllerinde 1985-2022 yılları arasındaki dönemde su yüzeyi alanlarında meydana gelen değişimler ile göllerin çevresindeki arazi örtüsü/arazi kullanımında değişim tespit edilmiştir. Su yüzey alanlarındaki değişimin ortaya çıkarılmasında MNDWI su indeksi, IsoDATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ve Maximum Likelihood kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Bu doğrultuda 1985, 1995, 2005, 2015, 2022 yıllarına ait uydu görüntüleri temmuz ayları dikkate alınarak seçilmiştir. Landsat-5 için 4/5/3, Landsat-8 için 5/6/4 bant kombinasyonları ile elde edilen görüntüler kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7: 1985-2022 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri

Elde edilen bulgulara göre her üç yöntemde de göllerin su yüzey alanlarının büyüdüğü tespit edilmiştir. Bu büyüme doğrusal bir artış şeklinde olmayıp düzensiz bir karakter

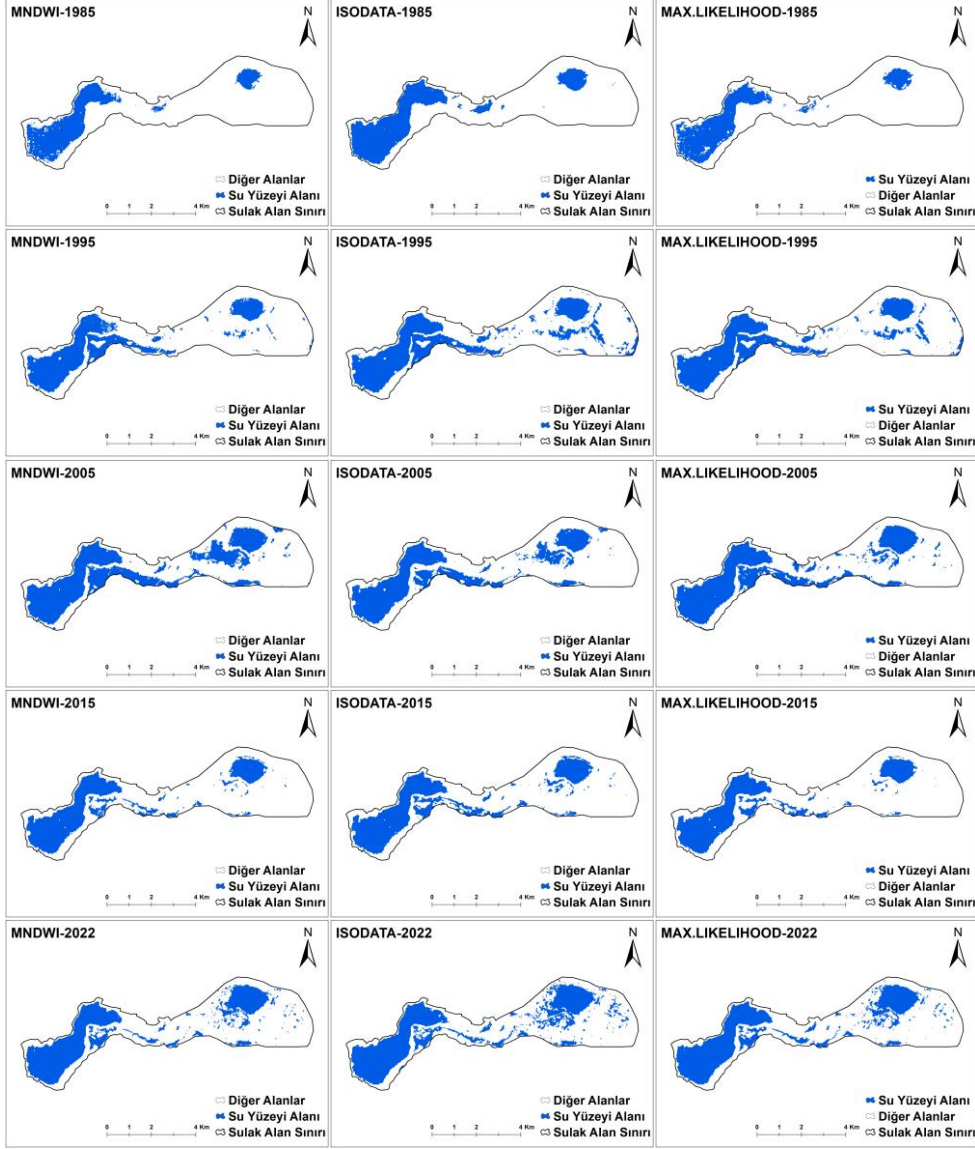
göstermektedir. MNDWI yöntemi ile analiz edilen zaman serisi içerisinde 1985 yılında 563,85 ha olan su yüzeyleri 2022 yılında artış göstererek 900,99 hektar olmuştur. 2005 yılında ise en geniş yüzey alanına sahip olduğu (1087,11 ha) belirlenmiştir. Bu yöntemde değişim oranı (+) %59,79 olarak hesaplanmıştır. Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde IsoDATA algoritması kullanılmıştır. Öncelik olarak çalışma alanı için başlangıç sınıf sayısı 25 olarak belirlenmiş benzer sınıflar birleştirilerek 2 temel sınıf olarak su yüzeyi alanları ve diğer alanlar şeklinde oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre göl yüzey alanları 1985 yılında 722,25

ha iken 2022 yılında 1017,00 ha'dır. Bu yöntemle göre göl yüzey alanlarının (+) %40,80 oranında genişlediği tespit edilmiştir. Kontrollü sınıflandırma yönteminde Maximum Likelihood algoritması kullanılarak 2 sınıf belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara bakıldığında göl yüzeyleri 1985 yılında 604,08 ha iken 2022 yılında 935,01 ha olmuştur. Belirlenen alansal büyüme (+) %54,78 olarak hesaplanmıştır. Kontrollü sınıflandırma ve su indeksi yöntemiyle 2005 yılında alanların en yüksek değerlerine ulaştığı belirlenmiştir. Üç farklı yöntem ile belirlenen alansal değişimler Tablo 3'te gösterilmiştir. Yıllara göre elde edilen alansal değişimlere ait sınıflandırma haritaları Şekil 8'de gösterilmiştir.

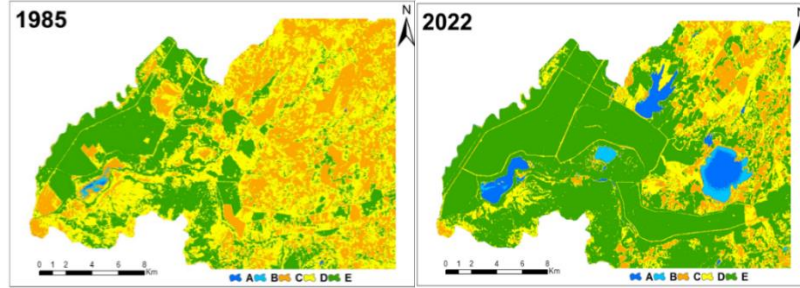
Çalışmada NDVI indeksi ile 1985 ve 2022 yıllarına ait görüntüler yardımıyla Gala ve Pamuklu göllerinin ve yakın çevresinin arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 1985 yılında su (A), sıg su, nemli toprakların (B) toplamda 147,24 ha iken 2022 yılında 2478,96 hektara yükseldiği tespit edilmiştir. Gala Gölü Milli Parkı içerisinde yer alan Gala ve Pamuklu göllerinin alanlarının arttığı bununla birlikte göllerin çevresinde iki yeni baraj gölü inşa edildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte 1985 yılında çıplak toprak alanlarının (C) ve bitki ve çıplak toprak alanlarının (D) 28406,05 ha iken 2022 yılında 14065,83 ha'a gerilediği hesaplanmıştır. Aynı yıllar arasında göllerin çevresinde özellikle tarım bitkileri ağırlıklı bitki örtüsü alanlarının (çeltik tarlası; E) 12379,77 ha'dan 24408,27 ha'a yükseldiği ve alansal olarak neredeyse iki katına çıktığı tespit edilmiştir. Özellikle çeltik tarımının Gala ve Pamuklu gölleri çevresinde yoğun bir biçimde arttığı ve buna bağlı olarak su kullanımının da bu bölgede artış gösterdiği uydu görüntüleri yardımıyla tespit edilmiştir. NDVI indeksi ile edilen arazi kullanımındaki değişimler Tablo 4'te ve bu indekse göre oluşturulan tematik harita Şekil 9'de gösterilmiştir.

Tablo 3: Gala ve Pamuklu göllerinin yüzey alanlarının değişim miktarları

Yıl	MNDWI (ha)	IsoDATA (ha)	Maximum Likelihood (ha)
1985	563,85	722,25	604,08
1995	766,62	953,10	880,38
2005	1087,11	908,91	1011,24
2015	755,73	845,28	843,48
2022	900,99	1017,00	935,01
Değişim (%) 1985-2022	(+)59,79	(+)40,80	(+)54,78



Şekil 8: Gala ve Pamuklu gölleri yüzey alanının MNDWI indeksi, kontrolsüz sınıflandırma ve kontrollü sınıflandırma ile belirlenen 1985-2022 yılları arasındaki değişimi



Şekil 9: NDVI indeksi ile oluşturulan arazi kullanımı haritaları (1985-2022)

Tablo 4: NDVI analizi ile hesaplanan arazi kullanımı alansal değişimi

Yıl		1985	2022
Arazi Örtüsü	Tanım	Alan (ha)	Değişim
Su	A	37,35	(+)
Sığ Su (Nemli Topraklar)	B	109,89	(+)
Çıplak Toprak (Kayalık, Çalılık)	C	10886,76	(-)
Bitki Örtüsü (Seyrek Ağaç, Kısmi Sağlıklı Bitki Örtüsü, Kuru Tarım Alanları, Mera)	D	17539,29	(-)
Bitki Örtüsü (Tarım Bitkileri Ağırlıklı, Çeltik Sahaları, Sağlıklı Bitki Örtüsü)	E	12379,77	(+)

Çalışmada üç farklı yöntemle elde edilen su yüzeyi alanlarının doğrulukları test edilmiştir. Değerlendirmede 3 farklı metrik kullanılmıştır. Oluşturulan hata matrisleri ile Genel Doğruluk, Kappa ve F-1 Score istatistik değerleri test edilmiştir. Referans veri olarak yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü (Sentinel-2) kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ve üç farklı yöntemle elde edilen tüm su yüzey alanlarına, rastgele (create random points) 200 kontrol noktası atanarak istatistiksel olarak performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen istatistik değerlerine bakıldığında 3 farklı metrik için kontrollü sınıflandırma değerleri en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu sınıflandırma yönteminde ortalama; genel doğruluk %96,10, kappa katsayısı 0,9130 ve F-1 Score değeri 0,94 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma özelinde en düşük istatistik değerlerine kontrolsüz sınıflandırma sonucunda ulaşılmıştır. Kontrolsüz sınıflandırmada ortalama olarak genel doğruluk %95,10, kappa katsayısı 88,92 ve F-1 Score değeri 0,93 olarak hesaplanmıştır. MNDWI su indeksi ile elde edilen istatistik değerlerine bakıldığında genel doğruluk %95,80, kappa katsayısı 0,9006 ve F-1 Score değeri 0,93 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen kappa istatistik değerlerine göre ortaya çıkan sonuçların uyumlu olduğu söylenebilir. Elde edilen tüm sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5: Doğruluk değerlendirme sonuçları

Yıl	MNDWI			IsoDATA			Maximum Likelihood		
	GD (%)	Kappa (%)	F1-S	GD (%)	Kappa (%)	F1-S	GD (%)	Kappa (%)	F1-S
1985	96,00	87,97	0,90	96,00	89,73	0,92	96,00	89,48	0,92
1995	95,50	89,04	0,92	95,50	89,79	0,93	97,50	94,33	0,96
2005	94,50	88,69	0,93	93,50	85,78	0,91	93,00	85,39	0,91
2015	97,50	94,08	0,96	95,50	89,54	0,93	98,50	96,62	0,98
2022	95,50	90,54	0,94	95,00	89,77	0,94	95,50	90,69	0,94
Ortalama	95,80	90,06	0,93	95,10	88,92	0,93	96,10	91,30	0,94

Sulak alan içerisinde yapılan yol ve seddeler (Şekil 10), göllerin alan değişimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle çeltik tarımının yoğunlaşmasına bağlı olarak göllerin yüzey alanı kuzeyden kesin olarak sınırlandırılmıştır. Ancak bu sınırlandırma fiziksel olarak gölleri çeltik alanlarından ayırır da sahanın litolojik özelliği (alüvyonlar) çeltik alanları ile göller arasındaki su ilişkisinin devamına imkân sağlamaktadır. Bu nedenle göllerin alansal değişimi doğal süreçlere göre değil, arazi kullanım tercihinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca göllerin içerisine yapılan yol, Pamuklu ve Gala göllerinin birbiri ile olan su alışverişini ve Meriç Nehri'ne olan doğal akışını sekteye uğratmaktadır. Bu durum da göllerde gözlenmesi beklenen mevsimsel seviye değişimlerinin doğal seyrini etkilemektedir.

Gala ve Pamuklu göllerinin kuzeydoğu ve doğusunda yer alan kuru tarım alanları erozyonal faaliyetleri hızlandıran bir süreç olarak öne çıkmaktadır. Buna bağlı olarak akarsuların göllere taşıdıkları sedimentler vasıtasıyla göl alanlarını küçültmesi beklenir. Aynı şekilde çalışma havzasının güneyinde yer alan yüksek alanlar orman tahribine bağlı olarak yoğun erozyonal faaliyetin görüldüğü sahalardır. Bu durumda göllerin alansal olarak küçülmesi yönünde bir etkiye sahip olması beklenir. Ancak yapılan çalışma göl yüzey alanlarının büyüdüğü yönünde bir sonucu ortaya koymaktadır. Gala ve Pamuklu gölleri çalışma sahasının doğusundan kaynağını alan akarsuların Meriç nehri alüvyonları ile tıkanması sonucu oluşmuş alüvyal set gölleridir. Ancak alüvyal set göllerinin karakteristik özelliği olan göl ile akarsu arası arasında olan mevsimlik su ilişkisi DSI'nin yapmış olduğu regülatörler vasıtasıyla kesilmiştir. Dolayısıyla nehirde göllere taşkın dönemlerinde su girişi engellendiği gibi, göllerin su seviyesinin yüksek olduğu zamanlarda da fazla su bu regülatörler vasıtasıyla boşaltılmaktadır. DSI'nin bu müdahalesi göllerin doğal süreçlerin dışında beşerî olarak kontrol edilmesinin diğer bir sonucudur.

Çalışma sahasında yer alan Gala ve Pamuklu gölleri ülkemizin önemli sulak alanlarıdır. Sahada meydana gelen ekosistem süreçleri, doğal bir döngünün aksine, insan müdahalesinin üst seviyeye ulaştığı bir alan olarak karşımıza

çıkılmaktadır. Çalışma sonucunda arazi kullanımı değişimi esas alındığında, çeltik tarımında kullanılan inorganik ve organik suların göl alanına boşaltılması sonucunda göl ekosistemi açısından ekolojik bir risk ortaya çıkmaktadır. Gala Gölü Milli Parkı'nın gelecek nesillere bozulmadan aktarılabilmesi için insan müdahalesinin en aza indirilerek doğal süreçlerin kendi ekosistem özelliklerini devam ettirmesine olanak sağlanmalıdır.



Şekil 10: Göl alanı içerisindeki yol ve yolun 10.07.2023 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüsü

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada Gala Gölü Milli Parkı sınırları içerisinde yer alan Gala ve Pamuklu göllerinin 1985-2022 yılları arasında meydana gelen su yüzeyi alan değişimlerinin belirlenmesine amaçlanmıştır. Ayrıca çalışma sahasının da içerisinde yer aldığı su toplama havzasının genel özellikleri açıklanmıştır. Göllerin ve çevresinin 1985-2022 yılları arasındaki arazi kullanımında meydana gelen değişimlerde ayrıca belirlenmiştir. Gala ve Pamuklu göllerindeki alansal değişimi ve arazi kullanımı değişimini belirlemek için 1985-2022 yılları arasındaki dönemlerde her on yıl için temmuz ayları dikkate alınarak Landsat uydu görüntüleri üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada MNDWI su indeksi, IsoDATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ve Maximum-Likelihood kontrollü sınıflandırma teknikleri kullanılmıştır. Bu yöntemler ile su yüzey alanlarında meydana gelen değişimler tespit edilmiştir. Göl alanlarının 1985-2022 yılları arasında genişlediği tespit edilmiştir. Göl yüzeylerinin ve göllerin çevresindeki arazi kullanımında meydana gelen değişimler NDVI bitki örtüsü indeksi ile ortaya çıkarılmıştır. Göllerin çevresindeki tarımsal amaçla kullanılan alanlar (çeltik sahaları) yaklaşık olarak iki kat büyüklüğe ulaşmış ve buna bağlı olarak su kullanımının arttığı görülmüştür. Çalışmada verilerin doğruluklarının test edilmesi için Genel Doğruluk, Kappa ve F-1 Score istatistik değerleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bu çalışma özelinde en yüksek istatistik değerlerine kontrollü sınıflandırma sonucunda ulaşılmıştır. Kontrollü sınıflandırmada daha yüksek değerlere ulaşılmasının sebebi kontrolsüz sınıflandırmada piksellerin kullanıcı müdahalesi olmaksızın algoritmalar yardımı ile otomatik olarak belirlenmesi iken kontrollü sınıflandırmada kullanıcı müdahalesi olmasıdır. Ayrıca MNDWI su indeksi ile elde edilen istatistik değerleri de bu yöntemin su alanlarını tespitinde etkin olarak kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Elde edilen metriklere göre çalışma verileri ve istatistik değerleri uyumludur. Bu çalışma neticesinde su yüzey alanlarının tespitinde UA tekniklerinin kullanılabilir olduğu görülmektedir.

Ülkemizde ve dünyanın birçok yerinde göl alanları daralma gösterirken Gala ve Pamuklu göllerinde bu süreçlerin tam tersi meydana gelmiştir. Bunun en önemli nedeni tarımsal amaçla kullanılan sahaların genişlemesi ve buna bağlı olarak sulama amaçlı ihtiyacın artmasıdır. Çalışma sonucunda arazi örtüsünde meydana gelen değişimler ve göllerin çevresinde iki yeni sulama barajının yapılması bu durumu destekler niteliktedir.

Göllerdeki kıyı çizgisi değişimi gölün su toplama havzasından bağımsız düşünülemez. Ancak çalışma sahasındaki göllerin su toplama havzasında yapılan kurutma kanalları, taşkın seddeleri ve sulama kanalları nedeniyle göllerin doğal drenaj ile bağlantısı bozulmuştur. Çalışma sahasındaki iklim verileri incelendiğinde İpsala ve Enez ilçelerine ait yıllık ortalama sıcaklıklarının artış trendinde olduğu aynı zamanda yıllık ortalama yağış değerlerinde de fark edilir bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu durum doğal şartlar altında, göllerin yüzey alanlarında daralma yönünde bir değişim beklentisini ortaya çıkarması beklenirken göllerin yüzey alanlarında yaklaşık %40-60 oranında bir artış meydana gelmiştir. Söz konusu durum gölün ekolojik yapısında ciddi beşerî müdahalenin olduğunu göstermektedir.

Gala Gölü Milli Parkı doğal yapısıyla koruma-kullanma dengesi gözetilerek multidisipliner bir yönetim anlayışı ile yönetilmelidir. Göllerin Meriç Nehri ile olan su bağlantısının sağlanarak Ege Denizi ile olan ekolojik bağının tekrar kurulması gereklidir. Ayrıca göller çevresindeki çeltik sahalarıyla göllerin arasındaki seddeler çeltik sulamasında kullanılan suların göle gelmesini engellediği yönünde bir algı oluşturmaya rağmen sahanın geçirimli litolojik özelliğinden dolayı göller bu çeltik sahalarının suları tarafından beslenmektedir. Bu durum göl alanlarının büyümesindeki en önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bütün bunların yanı sıra aslında tek bir göl sistemi olan Gala ve Pamuklu gölleri yol yapımı amacıyla birbirinden fiziksel olarak ayrılmıştır. Gala, Pamuklu Gölleri ve aşağı Meriç Ovası gösterdiği biyolojik çeşitlilik açısından Ramsar kriterlerini taşımaktadır. Bu nedenle bahsi geçen alanların Ramsar Sözleşmesi kapsamında koruma altına alınması gerekmektedir.

Göl alanlarının sürdürülebilir kalkınma programları ile doğal yapısı korunmalı, kamu kurum ve kuruluşları sürdürülebilir planlama çalışmalarına ağırlık vermeli, bölge halkını bu doğrultuda bilgilendirilmeli ve planların devamlılığı için etkin yasalarla denetim sağlanmalıdır.

Sonuç olarak; Meriç taşkın ovasındaki su kullanım tercihleri, sulama ve drenaj kanalları, seddeler, göl içerisinde yapılan yollar, Gala ve Pamuklu göllerinin Meriç Nehri ile olan doğal su alış-verişinin bozulmuş olması, göl alanlarında doğal olmayan sürece etki eden çevresel faktörler olarak dikkat çekmektedir.

Etik Beyan

Çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında belirtilen tüm kurallara uyulduğu beyan edilmiştir.

Etik Kurul Onayı

Araştırmanın etik kurul izni gerektirmeyen araştırmalardan olduğu beyan edilmiştir.

Çıkar Çatışması ve Finansal Katkı Beyanı

Yazarar tarafından herhangi bir çıkar çatışması ve finansal katkı beyan edilmemiştir.

Yazarlık Katkı Beyanı

Çalışmanın tüm aşamaları yazarlar tarafından tasarlanmış ve hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Arefin, R., Mohir, M. M. I., & Alam, J. (2020). Watershed prioritization for soil and water conservation aspect using GIS and remote sensing: PCA-based approach at northern elevated tract Bangladesh. *Applied Water Science*, 10(4), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1176-5>
- Areghi, M., Goksel, C., Sanli, F. B., & Senel, G. (2019). Comparative evaluation of the spectral and spatial consistency of Sentinel-2 and Landsat-8 OLI data for Igneada longos forest. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/ijgi8020056>
- Ataol, M. (2010). Burdur Gölü'nde Seviye Değişimleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8(1), 077–092. https://doi.org/10.1501/cogbil_0000000105
- Aydın, T. K., & Durduran, S. S. (2021). Ereğli - Bor Alt Havzasında Arazi Kullanımı/Örtüsü'nün Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Zamansal Değişimi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(3), 629–641. <https://doi.org/https://doi.org/10.30910/turkjans.936107>
- Ayele, G. T., Tebeje, A. K., Demissie, S. S., Belete, M. A., Jemberrie, M. A., Teshome, W. M., Mengistu, D. T., & Teshale, E. Z. (2018). Time series land cover mapping and change detection analysis using geographic information system and remote sensing, Northern Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, 11. <https://doi.org/10.1177/1178622117751603>
- Batur, E., & Maktav, D. (2012). Uzaktan Algılama ve Cbs Entegrasyonu ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Nehri Örneği. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(3), 47–55.
- Bozduman, Ş. (2019). Sınıflandırma Yöntemiyle Sulak Alanların Değişimi Analizi: Dipsiz Lagün örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 1(50531), 16–20.
- Çağlayan, E. B., Erel, F., Samur, E. B., Deniz, M., & Asef, M. (2020). Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi Uzaktan Algılama Teknikler ile Akşehir Gölü'ndeki Alansal Değişiminin İzlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 70–76.
- Çakaroz, D., Öztürk, B., & Özelkan, E. (2018). Umurbey Deltası Kıyı Çizgisinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi. *TUCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu International Geography Symposium on the 30th Anniversary of TUCAUM, October, 2008–2013*.
- Çelik, M. A., & Gülersoy, A. E. (2013). Işık Gölü (Çivril-Denizli) Çevresindeki Arazi Kullanım Faaliyetlerinin Göl Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29(Ağustos), 191–200.
- Çelik, M. A., Kızılelma, Y., Gülersoy, A. E., & Denizdurduran, M. (2013). Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası Güneyindeki Sulak Alanlarda Meydana Gelen Değişimin incelenmesi (1990-2010). *Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 8(12), 263–284.
- Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11 PART II), 2674–2677. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2003.818464>
- Chen, C., Wang, L., Yang, G., Sun, W., & Song, Y. (2023). Mapping of Ecological Environment Based on Google Earth Engine Cloud Computing Platform and Landsat Long-Term Data: A Case Study of the Zhoushan Archipelago. *Remote Sensing*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/rs15164072>
- Demirdağ Turan, İ., Dengiz, O., & Kaya, N. S. (2021). Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimlerinin Farklı Zamanlı Landsat Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi: Çarşamba Delta Ovası Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 141–152. <https://doi.org/10.33202/comuagri.857787>
- Demiroğlu, İ., & Ernst, F. B. (2022). Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Zerne Barajının Alansal, Hacimsel ve Kıyı Değişimlerinin Zamana Bağlı Analizi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(1), 15–26.
- Dereli, M. A., & Tercan, E. (2020). Assessment of Shoreline Changes using Historical Satellite

- Images and Geospatial Analysis along the Lake Salda in Turkey. *Earth Science Informatics*, 13(3), 709–718. <https://doi.org/10.1007/s12145-020-00460-x>
- DeVries, B., Huang, C., Armston, J., Huang, W., Jones, J. W., & Lang, M. W. (2020). Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 240(October 2018), 111664. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111664>
- Doğan, Y., & Yıldız, F. (2019). İHA ile Multispektral Kameralardan Sağlanan Görüntüler Yardımıyla Bitki Türlerinin Sınıflandırılması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 15–22. <https://dergipark.org.tr/pub/mihad>
- Erol, O. (2014). *Genel Klimatoloji*. Çankay Kitabevi.
- Fan, X., Nie, G., Deng, Y., An, J., Zhou, J., Xia, C., & Pang, X. (2019). Estimating earthquake-damage areas using Landsat-8 OLI surface reflectance data. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33, 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.013>
- Gao, B.-C. (1996). Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266.
- Güher, H., & Kırız, T. (2007). Gala Gölü Milli Parkında Makrofitler ile Mikrocrustacea (Cladocera, Copepoda) İlişkisi Üzerine Bir Araştırma. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 109–114.
- Gülci, S., Gülci, N., & Yüksel, K. (2019). Aslantaş Baraj Gölü ve Çevresinin Su Yüzey Alanı ve Arazi Örtüsü Değişiminin Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzlenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 100–110. <https://doi.org/10.21597/jist.419221>
- Gülersoy, A. E. (2013). Marmara Gölü Yakın Çevresindeki Arazi Kullanım Faaliyetlerinin Zamansal Değişimi (1975-2011) ve Göl Ekosistemine Etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 61, 31–44.
- Gülersoy, A. E., & Çelik, M. A. (2017). *Temporal change of land use in the Protection Basin of Tahtalı Dam (1990-2015)*, (Izmir, Turkey). 38(5), 1061–1067.
- Gülersoy, A. E., Gümüş, N., Çelik, M. A., & İlhan, A. (2017). Relationship between land use and land classification in the Tahtalı Dam Protection Basin (Izmir, Turkey). *Journal of Environmental Biology*, 38(5), 1009–1024. [https://doi.org/10.22438/jeb/38/5\(SI\)/GM-18](https://doi.org/10.22438/jeb/38/5(SI)/GM-18)
- Günel, N., & Özdemir, Y. (2010). Çok Zamanlı Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Neyriz Göllerinin (İran) Yüzeysel Değişiminin Belirlenmesi. *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 11–13.
- Günen, M. A. (2021). Sentinel-2 Görüntüleri Kullanılarak Su Yüzey Alanlarının Belirlenmesinde Sınıflandırıcıların Performanslarının İncelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 235–245. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.992432>
- Gürbüz, M., Çelik, M. A., & Gülersoy, A. E. (2013). An Examination of Effect of Atatürk Dam Lake on Agricultural Patterns in Bozova District (1984-2011). *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 12(4), 853–866.
- Gürbüz, E., Kazancı, N., Arpe, K., Leroy, S. A. G., Koç, K., Yedek, Ö., Yücel, T. O., & Gürbüz, A. (2018). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu ile İklimsel Değişimlerin Beyşehir Gölü'ne Etkilerinin İncelenmesi, Orta-Batı Anadolu. *VII. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu*, 18–21.
- Halis, O., & Gönençgil, B. (2022). Edirne İlinin İklim Özellikleri. İçinde *Edirne İlinin Coğrafyası* (ss. 65–82). Türk Coğrafya Kurumu. <https://www.tck.org.tr/yayinlar/tck-kitaplari/edirne-ilinin-cografyasi>
- Hansen, M. C., & Loveland, T. R. (2012). A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 122, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.024>
- Hemati, M., Hasanlou, M., Mahdianpari, M., & Mohammadimaneh, F. (2021). A systematic review of landsat data for change detection applications: 50 years of monitoring the earth. *Remote*

- Sensing*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/rs13152869>
- Hislop, S., Jones, S., Soto-Berelov, M., Skidmore, A., Haywood, A., & Nguyen, T. H. (2018). Using landsat spectral indices in time-series to assess wildfire disturbance and recovery. *Remote Sensing*, 10(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/rs10030460>
- Hoşgören, M. Y. (2004). *Hidrografyanın Ana Çizgileri II: Göller*. Çankay Kitabevi.
- Howe, A. A., Parks, S. A., Harvey, B. J., Saberi, S. J., Lutz, J. A., & Yocom, L. L. (2022). Comparing Sentinel-2 and Landsat 8 for Burn Severity Mapping in Western North America. *Remote Sensing*, 14(20), 1–21. <https://doi.org/10.3390/rs14205249>
- Kaçmaz, M., & Döker, M. F. (2021). Sapanca Gölü Havzası'nda Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 19(1), 161–194. <https://doi.org/10.33688/auchd.872216>
- Karabulut, M. (2015). Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Göksu Deltası Göllerinde Zamansal Değişimlerinin İncelenmesi. *Journal of International Social Research*, 8(37), 347–347. <https://doi.org/10.17719/jisr.20153710608>
- Karaca, M., Yağmur, N., & Balçık, F. (2022). İstanbul Terkos Gölü zamansal değişiminin Google Earth Engine kullanılarak belirlenmesi. *Geomatik Dergisi*, 7(3), 235–242. <https://doi.org/10.29128/geomatik.975714>
- Karakoç, Y. D. (2017). Türkiye'de Sulak Alanlar ve Yönetimi. 5. Çevre Günleri Uluslararası Sempozyumu- İnsanların Doğayla Kenetlenmesi, Kentte ve Doğal Alanda, Kutuplardan Ekvatora.
- Kaşıkçı, Z., Çelik, N., & Sarıılmaz, F. B. (2020). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Arazi Örtüsü Ve Arazi Kullanımı Değişiminin Belirlenmesi: Elmalı Havzası, İstanbul. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi (TUZAL)*, 2(1), 16–21.
- Kaya, M., & Kurtonur, C. (2003). Gala Gölü Ve Çevresinin (Edirne) Ornitho-Faunasi Üzerine Araştırmalar. *Trakya Univ J. Sci*, 4(2), 169–179. <http://www.trakya.edu.tr/Enstituler/FenBilimleri/Dergi/net/index.htm>
- Krois, J., & Schulte, A. (2014). GIS-based multi-criteria evaluation to identify potential sites for soil and water conservation techniques in the Ronquillo watershed, northern Peru. *Applied Geography*, 51, 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.04.006>
- Kuru, A., & Tezer, A. (2020). New approach to determine the protection zones for drinking water basins: The case study of Kırklareli dam. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(1), 519–535. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.486855>
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Novak, I. D., & Soulakellis, N. (2000). Identifying geomorphic features using LANDSAT-5/TM data processing techniques on Lesbos, Greece. *Geomorphology*, 34(1–2), 101–109. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(00\)00003-9](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(00)00003-9)
- Özçalık, H., Torun, A. T., & Bilgilioğlu, S. S. (2020). Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Mogan Gölü'nün Su Yüzeyi ve Arazi Örtü Değişiminin Belirlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi (TUZAL)*, 2(2), 77–84.
- Özelkan, E., & Karaman, M. (2018). Baraj Göllerindeki Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklığın Etkisinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Analizi: Atikhisar Barajı (Çanakkale)Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 1023–1037. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.443230>
- Öztaş, A., Tona, A. U., & Demir, V. (2023). Burdur Gölü Yüzey Alanı Değişiminin Kontrolsüz Sınıflandırma Kullanılarak Belirlenmesi. *International Aegean Conferences, October*, 13–23.
- Öztura, E. (2021). *Trakya Bölgesindeki Seçilmiş Göllerde Antropojenik Kaynaklı Sediment Kirliliğinin Ekolojik Riskler Açısından Araştırılması (Küçük Çekmece Gölü, Durusu/Terkos Gölü, Gala Gölü, Mert Gölü)* [Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi].

- <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Özvan, H., Arık, B., Yeler, O., Şatır, O., & Bostan, P. (2023). Alansal Değişimin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi: Karataş Gölü ve Çevresi Örneği. *PEYZAJ- Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 1, 30–39. <https://doi.org/10.53784/peyzaj.128>
- Pareeth, S., Karimi, P., Shafiei, M., & De Fraiture, C. (2019). Mapping agricultural landuse patterns from time series of Landsat 8 using random forest based hierarchial approach. *Remote Sensing*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/rs11050601>
- Potapov, P., Hansen, M. C., Kommareddy, I., Kommareddy, A., Turubanova, S., Pickens, A., Adusei, B., Tyukavina, A., & Ying, Q. (2020). Landsat analysis ready data for global land cover and land cover change mapping. *Remote Sensing*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/rs12030426>
- Pour, A. B., & Hashim, M. (2017). Application of Landsat-8 and ALOS-2 data for structural and landslide hazard mapping in Kelantan, Malaysia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(7), 1285–1303. <https://doi.org/10.5194/nhess-17-1285-2017>
- Resmi Gazete. (2005). *Edirne İli Sınırları İçerisinde Bulunan Gala ve Pamuklu Göllerini Kapsayan Alanın Gala Gölü Milli Parkı Olarak Belirlenmesi Hakkında Karar*. <https://resmigazete.gov.tr/fihrist? tarih=2005-03-05>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ*, 351(1), 309.
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., C.E., W., Allen, R. G., Anderson, M. C., Helder, D., Irons, J. R., Johnson, D. M., Kennedy, R., Scambos, T. A., Schaaf, C. B., Schott, J. R., Sheng, Y., Vermote, E. F., Belward, A. S., Bindschadler, R., Cohen, W. B., Gao, F., ... Zhu, Z. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>
- Sabuncu, A. (2020). Burdur Gölü Kıyı Şeridindeki Değişimin Uzaktan Algılama ile Haritalanması. *Afyon Kocatepe e University Journal of Science and Engineering*, 20, 623–633. <https://doi.org/10.35414/ akufemubid.711653>
- Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., Quayle, B., Lorenz, E., & Morelli, F. (2016). Active fire detection using Landsat-8/OLI data. *Remote Sensing of Environment*, 185, 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.032>
- Şekertekin, A. İ., Kutoğlu, Ş. H., & Marangoz, A. M. (2015). Uzaktan Algılama Teknolojisi ve Uydu Görüntüleri Yardımıyla Önemli Çevresel (Su Ve Kara Yüzeyi) Etkilerin Gözlemlenmesi. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 105-112–112.
- Senay, G. B., Friedrichs, M., Singh, R. K., & Velpuri, N. M. (2016). Evaluating Landsat 8 evapotranspiration for water use mapping in the Colorado River Basin. *Remote Sensing of Environment*, 185, 171–185. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.043>
- Susam, T. (2006). Yüzey Suları Coğrafi Bilgi Sistemi: Tokat İli Örneği. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 23(1), 75–82.
- Taş, M. A., & Akpınar, E. (2021). Burdur Havzası'ndaki Göllerde Yaşanan Seviye Değişikliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) ve Uzaktan Algılama (UA) İle Tespiti. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 46, 37–54.
- Tokatlı, C., & Gürbüz, E. (2014). Enez İlçesi ve Yeni Karpuzlu Beldesi Yerel Halkının (Edirne) Gala Gölü Milli Parkı Algılarının Sosyoekonomik ve Ekolojik Açidan Değerlendirilmesi. *IJSES Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi*, 4(2), 1–5.
- Tona, A. U., Demir, V., Kuşak, L., & Yakar, M. (2022). Su Kaynakları Mühendisliğinde CBS'nin Kullanımı. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(1), 23–33. <https://doi.org/10.56130/tucbis.993807>
- Topçu, H., & Atatanır, L. (2021). Bafa ve Azap Göl Yüzey Alanlarındaki Zamansal Değişimin Belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1), 115–122. <https://doi.org/10.29278/azd.792589>

- Turoğlu, H. (2020). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları*. Çantay Yayınları.
- Valeyev, A., Karatayev, M., Abitbayeva, A., Uxukbayeva, S., Bektursynova, A., & Sharapkhanova, Z. (2019). Monitoring coastline dynamics of alakol lake in Kazakhstan using remote sensing data. *Geosciences (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/geosciences9090404>
- Wulder, M. A., Loveland, T. R., Roy, D. P., Crawford, C. J., Masek, J. G., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., Belward, A. S., Cohen, W. B., Dwyer, J., Erb, A., Gao, F., Griffiths, P., Helder, D., Hermosilla, T., Hipple, J. D., Hostert, P., Hughes, M. J., ... Zhu, Z. (2019). Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sensing of Environment*, 225(February), 127–147. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.015>
- Wulder, M. A., Roy, D. P., Radeloff, V. C., Loveland, T. R., Anderson, M. C., Johnson, D. M., Healey, S., Zhu, Z., Scambos, T. A., Pahlevan, N., Hansen, M., Gorelick, N., Crawford, C. J., Masek, J. G., Hermosilla, T., White, J. C., Belward, A. S., Schaaf, C., Woodcock, C. E., ... Cook, B. D. (2022). Fifty years of Landsat science and impacts. *Remote Sensing of Environment*, 280(July), 113195. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113195>
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
- Xu, N., Ma, Y., Zhang, W., Wang, X. H., Yang, F., & Su, D. (2020). Monitoring annual changes of lake water levels and volumes over 1984–2018 using landsat imagery and ICESat-2 data. *Remote Sensing*, 12(23), 1–22. <https://doi.org/10.3390/rs12234004>
- Yin, H., Prishchepov, A. V., Kuemmerle, T., Bleyhl, B., Buchner, J., & Radeloff, V. C. (2018). Mapping agricultural land abandonment from spatial and temporal segmentation of Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, 210(January), 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.050>
- Yudha, I. S. (2023). Detection of Changes in Water Surface Area in Limboto Lake Using Landsat Data From 1990 to 2020. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1127(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1127/1/012021>
- Yue, H., Liu, Y., & Wei, J. (2021). Dynamic change and spatial analysis of Great Lakes in China based on Hydroweb and Landsat data. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(3). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06518-4>
- Yurteri, C., & Kurtaş, T. (2021). Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Seyfe Gölü (Kırşehir) yüzey alanının zamansal değişiminin analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11, 1115–1128. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.848873>
- Zal, N. (2006). *Aşağı Meriç Vadisi Taşkın Ovası'nın Biyosfer Rezervi Olarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma* [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi]. <https://dergiler.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/37060>
- Zhao, W., Li, A., Nan, X., Zhang, Z., & Lei, G. (2017). Postearthquake Landslides Mapping from Landsat-8 Data for the 2015 Nepal Earthquake Using a Pixel-Based Change Detection Method. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(5), 1758–1768. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2017.2661802>
- Zheng, J., Ke, C., Shao, Z., & Li, F. (2016). Monitoring changes in the water volume of Hulun Lake by integrating satellite altimetry data and Landsat images between 1992 and 2010. *Journal of Applied Remote Sensing*, 10(1), 016029. <https://doi.org/10.1117/1.jrs.10.016029>