

# Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Burdur Gölü'ndeki Alansal Değişiminin Belirlenmesi

Özümcan Alara Kaya<sup>1</sup>, Gordana Kaplan<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve CBS A.B.D., 25555, Eskişehir.

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 25555, Eskişehir.

## Özet

Sürdürülebilir su kaynakları yönetiminde kuraklığın izlenmesi, göller gibi su kütleleri için oldukça önemlidir. Su alanlarının haritalanması ve izlenmesi için uzaktan algılama yöntemleri ve teknikleri, son yıllarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Göller Yöresi bölgesinde, Isparta ile Burdur illeri arasında bulunan Burdur Gölü'nün 2009 ile 2019 yılları arasındaki alansal değişimi, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada Landsat-7, Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntülerine obje bazlı sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırmada, literatürde de sık kullanılan, normalleştirilmiş su fark indeksi (NDWI) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan görüntüler Eylül ayını kapsamaktadır. Ek olarak mevsimsel değişim analizi için, 2017 ve 2019 yıllarının Nisan ve Mayıs aylarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre; Burdur gölünün 2009-2019 yılları arasında 17 km<sup>2</sup> alan kaybettiğini göstermektedir. Landsat görüntüleri ile 2009-2019 yıllarına ait Eylül ayı verilerinin korelasyon analizi yapılmıştır ve analiz sonucu  $R^2 = 0,94$  olarak elde edilmiştir. 2017 ve 2019 yıllarında, bahar ile sonbahar mevsimleri arasında, su alanında gözlenen azalma 2 km<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Sınıflandırma doğrulukları %90 - %96 arasında değişmektedir. En yüksek sınıflama doğruluğu Sentinel-2 görüntüleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu çalışma, su alanlarındaki alansal değişimlerin uzaktan algılama verileri ve teknikleriyle yüksek doğrulukta belirlenebileceğinin önemli bir örneğidir.

## Anahtar Sözcükler

Alansal Değişim, Kuraklık, Uzaktan Algılama, Burdur Gölü

## Determination of Burdur Lake`s Area Changes Using Remote Sensing Techniques

### Abstract

Drought monitoring in water bodies such as lakes is essential for sustainable management of water resources. In recent years, remote sensing methods and techniques have been successfully used for mapping and monitoring water area changes. This study aimed to investigate the ten-year change between 2009 and 2019 in the Burdur Lake, located between Isparta and Burdur provinces in the Göller District, through remote sensing data and techniques. In the study, object-based classification was made using Landsat-7, Landsat-8, and Sentinel-2 satellite imagery. For the classification, the frequently used normalized water difference index (NDWI) combined with threshold analysis was used for water classification. All images were acquired in September. In addition to the seasonal variation analysis, Sentinel-2 images from April and May, 2017 and 2019 were used. As a result, in the last decade, Burdur lake has lost approximately 17 km<sup>2</sup> of its water surface. Correlation analysis of the Landsat images of September for the years 2009-2019 resulted in an  $R^2$  of 0.94. The change between spring and autumn in 2017 and 2019 was determined as 2 km<sup>2</sup>. The classification accuracies range from 90% to 96%, and the highest classification accuracy was obtained with Sentinel-2 images. The results of the study show that the changes in water areas can be monitored with high accuracy through remote sensing data and techniques.

### Keywords

Area Changes, Drought, Remote Sensing, Burdur Lake

## 1. Giriş

Yaşam kaynağı olan su, ekolojik ve toplumsal aktivitelerin ayrılmaz bir parçasıdır. Yeryüzündeki değerli ve doğal kaynakların başında gelen su, dünyada ve Türkiye'de yoğun biçimde kullanılmaktadır. Özellikle yarı kurak iklimle sahip, yıllık yağışın belirli mevsimlerde gerçekleştiği Türkiye gibi ülkelerde sürdürülebilir su kaynaklarının yönetimi, gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. Sulak alanlar, yeryüzünün en zengin ve en üretken ekosistemlerini oluşturmaktadır. Bu alanlar, yöre insanları ile ülke geneline geniş yelpazede hizmet veren, oldukça karmaşık, doğal sistemlerdir ve yeryüzündeki başka hiçbir ekosistemle karşılaştırılamayacak ölçüde işlev ve değere sahiptir (Acharya vd. 2019; Aksoy vd. 2019; Anderson vd. 2018; Emanuel 2018; Giardino vd. 2010; Kaplan vd. 2019).

Türkiye'nin yedinci büyük gölü olan Burdur Gölü, daha önce yapılan çalışmalardan da bilindiği üzere kurumaktadır (Sarp ve Ozcelik 2017; Yiğitbaşıoğlu ve Uğur 2010). Bölgedeki iklimsel değişimler, artan antropojenik etkiler (havalimanı, yoğun olarak tarım amaçlı sulama suyu ile kullanımı, bölgede yapılan yapay göletler, barajlar ve endüstriyel amaçlı soğutma suyunda kullanma) sonucunda göl hem kurumaktadır hem de gölün su kalitesi düşmüştür. Daha önce yapılan araştırmalarda gölün su kalitesi ve göl alanındaki değişimler üzerine çalışılmıştır. Fakat gölün değişimi üzerine yapılan çalışmada, nesne tabanlı sınıflandırma ve mevsimsel değişimi uzaktan algılama yöntemi kullanılmamıştır.

Normalleştirilmiş su fark indeksi (Normalized Difference Water Index NDWI) analizi ile su sınırlarının belirlenmesi, son 20 yıldaki çalışmalarda kullanılmış olup bu çalışmalarda gayet başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Yang vd. 2017), NDWI, Modife edilmiş normalleştirilmiş su fark indeksini (Modified NDWI, MNDWI) kullanarak su alanlarını belirlemiştir. Ek olarak SWIR bandı için pansharpening yöntemini kullanmışlardır. Kaplan ve Avdan (2017), Sentinel-2 verilerini ve NDWI kullanarak Makedonya'da, nehir sınırları üzerine çalışmışlardır. Kwang vd. (2018), Landsat ve Sentinel verilerini ve NDWI kullanarak nehir sınırı çıkarımı yapıp iki uydu görüntüsünü de ayrıca karşılaştırmıştır.

Burdur Gölü günümüze dek birçok farklı çalışmaya konu olmuştur. Ataoğlu (2010) gölün yıllık su kaybını yaklaşık 40 hm<sup>3</sup> olarak hesaplamıştır. Öneri olarak ise mevcut yüzeysel sulama yöntemi yerine basınçlı sulamanın kullanılmasını sunmuş, bu yöntemin kullanılması hâlinde tasarruf edilecek su miktarını, gölün yıllık su kaybının bir buçuk katı olarak hesaplamıştır. Kaya vd. (2015) adlı çalışmada Türkiye'nin altıncı büyük göl havzası olan Burdur Gölü Havzası'nın ekolojisinin ve özellikle alanın endemik türü olan dikkuyruğun korunması amacıyla ulusal ve uluslararası literatür ve bölgeyle ilgili gözlemlerine dayanarak havzayı etkileyen etmenler ve havzayla ilgili sorunlarla ilgili olası çözüm önerileri üzerinde durmuştur. Temiz ve Durduran (2016), 1985-2015 yılları arasında, gölün kıyı şeridindeki değişimleri Landsat uydusunun verilerini kullanarak hesaplamışlardır. Elde ettikleri verilere göre göl, 30 yılda 70km<sup>2</sup>'lik küçülmüştür. Ek olarak Burdur Gölü için SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analizi üzerinde de çalışma yapmışlardır.

Çalışmanın amacı; hem Burdur gölündeki değişimleri değerlendirmek hem de farklı uydu görüntülerin su sınıflandırmada değerlendirmek. Bu çalışmada Göller Yöresi bölgesinde, Isparta ile Burdur illeri arasında bulunan Burdur Gölü'nün on yıllık değişimi, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada Landsat-7, Landsat-8, ve Sentinel-2 uydu görüntülerine obje bazlı sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırmada, literatürde de sık kullanılan, NDWI kullanılmıştır. Tüm görüntüler Eylül ayına aittir. Ek olarak mevsimsel değişim analizi için, 2017 ve 2019 yıllarının Nisan ve Mayıs aylarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

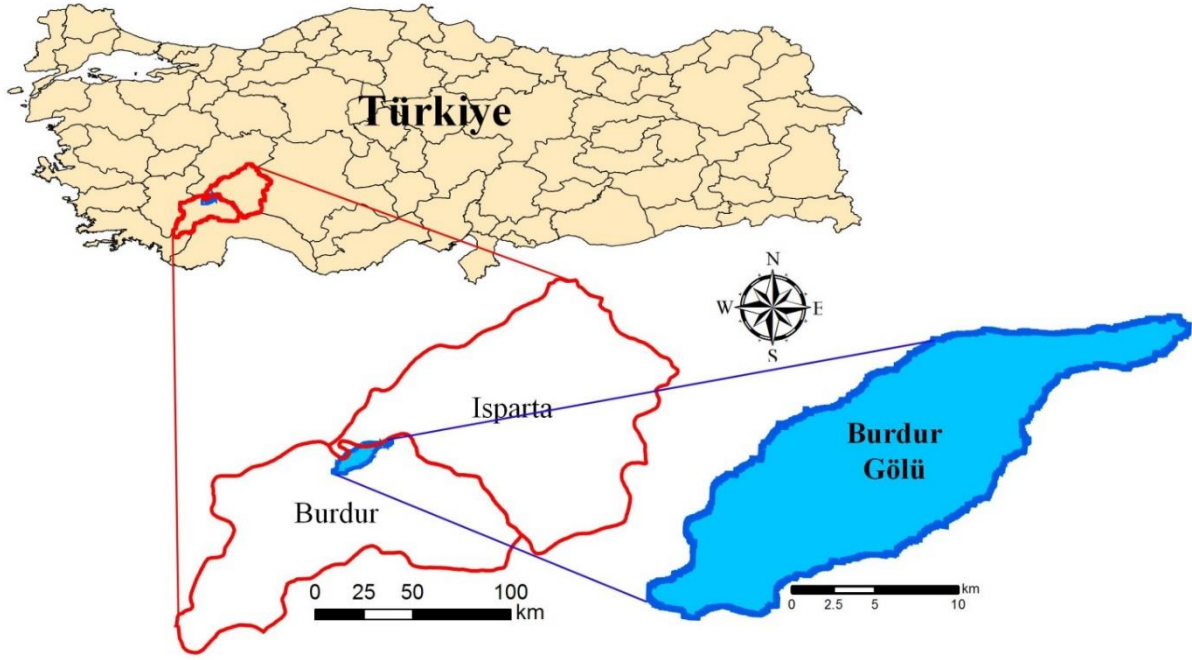
Burdur Gölü, göller yöresi bölgesinde Isparta ile Burdur illeri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Göl, göller bölgesi'nin en büyük gölleri arasındadır. Kuşlar için önemli bir konaklama merkezi görevi gördüğü için Türkiye'nin 13 Ramsar alanından (uluslararası öneme sahip sulak alan) biri olarak tescillenmiş olup aynı zamanda Yaban Hayatı Geliştirme Sahası statüsüne sahiptir. Göl, küresel ölçekte nesli tehlike altında olan bir ördek türünün, dikkuyruğun (*Oxyura leucocephala*) yakın zamana kadar dünyadaki nüfusunun çok büyük bir kısmının kışladığı bir alan olup ayrıca gölde gölün tuzlu suyuna uyum sağlamış endemik balık türleri de bulunmaktadır (Ataoğlu 2010).

Burdur Gölü, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda Söğüt Dağı ile Sulu Dere, Yayla Dağları arasında yer alan çöküntü gölüdür. Gölün güney ve kuzeyinde bulunan alüvyon alanda sazlıklar mevcuttur. Göl, Burdur Kapalı Havzası'nda yer almaktadır kısacası havzadaki sular denize ulaşmamaktadır. Kapalı havzada yer almasına bağlı olarak gölün suyu tuzludur. Genel anlamda göl; yağışlardan, gölü besleyen yüzey ve yeraltı sularından beslenirken kapalı havza olma özelliğinden dolayı meydana gelen buharlaşma ve yer altındaki kaçaklar gölün başlıca su kayıp parametreleridir.

Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş zonunda yer alan Burdur Gölü, 30 yıl öncesine kadar fazla dalgalanma göstermeyen bir su seviyesine sahip iken 1987 yılından itibaren sürekli su kaybetmeye başlamıştır (Ataoğlu 2010). 1971 yılında Burdur Gölü'nün en yüksek su seviyesine ulaşmış, 1971-2003 yılları arasında gölde su kaybı devam etmiş fakat 2003 yılında, su kaybında bir duraksama olmuştur (Yiğitbaşıoğlu ve Uğur 2010).

2012 yılındaki Burdur Gölü'nün Sorunları, Çözümleri, Yönetimi ve Ekonomik Potansiyeli raporuna göre Burdur Gölü Havzası içerisinde 17 gölet, 1 rezervuar ve 1 baraj olmak üzere toplam 19 adet su tutma yapısı bulunmaktadır. Bu su tutma yapılarından 12 adet gölet, 1 adet rezervuar ve 1 adet baraj tali havzalarından biri olan Bozçay Havzası'nda, geriye kalan 5 adet gölet diğer tali havzalarda yer almaktadır.

Havzadaki meteoroloji istasyonlarının ölçümlerine göre, uzun yıllar bölgenin yağış ortalaması 447 mm'dir. 1995'ten bu yana havzada yağışlı bir döneme girilmiş olmasına rağmen havzaya düşen yağışın neredeyse tamamı baraj ve göletlerde tutulduğu için, göl seviyesindeki düşüş, yağış artışına rağmen devam etmektedir.



Şekil 1: Burdur gölü ve çevresine ait yerler ile ilgili harita

## 2.2. Veri ve Yöntem

Genel olarak Türkiye'deki yağışlar ile Türkiye'nin iklim özellikleri göz önünde bulundurulduğunda haziran-eylül ayları kurak dönemleri temsil ederken nisan-mayıs ayları ise yağışlı ayları temsil etmektedir. Çalışma alanında ilk olarak 2009-2019 yılları arasındaki kurak dönem (eylül ayı) değişimlerini belirlemek için <https://earthexplorer.usgs.gov/> ve <https://scihub.copernicus.eu/dhus> sitelerinden Landsat ve Sentinel uydularına ait görüntüler indirilmiştir. Landsat-7, USGS ve NASA tarafından geliştirilen bir gözlem uydusudur. Uydu, Landsat Programı kapsamında geliştirilmiş olup uydunun ana hedefi, uydu fotoğraflarının küresel arşivini yenilemek, araştırmacılara güncel ve bulutsuz görüntüler sunmaktır. Program, USGS tarafından yönetilir, işletilir; Landsat-7'den gelen veriler, USGS tarafından toplanır ve dağıtılır. Landsat-7, 15 Nisan 1999 tarihinde uzaya fırlatılmıştır (URL-1 2020). Landsat-8; 11 Şubat 2013 tarihinde uzaya fırlatılan, USGS ve NASA tarafından geliştirilen bir gözlem uydusudur. Landsat 8 multispektral bantlarda 30 m, pankromatik bantta ise 15 m mekansal çözünürlüklü veri toplamaktadır. Landsat 7'de mevcut olmayan pankromatik banda sahiptir.

Copernicus Programı'ndaki Avrupa Uzay Ajansı (AUA) tarafından geliştirilen Sentinel-2, Sentinel-2A ve Sentinel-2B olmak üzere 2 uydudan oluşmaktadır. Bu uydular, 786 km yörünge yüksekliği ve 10, 20 ile 60m konumsal çözünürlüğe sahip 13 adet spektral bantıyla kutupsal yörüngeli multi-spektral görüntü alabilmektedir. Sentinel-2A, 23 Haziran 2015 tarihinde ve Sentinel-2B 7 Mart 2017 tarihinde uzaya fırlatılmıştır. İki uydu ekvatorda 5 günlük bir tekrar ziyaret süresi sağlamaktadır Sentinel-2 Uydusu, yüksek mekansal çözünürlüklü olup günümüzde pek çok araştırmada kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan bantlar 10m konumsal çözünürlüğe sahiptirler. Tablo 1'de çalışma kapsamında kullanılan bantlara ait spektral özellikler verilmiştir. Landsat-7, Landsat-8 ve Sentinel-2 verilerinin özellikleri, Şekil 2'de (URL-2 2020) gösterilmiştir.

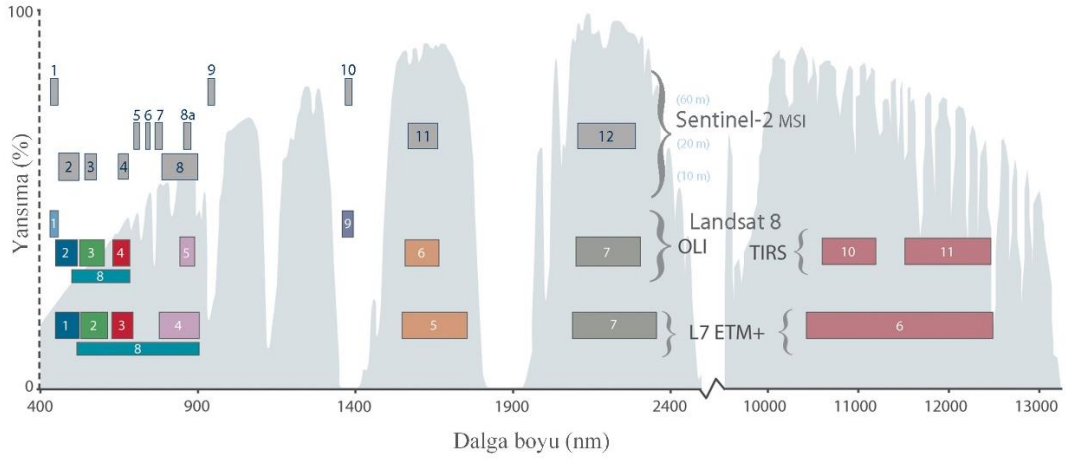
Kullanılan verilerde bulutluluk oranı %10'dan küçüktür. Genel olarak bulutluluk durumu gölün çevresinde olup; bulutluluğun giderilmesi için ek bir düzeltme yapılmamıştır. Landsat uydu görüntüleri <https://earthexplorer.usgs.gov/> internet sitesinden ön sipariş sonucu indirilmekle birlikte site, uydu görüntülerinde atmosferik ve radyometrik düzeltmeler yapmaktadır. Böylece Landsat verileri için atmosferik ve radyometrik düzeltmeler yapılmamıştır. Landsat-7'ye ait Satır Hatasını (Scan Line) düzeltmek için QGIS programı ve gap fill uygulaması kullanılmıştır. Şekil 3'de Landsat-7'ye ait olan görüntünün satır hatası düzeltilmeden önceki ve düzeltilmiş hali birlikte verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1: Sentinel ve Landsat uydularını spektral özellikleri (URL-3 2020; URL-4 2020)

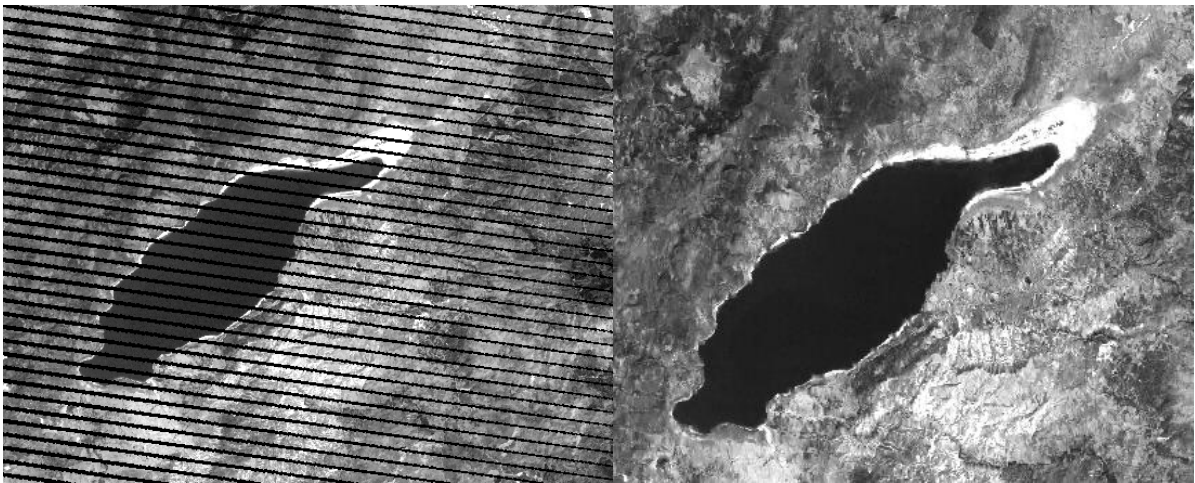
Sentinel 2 Uydusunun Spektral Özellikleri		
Bant Numarası	Spektral Çözünürlük (nm)	Konumsal Çözünürlük (m)
Bant 2 Mavi	458-523	10
Bant 3 Yeşil	543-578	10
Bant 4 Kırmızı	650-680	10
Bant 8 Yakın Kızılötesi	785-900	10

Landsat 7 Uydusunun Spektral Özellikleri		
Bant Numarası	Spektral Çözünürlük (µm)	Konumsal Çözünürlük (m)
Bant 1 Mavi	0.441-0.514	30
Bant 2 Yeşil	0.519-0.601	30
Bant 3 Kırmızı	0.661-0.692	30
Bant 4 Yakın Kızılötesi	0.772-0.898	30

Landsat 8 Uydusunun Spektral Özellikleri		
Bant Numarası	Spektral Çözünürlük (µm)	Konumsal Çözünürlük (m)
Bant 2 Mavi	0.452-0.512	30
Bant 3 Yeşil	0.533-0.590	30
Bant 4 Kırmızı	0.636-0.673	30
Bant 5 Yakın Kızılötesi	0.851-0.879	30



Şekil 2: Landsat-7 ile 8 ve Sentinel-2 bantlarının karşılaştırılması (URL-2 2020)



Şekil 3: Satır hatası düzeltilmeden önceki hali (solda), satır hatası düzeltilmiş hali (sağda) verilmiştir



Tablo 1: Uydu görüntülerine ait özellikler

Yıl	Görüntü Tarihi	Uydu	Uydu Özelliği	İndirilen Site
2009	06/09/2009	Landsat	Landsat 7_TM	Earth Explorer
2011	05/09/2011	Landsat	Landsat 7_TM	Earth Explorer
2013	09/09/2013	Landsat	Landsat 8_TM	Earth Explorer
2015	08/09/2015	Landsat	Landsat 8_TM	Earth Explorer
	18/09/2015	Sentinel	Sentinel 2_2A	Copernicus
2017	20/09/2017	Landsat	Landsat 8_TM	Earth Explorer
	07/09/2017	Sentinel	Sentinel 2_2A	Copernicus
2019	10/09/2019	Landsat	Landsat 8_TM	Earth Explorer
	07/09/2019	Sentinel	Sentinel 2_2A	Copernicus

Pankeskinleştirme; uydu görüntülerinde bulunan düşük çözünürlüğe sahip renkli bantların yüksek çözünürlüklü pan bantı kullanılarak çözünürlüğünün artırılmasını sağlayan veri bütünleştirme (fusion) yöntemleridir (URL-5 2020). Çalışmada Landsat-7 ve Landsat-8 uydusu için görüntü keskinleştirme uygulanmıştır. Bu kapsamda Envi Programı ile Gram Schmidt Metodu kullanılmıştır.

Literatürde birçok çalışmada NDWI su alanlarını sınıflandırmak için kullanılmıştı, fakat son yıllarda yapılan çalışmalarda nesne bazlı sınıflandırma ve NDWI kullanarak daha yüksek doğruluk elde edildiğini ortaya çıkarmıştır (Kaplan ve Avdan 2017). Burdur Gölü'nün sınırlarını çıkarmak için nesne bazlı sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma yöntemi olarak NDWI değerlerine eşik tanımlanmıştır ve sıfırdan büyük NDWI değere sahip olan objeler, su sınıfına atanmıştır. Analizler için eCognition Programı kullanılmıştır. Nesne bazlı sınıflandırmanın ilk adımı, segmentasyon işlemidir. Çalışmada Çoklu Çözünürlüklü Segmentasyon yöntemi uygulanmıştır. Çalışmanın amacı, Burdur Gölü'nün sınırlarını belirlemek olduğu için çalışmada iki sınıf mevcuttur: su ve diğer alanlar. Çoklu çözünürlüklü segmentasyonda sulak alanı daha iyi belirlemek amacıyla yakın kızıl ötesi bandına, kırmızı, mavi ve yeşil banttardan daha fazla ağırlık verilmiştir. Farklı parametreler deneyip Burdur Gölü'nün sınırlarını çıkarmak için en uygun değerler seçilmiştir. Bu çalışmada segmentasyon sırasında kullanılan parametreler Tablo 3'te verilmiştir, Şekil 4'te eCognition programı kullanılarak elde edilen Sentinel 2 uydusunun 2019 yılının eylül ayına ait segmentasyon figürü yer almaktadır. Segmentasyondan sonra NDWI değerleri kullanılıp sınıflandırma yapılmıştır. Burdur Gölü'nün sınırlarını çıkarmak için sıfırdan büyük değerler su sınıfına atanmıştır. NDWI'nin formülü aşağıda verilmiştir.

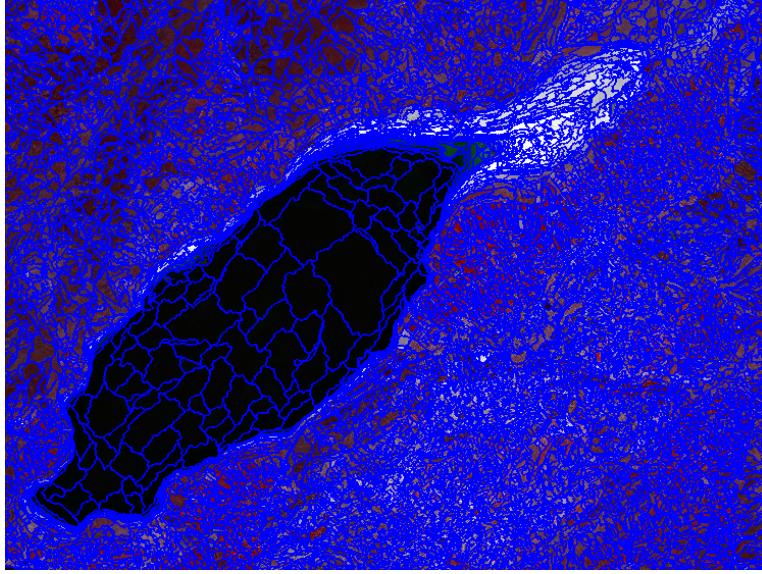
$$NDWI = \frac{Yeşil - YKÖ}{Yeşil + YKÖ} \quad (1)$$

NWDI değerleri hesaplamak için Landsat-7'nin ikinci ve dördüncü, Landsat-8'in üçüncü ve beşinci ve Sentinel-2'nin üçüncü ve sekizinci bantları kullanılmıştır.

Sonuçların doğruluğunu hesaplamak için çalışma alanının üzerinde, rastgele nokta yöntemi ile doğruluk analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında 2 sınıf sulak alan ve diğer alanlar yer aldığından her sınıfa 100'er adet olmak üzere toplamda 200 örnek noktası atılmıştır. Landsat verileri ile Sentinel eylül ayı verilerine doğruluk analizi yapılmıştır.

Tablo 3: Segmentasyon parametreleri

Bant ağırlıklar	Mavi: 1
	Yeşil: 1
	Kırmızı: 1
	Yakın kızıl ötesi: 2
Ölçek parametresi	100
Biçim parametresi	0.8
Yoğunluk parametresi	0.3



Şekil 4: Sentinel 2 uydusunun 2019 Eylül ayına ait görüntüsünün segmantasyon işlemi

### 3. Bulgular

Bu çalışmada Göller Yöresi bölgesinde, Isparta ile Burdur illeri arasında bulunan Burdur Gölü'nün on yıllık değişimi uzaktan algılama teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışma, farklı mekânsal çözünürlüklere sahip iki uydunun verileri ile elde edilen bulguları da karşılaştırma imkanı sağlamıştır.

Daha iyi sonuç alabilmek için, görüntü keskinleştirme yöntemiyle Landsat verilerinin çözünürlüğü 15 m'ye çıkarılmıştır. Görüntülerin detayları incelendiğinde kalitesinin arttığı görülmüştür. Böylece nesne tabanlı sınıflandırmaları, 15 m Landsat ve 10 m Sentinel-2'nin görüntüleri üzerinde yapılmıştır.

#### 3.1. Analiz Bulguları

Çalışma kapsamında ilk olarak Landsat-7 ve 8 uydularına ait 2009, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 yıllarında, eylül ayında çekilmiş veriler değerlendirilmiştir. Daha sonra da daha yüksek çözünürlüğe sahip (10 m) Sentinel Uydusuna ait 2015, 2017, 2019 yıllarının eylül ayı görüntüleri kullanılmıştır. Son olarak mevsimsel değişim analizi için Sentinel Uydusuna ait 2017 ile 2019 yıllarının Nisan ve Mayıs ayı görüntülerinden Burdur Gölü alan değişimi incelenmiştir.

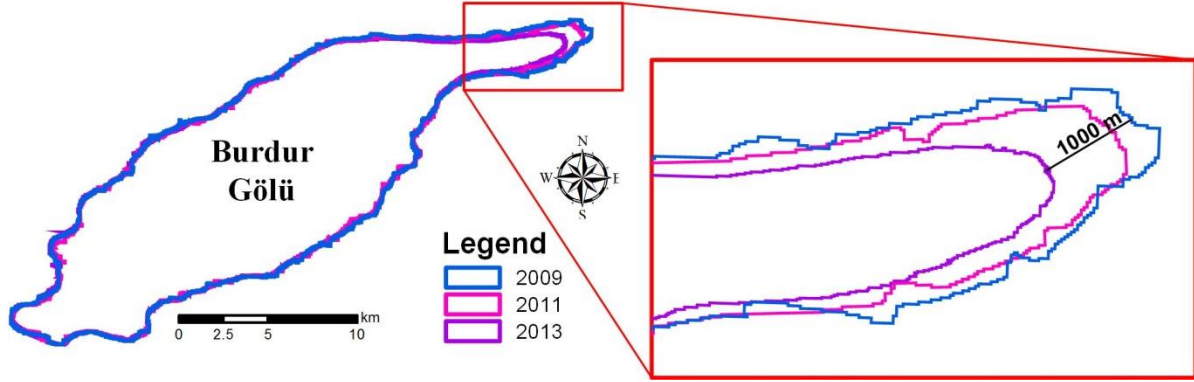
##### 3.1.1. Landsat Bulguları

Landsat-7 görüntüleri ile 2009 ve 2011 yıllarının Eylül verileri, Landsat-8 görüntüleri ile de 2013 yılının Eylül ayı verisi elde edilmiştir. Daha önceden de bahsedildiği üzere görüntülerin çözünürlükleri görüntü keskinleştirme yöntemiyle 15m yükseltilmiştir.

Sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. 2009'da gölün alanı 142 km<sup>2</sup>, 2011'de 139 km<sup>2</sup> ve 2013'te 136 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır (Tablo 4 ve Şekil 5). 2009-2013 yılları arasındaki yıllık değişim 1.5 km<sup>2</sup>'dir.

Tablo 4: 2009-2013 yıllarına ait alan verisi

Yıllar	Alan (km <sup>2</sup> )
2009	142
2011	139
2013	136

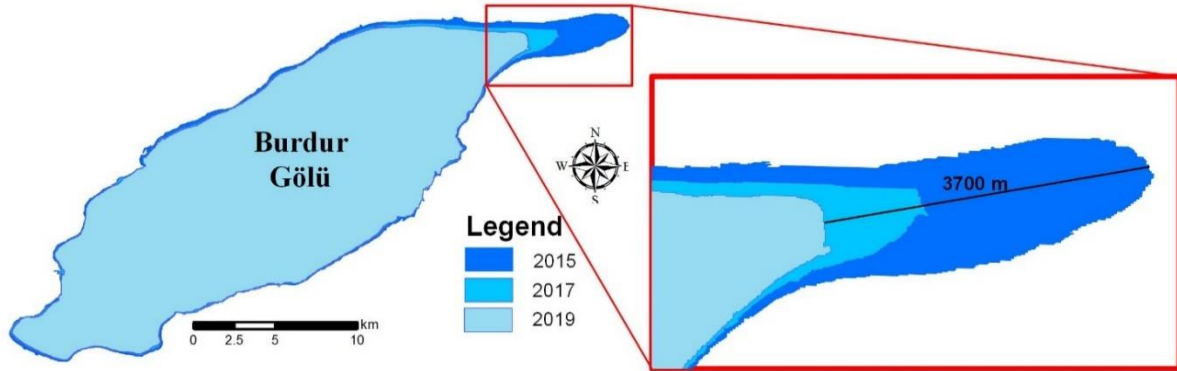


Şekil 5: Landsat – 7; 2009-2013 Eylül ayında gölün alansal değişimi

Landsat -8 görüntüleriyle 2019 ile 2017 yıllarının ve 2015 yılının Eylül ayı verileri elde edilmiştir. Gölün alanı, 2015'te 136 km<sup>2</sup>, 2017'de 130 km<sup>2</sup>, 2019'da da 126 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. 2015-2019 yıllarının arasındaki değişim, 10 km<sup>2</sup>'dir. Sonuçlar Tablo 4 ve Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 2: 2015-2019 yıllarına göre göl alanları

Yıllar	Alan (km <sup>2</sup> )
2015	136
2017	130
2019	126



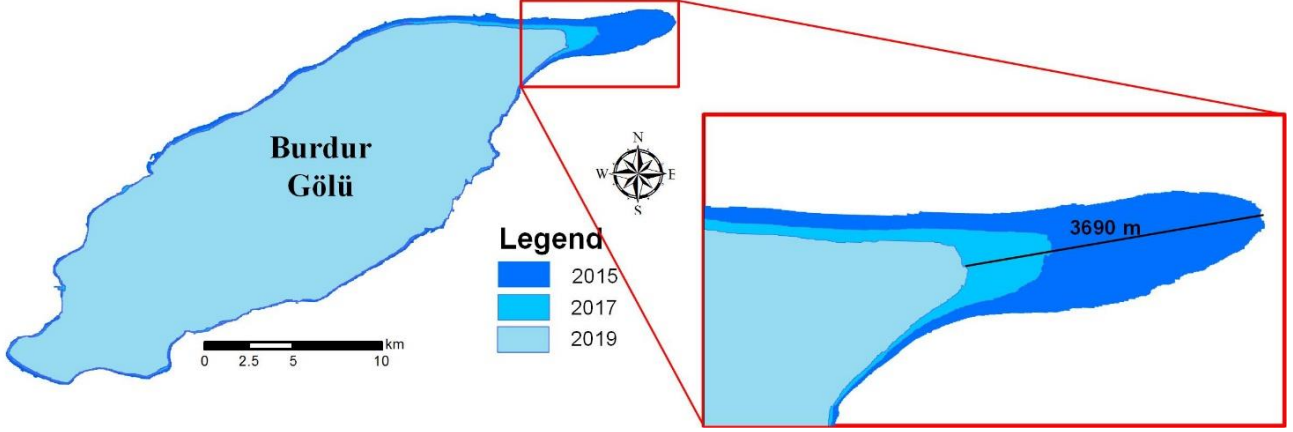
Şekil 6: Landsat – 8; 2015-2019 Eylül ayında gölün alansal değişimi.

### 3.1.2. Sentinel Bulguları

Sentinel-2 görüntüleri sonucunda elde edilen verilere göre, 2015-2019 yılları arasında su alanı 10 km<sup>2</sup> azalmıştır. Sonuçlar Tablo 5 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.

Tablo 3: 2015-2019 yıllarına göre göl alanları

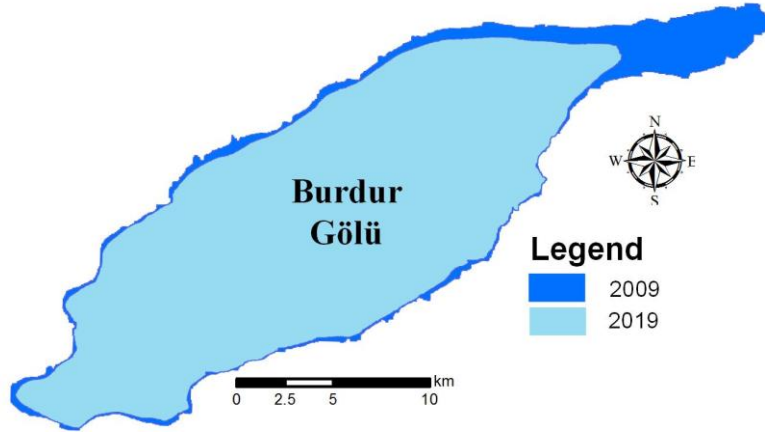
Yıllar	Alan (km <sup>2</sup> )
2015	135
2017	129
2019	125



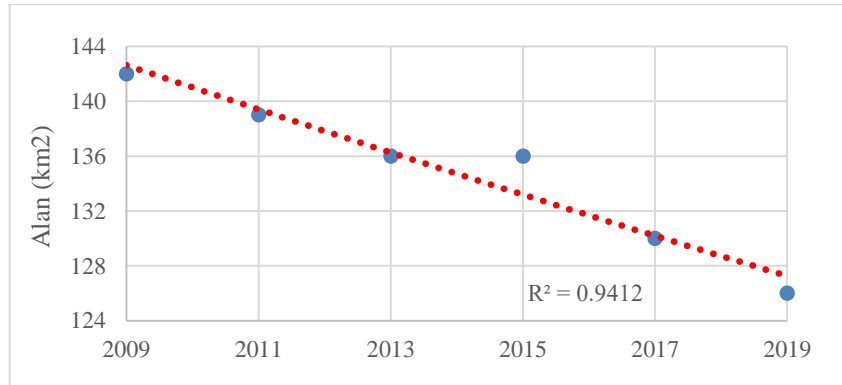
Şekil 7: Sentinel – 2 2015-2019 yılları Eylül ayında gölün alansal değişimi

### 3.1.3. Genel Değerlendirme

2009-2019 yılları arasındaki Landsat eylül ayı verileri toplu olarak değerlendirilmiştir (Şekil 8). Göl, toplamda 16 km<sup>2</sup>'lik bir azalış göstermiştir. Fakat bu azalış, düzenli bir şekilde olmamıştır. 2009-2013 yılları arasında yıllık ortalama 1.5 km<sup>2</sup>'lik bir azalış söz konusuken 2013 ile 2015 yıllarında bir azalış görülmemektedir. Buna karşın 2015-2017 yılları arasında 6km<sup>2</sup>'lik bir azalış görülmüştür. 2017-2019 yıllarında, yine ortalama 1.5 km<sup>2</sup>'lik bir azalış söz konusudur. Şekil 9'da alansal değişimin yıllara bağlı korelasyonu gösterilmiştir. Korelasyon, su miktarındaki yıllık değişimin doğrusal olarak azaldığını göstermektedir.



Şekil 8: 2009-2019 Eylül ayı gölün alansal değişimi



Şekil 9: Alansal değişimin korelasyonu

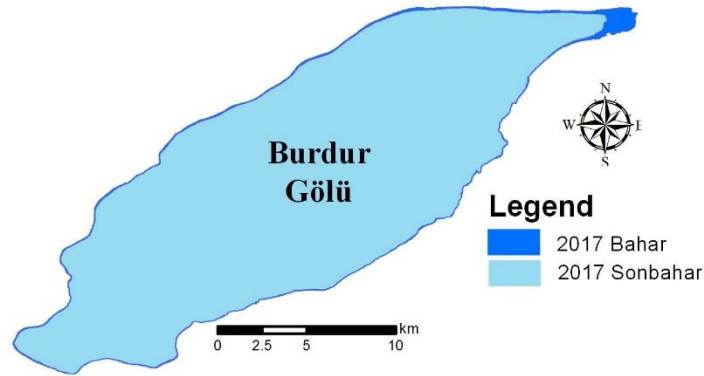


### 3.1.4. Mevsimsel Değişim

10 m çözünürlüğe sahip Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak 2017 ve 2019 yılları için, mevsimsel ve kurak dönemlerdeki farklar üzerine çalışılmıştır. Her iki yılda da bahar (nisan-mayıs) ve sonbahar (eylül) mevsimlerinin arasındaki değişim, 2 km<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar Tablo 6 ve Şekil 10'de verilmiştir.

Tablo 4: 2017-2019 yıllarına göre mevsimsel değişim

Yıllar	Bahar (km <sup>2</sup> )	Sonbahar (km <sup>2</sup> )
2019	127	125
2017	131	129

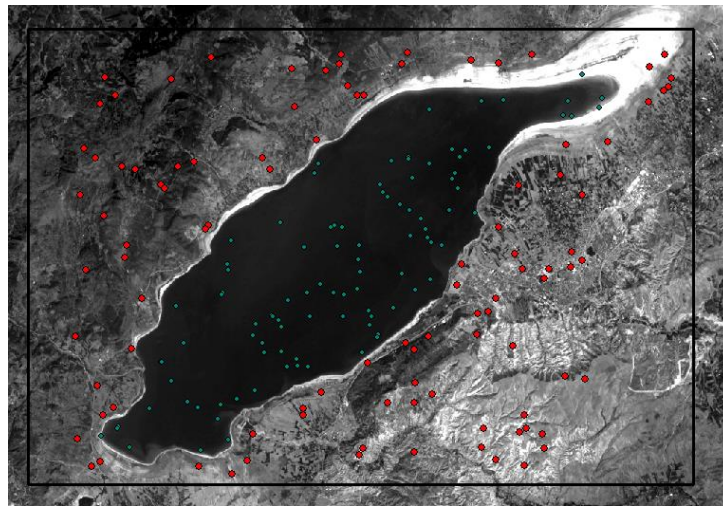


Şekil 10: 2017 yılı Burdur Gölü'nün mevsimsel alansal değişimi

### 3.2. Doğruluk Analizi

Çalışma kapsamında 2 sınıf sulak alan ve diğerleri mevcut olduğundan her sınıfa 100'er adet olmak üzere toplamda 200 örnek noktası atılmıştır (Banko 1998). Noktalar çalışma alanı üzerinde rastgele bir şekilde dağıtılmıştır (Şekil 11). Doğruluk analizi, Landsat verileri ve Sentinel Eylül ayı verilerine göre yapılmıştır.

2009-2019 yıllarının Eylül ayı verileri için doğruluk analizleri yapılmıştır. En düşük doğruluk, 2011 yılına ait olup %89'dur. En yüksek doğruluk sonucu ise 2019 yılına ait olup %95'dir. Doğruluk analizlerinin sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.



Şekil 11: Doğruluk Analizi için çalışma alanına ait rastgele seçilen noktalar

Tablo 7: Landsat doğruluk analizi matrisleri

Landsat - 7 / 2009 Referans veri					Landsat - 8 / 2015 Referans veri				
Su	89	11	100	0.89	Su	95	5	100	0.95
Diğer	10	90	100	0.90	Diğer	12	88	100	0.88
Toplam	99	101	200		Toplam	107	93	200	
	0.90	0.89		0.90		0.89	0.95		0.92
Landsat - 7 / 2011 Referans veri					Landsat - 8 / 2017 Referans veri				
Su	86	14	100	0.86	Su	93	7	100	0.93
Diğer	9	91	100	0.91	Diğer	9	91	100	0.91
Toplam	95	105	200		Toplam	102	98	200	
	0.91	0.87		0.89		0.91	0.93		0.92
Landsat - 7 / 2013 Referans veri					Landsat - 8 / 2019 Referans veri				
Su	94	6	100	0.94	Su	97	3	100	0.97
Diğer	10	90	100	0.90	Diğer	6	94	100	0.94
Toplam	104	96	200		Toplam	103	97	200	
	0.90	0.94		0.92		0.94	0.97		0.96

2015 – 2019 yılları Sentinel-2 görüntülerinden, eylül ayı verileri için doğruluk analizi yapılmıştır. En düşük doğruluk, 2015 yılına ait olup %94'tür. En yüksek doğruluk sonucu ise 2019 yılına ait olup %96'dır. Her iki uydu görüntüsü karşılaştırıldığında Sentinel-2 Uydusuna ait görüntülerin daha yüksek doğruluk değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bunun nedeni de Sentinel-2 uydusunun 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip olmasıdır. Buna karşılık çalışma kapsamında Landsat uydu görüntülerinin de görüntü keskinleştirme metoduyla mekânsal çözünürlükleri 15 m yükseltilmiştir. Tablo 8'de Sentinel-2 uydu görüntülerinden yapılan sınıflandırmanın doğruluk analizi verilmiştir.

Tablo 8: Sentinel-2 doğruluk analizi matrisleri

<b>Sentinel - 2 / 2015</b> Referans veri				
Su	95	5	100	0.95
Diğer	6	94	100	0.94
Toplam	101	99	200	
	0.94	0.95		0.95
<b>Sentinel - 2 / 2017</b> Referans veri				
Su	93	7	100	0.93
Diğer	3	97	100	0.97
Toplam	96	104	200	
	0.97	0.93		0.95
<b>Sentinel -2 / 2019</b> Referans veri				
Su	95	5	100	0.95
Diğer	4	96	100	0.96
Toplam	99	101	200	
	0.96	0.95		0.96

#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada; hem Burdur gölündeki değişimleri değerlendirip hem de farklı uydu görüntülerin su sınıflandırmada değerlendirilmiştir. Çalışmada Göller Yöresi bölgesinde, Isparta ile Burdur illeri arasında bulunan Burdur Gölü'nün on yıllık değişimi, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada Landsat-7, Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntülerine obje bazlı sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırmada, literatürde de sık kullanılan, NDWI kullanılmıştır. Kullanılan görüntüler eylül ayına aittir. Ek olarak mevsimsel değişim analizi için 2017 ve 2019 yıllarının Nisan ve Mayıs aylarına ait Landsat uydusundan daha yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Daha önce birçok çalışmada kullanılan NDWI analiz ve obje bazlı kontrollü sınıflama, Burdur Gölü için de yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre göl, 2009-2019 yılları arasında alansal olarak küçülmeye devam etmiştir. Göl, 2009-2013 yılları arasında yıllık 1.5 km<sup>2</sup> küçülürken 2015-2019 yılları arasında ortalama yıllık 3 km<sup>2</sup> küçülmüştür. Mevsimsel olarak incelendiğinde ise ortalama 2 km<sup>2</sup>'lik bir değişim söz konusudur.

Farklı mekansal çözünürlüklere sahip iki uydu için doğruluk analizi sonuçları farklılık göstermektedir. Landsat uydu görüntülerinde doğruluk analizi sonuçları % 89-95 arasında değişmektedir. Sentinel uydu görüntülerinde doğruluk analizi sonuçları % 94-96 arasında değişmektedir. Genel olarak doğruluk analizi %90 ve üzerinde olup; Landsat uydu görüntüleri için uygulanan pankeskinleştirme sonucu artan mekânsal çözünürlük doğruluk değerlerini de arttırmıştır. Mekansal çözünürlük arttıkça doğruluk değerleri de artmaktadır.

2012 yılına ait Burdur Gölü raporu verilerine göre 1970 yılında gölün alanı 274 km<sup>2</sup> iken 2012 yılında 149 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Göl, 42 yılda 125 km<sup>2</sup> küçülmüştür. 42 yıl için yıllık değişim miktarı ise 2.9 km<sup>2</sup>'dir. Temiz vd. (2017)'ye göre göl, 1985-2015 yılları arasında 70 km<sup>2</sup> küçülmüştür. Yıllık değişim miktarı ise 2,3 km<sup>2</sup>'dir. Gölün alanı ise son 10 yılda yıllık ortalama 1,6 km<sup>2</sup> azalmıştır. Daha önce elde edilen veriler ve elde ettiğimiz veriler birlikte incelendiğinde, gölün azalım trendinin değişim gösterdiği görülmektedir. Genel trendde yıllık değişim 2.5 km<sup>2</sup> alınır ve bu trend devam ederse gölü besleyen parametrelerde bir artış, değişim söz konusu olmaz ise genel anlamda 2070 yılında göl tamamen kuruyabilir. Gölün su seviyesindeki farklılığın sadece mevsimsel değişimler sonucu olmadığı açıktır. Daha önceki çalışmalarda da belirtildiği üzere gölü besleyen suların akışının değiştirilmesi artan antropojenik etkilerden de kaynaklanmaktadır. Göl alanının azalması fakat buharlaşmanın sabit olması dolayısıyla da gölün su kalitesinin düşeceği (artan tuzluluk oranı) bilinmektedir.

Daha sonraki çalışmalarda bölgedeki tarım alanları nesne tabanlı sınıflama ile belirlenip bu alanlardaki tarım ürünlerinin su ihtiyacı saptandığında mevsimsel bazlı değişimin nedeni ortaya konulabilir. Bunlara ek olarak gölü besleyen akarsuların hidrolojik özellikleri UA ve CBS yöntemleri ile belirlenerek göl için detaylı bir modelleme yapılabilir.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde yürütülen Uzaktan Algılamada Özel Konular dersi kapsamında yapılmıştır. Değerli yorumları ve katkıları için Majid Aghlmand ve Mohammad Asef Mobariz'e teşekkürlerimizi sunarız.

#### Kaynaklar

- Acharya T.D., Subedi A., Lee D.H., (2019), *Evaluation of machine learning algorithms for surface water extraction in a Landsat 8 scene of Nepal*, Sensors, 19(12), 2769, doi: 10.3390/s19122769.
- Aksoy T., Sarı S., Çabuk A., (2019), *Sulak alanların yönetimi kapsamında su indeksinin uzaktan algılama ile tespiti, Göller Yöresi*, GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics, 2(1), 35-48.
- Anderson M., Gao F., Knipper K., Hain C., Dulaney W., Baldocchi D., Eichelmann E., Hemes K., Yang Y., Medellin-Azuara J., (2018), *Field-scale assessment of land and water use change over the California Delta using remote sensing*, Remote Sensing, 10(6), 889, doi: 10.3390/rs10060889.
- Ataol M., (2010), *Burdur Gölü'nde seviye değişimleri (The water level changings in Burdur Lake)*, Turkish Journal of Geographical Sciences, 8(1), 77-92.
- Banko G., (1998), A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data and of methods including remote sensing data in forest inventory, IIASA Interim Report. IIASA, Laxenburg, Austria.
- Emanuel R.E., (2018), *Climate change in the Lumbee River watershed and potential impacts on the Lumbee tribe of North Carolina*, Journal of Contemporary Water Research & Education, 163(1), 79-93.
- Giardino C., Bresciani M., Villa P., Martinelli A., (2010), *Application of remote sensing in water resource management: the case study of Lake Trasimeno, Italy*, Water Resources Management, 24(14), 3885-3899.
- Kaplan G., Avdan U., (2017), *Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery*, European Journal of Remote Sensing, 50(1), 137-143.
- Kaplan G., Avdan Z.Y., Avdan U., Jovanovska T., (2019), *Uzaktan algılama teknikleriyle uluslararası suların izlenmesi: Dojran Gölü örneği*, International Disaster and Resilience Congress, Eskişehir, Turkey, ss. 413-418.
- Kaya L.G., Yücedağ C., Duruşkan Ö., (2015), *Burdur Gölü havzasının çevresel açıdan irdelenmesi*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1), 6-10.

- Kwang C., Jnr E.M.O., Amoah A.S., (2018), *Comparing of landsat 8 and sentinel 2A using water extraction indexes over Volta River*, Journal of Geography and Geology, 10(1), 1-7.
- Sarp G., Ozcelik M., (2017), *Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey*, Journal of Taibah University for Science, 11(3), 381-391.
- Temiz F, Durduran S.S., (2016), *Monitoring coastline change using remote sensing and GIS technology: a case study of Acıgöl Lake, Turkey*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 44(4), 042033, doi:10.1088/1755-1315/44/4/042033.
- URL-1, (2020), *Landsat 7*, Vikipedi Özgür Ansiklopedi, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Landsat\\_7](https://tr.wikipedia.org/wiki/Landsat_7), [Erişim 01 Mayıs 2020].
- URL-2, (2020), *Comparison of Landsat 7 and 8 bands with Sentinel-2*, <https://www.usgs.gov/media/images/comparison-landsat-7-and-8-bands-sentinel-2>, [Erişim 01 Mayıs 2020].
- URL-3, (2020), *Sentinel online*, The European Space Agency, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>, [Erişim 01 Mayıs 2020].
- URL-4, (2020), *U.S. Geological Survey*, <https://www.usgs.gov/>, Erişim 01 Mayıs 2020].
- URL-5, (2020), *Pan keskinleştirme*, <https://www.gezgin.gov.tr/pansharp/>, [Erişim 10 Ağustos 2020].
- Yang X., Zhao S., Qin X., Zhao N., Liang L., (2017), *Mapping of urban surface water bodies from Sentinel-2 MSI imagery at 10 m resolution via NDWI-based image sharpening*, Remote Sensing, 9(6), 596, doi: 10.3390/rs9060596.
- Yığıtbaşıoğlu H., Uğur A., (2010), *Burdur Gölü havzasında arazi kullanım özelliklerinden kaynaklanan çevre sorunları*, Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 2(2), 129-143.