Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi

Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering

AKÜ FEMÜBİD **20** (2020) 045503 (623-633) AKU J. Sci. Eng. **20** (2020) 045503 (623-633)

DOI: 10.35414/ akufemubid.711653

Araştırma Makalesi / Research Article

Burdur Gölü Kıyı Şeridindeki Değişiminin Uzaktan Algılama ile Haritalanması

Aslı SABUNCU[1]

[1] *Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Jeodezi Anabilim Dalı Üsküdar, İstanbul, Türkiye.*

e-posta: asli.turgutalp@boun.edu.tr ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3924-6628

Geliş Tarihi: 30.03.2020 Kabul Tarihi: 30.08.2020

Öz

Burdur Gölü, Türkiye'nin güneybatısındaki Isparta ve Burdur illeri arasında yer almaktadır.Tektonik kökenli ve alkali yapıda olan Burdur gölünün suyu tuzludur. Göl aynı zamanda birçok farklı kuş türü için önemli sulak alan için Ramsar alanı olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, Burdur Gölü'nün kıyı şeridinin yıllar içindeki konumsal değişimlerini uzaktan algılama yaklaşımları kullanarak analiz etmektir. Bu amaç doğrultusunda dört adet çok zamanlı Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri çalışmanın uygulama safhasında kullanılmıştır. Belirli bir zaman aralığında ve bölgede meydana gelen değişimleri izlemek için, En çok benzerlik ve Destek Vektör Makinesi (DVM) gibi piksel tabanlı görüntü sınıflandırmasını kullanmak, belirtilen zaman aralığı arasındaki değişiklikleri doğru bir şekilde izlemek için etkili bir yoldur. Piksel tabanlı sınıflandırma uygulamalarının yanı sıra, su kütlesi alanının çıkarılması ve bu alanların CBS platformunda sayısallaştırılması için Modifiye Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) kullanılmıştır. Tüm sınıflandırma sonuçları ile MNDWI indis sonuçları Burdur Gölü'nün su yüzey alanı % 40'ını kaybettiğini ve Burdur Gölü'nün toplam alanının 1986'da 206 km² iken şu anda 125 km² olduğunu göstermiştir. Uygulanan uzaktan algılama yöntemleri ile Burdur Gölünün 1986-2019 yılları arasında yüzey alanında önemli bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir.

Anahtar kelimeler
Burdur Gölü; DVM Sınıflandırma; En Çok Benzerlik Sınıflandırma; MNDWI; Landsat 5; Landsat 8

Mapping Burdur Lake Shoreline Changes Using Remote Sensing

Abstract

Burdur Lake is sitauted between the provinces of Isparta and Burdur in the southwest of Turkey. It is a alkaline and saline lake with tectonic origin. The lake is also designated as RAMSAR site for significant wetland site for many different bird species. The main objective of this study is to analyze the spatial changes of Burdur Lake by using remote sensing approaches. Four multi-temporal satellite images of Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI were used to monitor and map the shoreline changes for the lake. Using pixel based image classification including maximum likelihood and Support Vector Machine (SVM) are the effective way in order to monitor the changes between specified time interval accurately. Besides pixel based classification applications, spectral water indexes including Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) were used for the extraction of the water body area and digitize these areas in the GIS platform. The results of all classifications and MNDWI indice indicated that Burdur Lake lost its % 40 of water body surface and the total area of Burdur lake was 206 km² in 1986 and now is 125 km². Burdur lake based on the applied methods bring out a significant diminishing trend in surface area between the time period of 1986 and 2019 in this study.

Keywords
Burdur Lake; SVM Classification; Maximum Likelihood Classification; MNDWI; Landsat 5; Landsat 8

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Kıyı şeridi; deniz, tabii ve suni göl ve akarsuların veya bir su kütlesinin kenarının kara ile birleşmesi ile oluşan çizgi olarak tanımlanmaktadır. Kıyı şeridi boyunca meydana gelen değişiklikler temel olarak insan, iklim ve doğal afet kaynaklı olmaktadır (Aouiche et al., 2016; French, 2001; Pardo-Pascual et al., 2012). Ayrıca, tabii ve suni göllerdeki kıyı

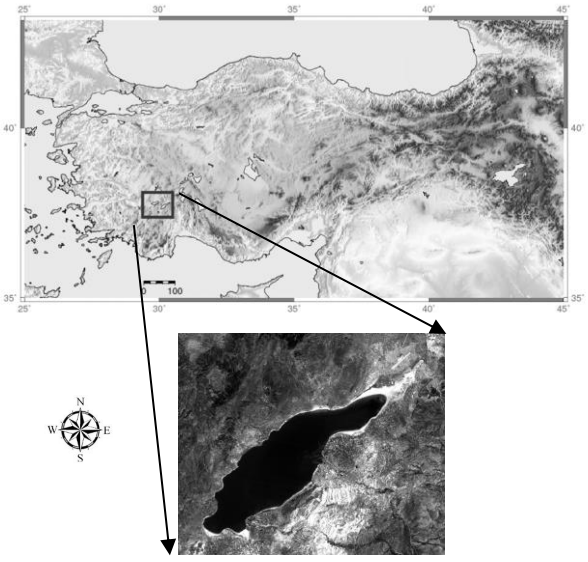
şeridinin ani olarak değişimi, tarım ve hayvancılık için gereksiz su kullanımı, göl çevresinde meydana gelen hızlı kentleşme, turistik yapılaşma, ormansızlaştırma faaliyetleri gibi antropojenik faaliyetler sonucu meydana gelmektedir (Du et al. 2001, Yan et al. 2002, Penny and Kealhofer 2005, Legesse and Ayenew 2006, Kiage et al. 2007, Aykut 2019). Kıyı şeridi değişiklikleri aynı zamanda sadece suyun kalitesini değil, göl suyu ve çevresini de etkilemektedir (Aladin et al., 2005, Timoshkin et al., 2016, Babich et al, 2016). Kıyı şeridi çizgisinin belirlenmesinde harita mühendisliğinin farklı ölçme yöntemleri dünyada ve ülkemizde uzun yıllardır uygulanmakta olup uzun yıllar boyu araştırma konusu olmuştur. Bu yöntemler; klasik ölçme (Ingham, 1992), yersel ve hava fotogrametrisi (Güney ve Polat, 2015), uzaktan algılama (Saroğlu vd., 2005; Bayram vd., 2017; Jahncke vd., 2018) ve LIDAR (Almeida vd., 2015; Andriolo vd., 2018) çalışmaları olup bu yöntemler ile elde edilmiş veriler kıyı kenar çizgisi çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, Bayram, vd. (2016) IHA-LIDAR ve IHA-Kamera verileri kullanarak otomatik kıyı çizgisi çıkartılmasına yönelik bir çalışmaları mevcuttur. Yoo ve Oh (2016) ise yaptıkları çalışmada IHA-Kamera sistemini kullanarak kıyı erozyonunun üç boyutlu (3B) belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır.

Son yirmi yılda, uzaktan algılamanın farklı yaklaşımlarının ortaya çıkmasıyla, Türkiye'deki göllerin kıyı şeridinin tespit edilmesi, kıyı kenar çizgilerindeki zamansal ve mekansal olarak değişiminin tespit edilmesi ile ilgili çok çeşitli çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu çalışmalardan bazıları Uluabat Gölü (Tagil 2007), Tuz Gölü (Ormeci ve Ekercin, 2007), Eğridir Gölü (Kalkan vd. 2013), Acıgöl Gölü (Temiz ve Durduran 2016), Burdur Gölü (Yıldırım ve Uysal 2011, Sarp ve Özçelik 2016, Davraz vd. 2019), Sapanca Gölü (Duru 2017) olup bu çalışmalarda uydu görüntüleri kullanılarak kıyı şeridinde ve çevresinde zaman içinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Burdur Gölü kıyı şeridinde 1986 - 2019 yılları arasında meydana gelen değişimin çok zamanlı Landsat uydu verileri kullanılarak uzaktan algılama yaklaşımları ile belirlenmesidir. Kullanılan uzaktan algılama algoritmaları, en çok benzerlik sınıflandırması, destek vektör makineleri sınıflandırması ve modifiye normalize fark su indeksidir. Bu uygulamalar ile sonuçlar ayrıca karşılaştırılmış ve uzaktan algılama yöntemlerinin bu tür araştırmalarda ne kadar etkili olduğu görülmüştür.

2. Çalışma Bölgesi

Bu çalışmada, 1986-2019 yılları arasında Burdur Gölü kıyı şeridi değişimleri uydu görüntüleri kullanılarak araştırılmıştır. Çalışma bölgesinin koordinatları 37^o 36 ”5.11” -37^o 57 ”26.77” K ve 29^o 41 ”27.37” ’- 30^o 25” 16.87 ”’ D'dur (Şekil 1). Burdur Gölü, Türkiye'nin güneybatısında Isparta ve Burdur illeri arasında bulunan tektonik kökenli bir göldür. Türkiye’de yer alan göller arasında yedinci en büyük ve tuzlu göller arasında ise üçüncü sırada yer almaktadır. Burdur Gölü Türkiye’de tespit edilmiş olan 14 Adet Ramsar alanı içinde yer alan bir göldür. Ayrıca Burdur Gölü su kuşları için önemli bir barınma, üreme noktaları arasında yer almaktadır. Her kış, gölde 300.000’e kadar kuş konaklamaktadır (İnt. Kayn1 , 2020). Burdur gölü kapalı havza özelliğine sahip olup suyun kaynağı; akiferlerden mevsimsel, yeraltı akışı ve yağış ile yüzey akışları ile şarj edilmektedir. Göl suyunun azalmasının ana nedeni ise buharlaşmadır (Davraz vd. 2019).



Şekil 1. Çalışma bölgesinin haritası ve Burdur Gölü’nün pankromatik modda Landsat 5 görüntüsü.

3. Veri Seti

Çalışmada, 1986-2019 yılları arasında, Burdur Gölü kıyı şeridinde meydana gelen konumsal değişikliklerini tespit etmek için çalışma alanına ait iki farklı veri seti kullanılmıştır. İlk veri seti, Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar kurumunun (USGS) web sitesinden indirilen Landsat uydu görüntüleridir (İnt. Kayn 2 ,2019). Çizelge 1'de, bu çalışmada kullanılan Landsat uydu verilerinin teknik özellikleri verilmektedir.

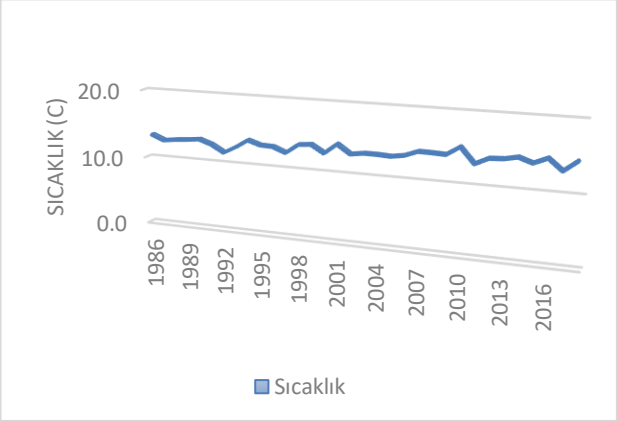
Çizelge 1. Uygulamada kullanılan veri setine ait alım tarihleri.

Burdur Gölü		
Alım Tarihi	**Uydu/Sensör**	**Yörünge/Dizi**
20 Haz 1986	Landsat 5/TM	178/034
25 Haz 1997	Landsat 5/TM	179/034
23 Haz 2008	Landsat 5/TM	179/034
08 Tem 2019	Landsat 8/OLI	179/034

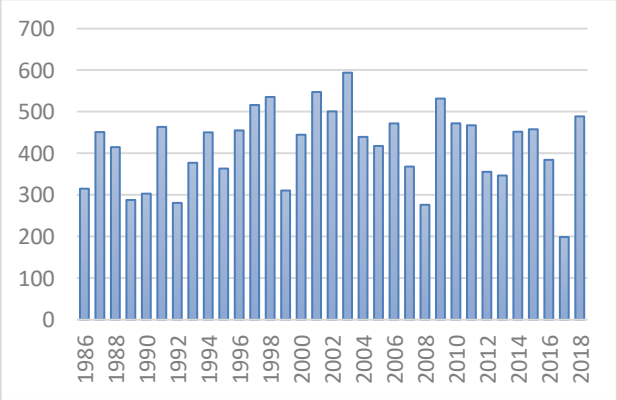
Uzaktan algılama analizlerinde 20 Haziran 1986, 25 Haziran 1997 ve 23 Haziran 2008 tarihlerine ait üç adet Landsat 5 TM ve 08 Temmuz 2019 tarihine ait bir adet Landsat 8 OLI / TIRS verisi kullanılmıştır. Uydu görüntüleri web sitesinden indirilirken görüntünün bulutluluk oranının sıfır olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca fenolojik ve hidrolojik etkileri en aza indirmek için tüm uydu görüntüleri aynı mevsimlerde alınmıştır.

İndirilmiş olan ham uydu görüntülerine ön işleme adımları uygulanmıştır. Bu ön işlem adımları sırası ile bantların birleştirilmesi (Layer stacking), belirlenmiş olan çalışma alanının birleştirilmiş görüntüden kesilmesi (subset), geometrik ve radyometrik düzeltmedir. Bahsedilen ön işlem adımları tamamlandıktan sonra sınıflandırma ve indeks adımına geçilmiştir.

İkinci veri seti ise, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Meteoroloji Laboratuvarı'ndan alınan Burdur Gölü çevresine ait 1986 yılından 2018 yılına kadarki süreçte yağış ve sıcaklık verisini içeren meteorolojik veridir. Çalışma bölgesine konum olarak en yakın olan Burdur istasyonunun 1986-2018 yılları arasında kaydettiği yağış ve sıcaklık değişimleri sırası ile şekil 2a ve şekil 2b'de gözlenmektedir. 32 yıllık meteorolojik veriler incelendiğinde bölgenin sıcaklık verisinde artış olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde yağış verileri incelendiğinde ise bölgenin aldığı yağışın son yıllarda azaldığı ve hatta düzensiz olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2a. Burdur istasyonunun 1986-2018 yılları arası derece biriminden sıcaklık değişimi.



Şekil 2b. Burdur istasyonun 1986-2018 yılları arası sıcaklık yağış verilerinin milimetre biriminden gösterimi.

Ayrıca Burdur ilinin 1932-2018 yılları arasındaki ortalama yağış ve sıcaklık verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün internet sitesi arşivinden alınmıştır (İnt. Kayn 3 ,2020). Elde edilen verilere göre, 1932-2018 yılları arasında Burdur ilinin ortalama yıllık yağış miktarı 426,9 mm ve yıllık ortalama sıcaklık değeri 13,3°C olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan 1986-2018 yılları arasındaki veriler incelendiğinde ise yıllık ortalama yağış 416,5 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 13,5°C'dir. Burdur ilinin ortalama sıcaklığı 0,2°C artmış ve yıllık yağış miktarı ise 10,4 mm azaldığı gözlenmiştir. Burdur gölü yapısı gereği kapalı havzadır. Gölün su kaynağı akiferlerden mevsimsel, yeraltı akışı ve yağış ile yüzey akışları ile şarj edilmesi ile olmaktadır. Göl suyunun azalması ile hava

sıcaklığının artması sonucu buharlaşmadır. Göldeki kıyı şeridi değişiminde ise meteorolojik veriler önemli rol oynamakta ve Burdur ilinin ortalama sıcaklığının artması ve yağış miktarının azalması ile ilişkili olduğu görülmektedir.

4. Uygulanan Yöntemler

Bu çalışmada, Burdur Gölü'nün 33 yıllık dönemde kıyı şeridinde meydana gelen değişimleri belirlemek ve alansal değişiklikleri hesaplamak için piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinden en çok benzerlik ve destek vektör makineleri algoritmalarına başvurulmuştur. Ayrıca piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi dışında gölü uydu görüntülerinden çıkartmak için modifiye normalize su indeksi de uydu görüntülerine uygulanmıştır. Çalışmada yer alan tüm uygulamalar için ENVI 4.8 (Exelis Vis. Inf. Sol.) yazılımı kullanılmıştır.

4.1 Spektral Su İndeksi

Uydu görüntülerinden sulu ortamların, kapalı göllerin veya akışkan nehirlerin verimli olarak ayırt edilmesi ve su bileşenlerinin tanımlanması için uzaktan algılamada su indekslerine başvurulmaktadır. Su indeksi (Normalized Difference Water Index) (NDWI), uydu görüntülerinden su bileşenlerinin tanımlanması için McFeeters (1996) ve Gao (1996) tarafından geliştirilmiştir. McFeeters (1996)'ın geliştirdiği NDWI su indeksi ile yakın kızıl ötesi (NIR) ve görünür yeşil (Green) bandı kullanarak toprak ve yerüstü bitkilerinin elimine edilmesiyle su bileşenleri belirlenir. NDWI aynı zamanda su yüzeyinin bulanıklığının belirlenmesi çalışmalarında da kullanılmaktadır. Xu (2006), McFeeters (1996) tarafından geliştirilen su indeksi modelini temel alarak Modifiye Normalize Fark Su İndisi (MNDWI) modelini geliştirmiştir.

4.1.1. Modifiye Normalize Fark Su İndeksi

Modifiye Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) (Xu 2006) tarafından uydu görüntülerindeki akışkan suyu daha kesin ve net olarak saptamak için bantların orantılanmasını önermiştir. MNDWI'de, yeşil bant yakın kızıl ötesi bandından daha yüksek yansıtıcılığa sahip olması sebebiyle yakın kızıl ötesi bandı yerine yeşil bant kullanılmaktadır. Landsat 5 TM uydu görüntülerinde yeşil bant 2. Bant, kısa dalga kızıl ötesi (SWIR I) 5. Banttır. Landsat 8 OLI uydu görüntüsünde ise yeşil bant 3. Bant ve kısa dalga kızıl ötesi ise 6. Banttır. MNDWI spektral indeksinin hem Landsat 5 TM hem de Landsat 8 OLI için kullanılan denklemleri eşitlik 1 ve eşitlik 2 olarak aşağıda sırası ile verilmiştir.

Veri setindeki uydu görüntülerine uygulanan MNDWI için eşik değerler -1 ve +1 arasında yer almaktadır. Çalışmadaki ana amaç göl yüzey alanının diğer bölgelerden ayırt edilmesi nedeni ile su alanları için eşik değer +0.6 ve üstü olarak belirlenmiş ve bütün veri setine uygulanmıştır. Şekil 3'te ise MNDWI spektral indeksinin uydu görüntülerine uygulanması sonrası yıllara göre Burdur gölündeki değişim açıkça gözlemlenebilmektedir.

$$\text{MNDWI} = (\text{Band 2}-\text{Band 5})/(\text{Band 2}+\text{Band 5}) \quad (1)$$

$$\text{MNDWI} = (\text{Band 3}-\text{Band 6})/(\text{Band 3}+\text{Band 6}) \quad (2)$$

Elde edilen MNDWI spektral indekslerinin görüntüleri, Coğrafi Bilgi sistemleri yardımı ile yıllara göre elle sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma sonucu elde edilen değişimi gösteren veriler Şekil 4'te verilmiştir.

4.2 Piksel Tabanlı Sınıflandırma

Uzaktan algılama uygulamalarında, uydu görüntülerinden çalışma bölgelerine ait tematik haritaların oluşturulması sınıflandırma uygulaması ile mümkündür. Sınıflandırma, tespit edilmiş sınıf sayısına göre uydu görüntülerindeki piksellerin ilgili sınıflarla ilişkilenmesi ve atanması işlemidir. Piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri, en kısa mesafe, en çok benzerlik, paralelkenar, destek vektör makineleri olup bu çalışmada en çok benzerlik ve destek vektör makineleri algoritmaları kullanılmıştır.

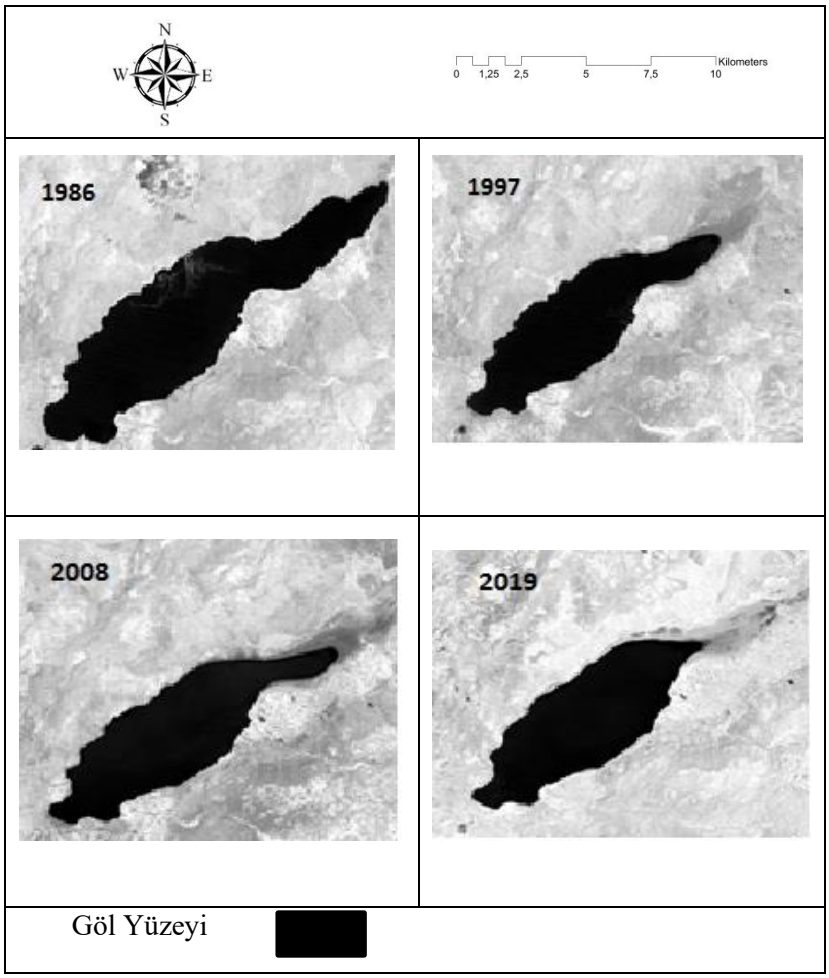
4.2.1 En Çok Benzerlik ile Sınıflandırma

Piksel tabanlı sınıflandırma içinde literatürde en sık başvurulan ve kullanılan yöntem en çok benzerlik yöntemidir. Yöntemin ana amacı, sınıflar için eş olasılık eğrileri tanımlayarak sınıflandırılacak olan piksellerin üyeliği, en yüksek olana atanmasıdır (Sabuncu 2018). Çalışmada Burdur gölüne ait 1986, 1997, 2008 ve 2019 yıllarına ait uydu görüntülerine

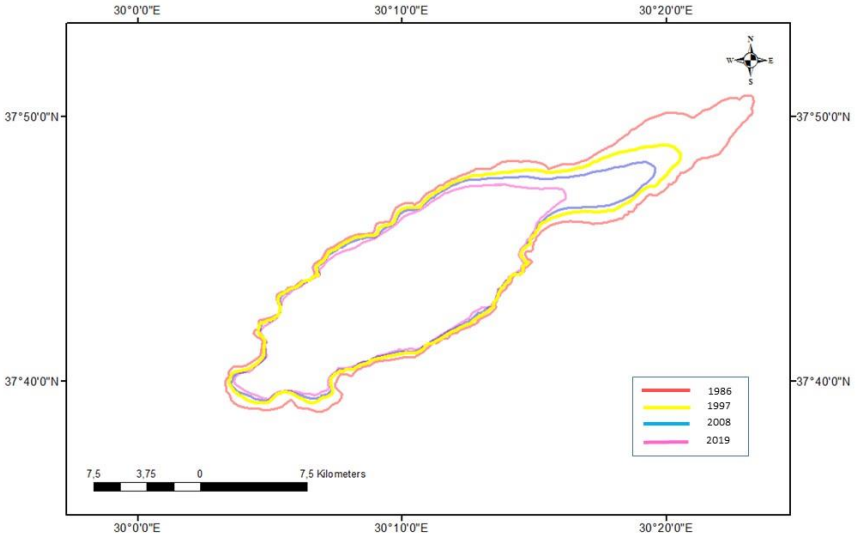
en çok benzerlik algoritması uygulanarak sınıflandırma yapılmıştır. Bu çalışmadaki ana amaç gölün kıyı şeridinde meydana gelen değişim olması nedeni ile uydu görüntülerinde sınıflar göl ve diğerleri olarak belirlenmiştir. Şekil 5'te yıllara göre Burdur Gölünün değişimi görülmektedir.

4.2.2 Destek Vektör Makineleri Sınıflandırma

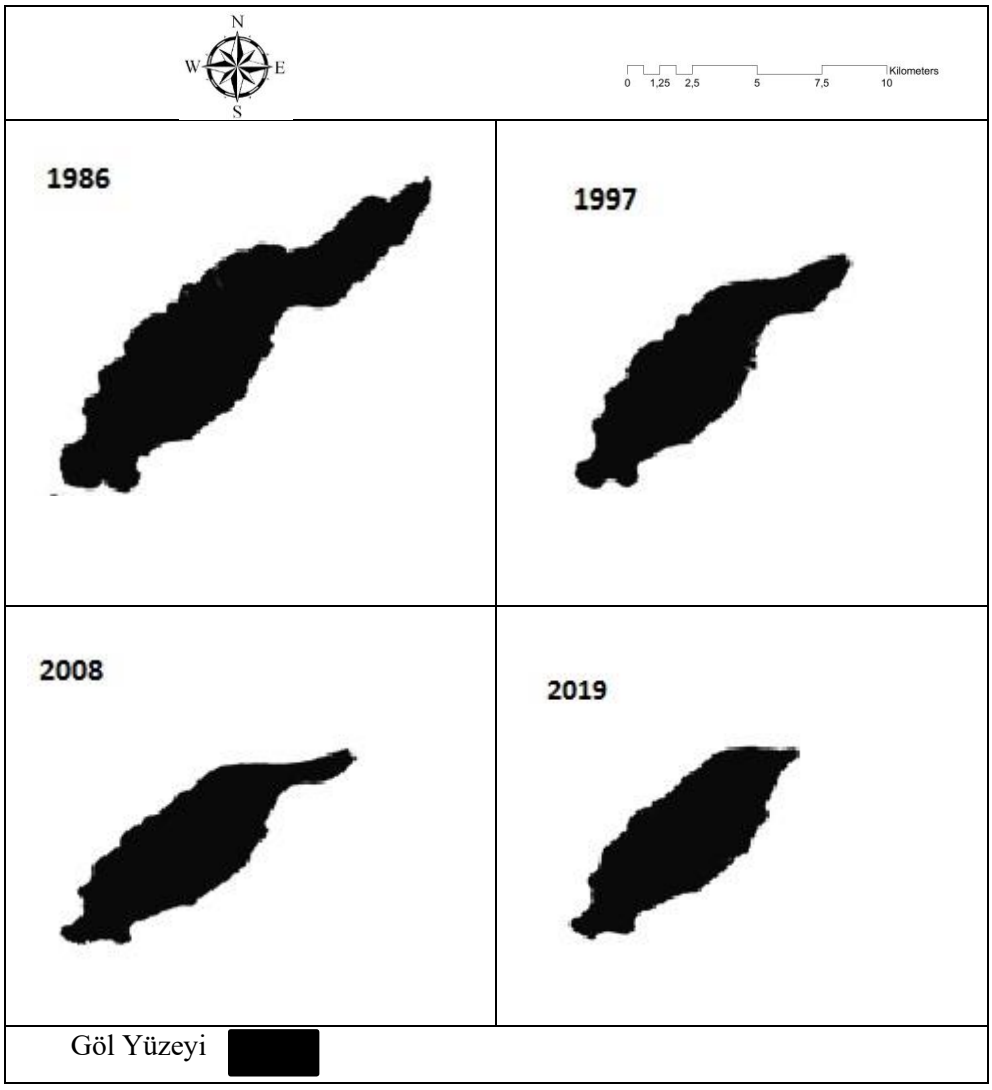
Destek vektör makineleri (DVM) uzaktan algılamada kontrollü sınıflandırma yöntemleri arasında yer almaktadır ve bilim insanları tarafından son yıllarda sıklıkla uygulamalarda kullanılmaktadır. DVM amacı 2 farklı sınıfa ait verileri birbirinden en iyi şekilde ayırmak için hiperdüzlem belirlemektir. Bu hiperdüzlem ile iki farklı sınıf rahatlıkla ayrılabilmektedir. (Vapnik, 1995). Bu araştırma çalışmasında 1986, 1997, 2008 ve 2019 yıllarına ait elde edilmiş olan uydu görüntülerine DVM algoritması uygulanmıştır. En çok benzerlik algoritmasındaki gibi sınıflar göl ve diğerleri olarak 2 ana sınıf altında sınıflandırılmıştır. Şekil 6'da yıllara göre gölün değişimi gözlenmektedir.



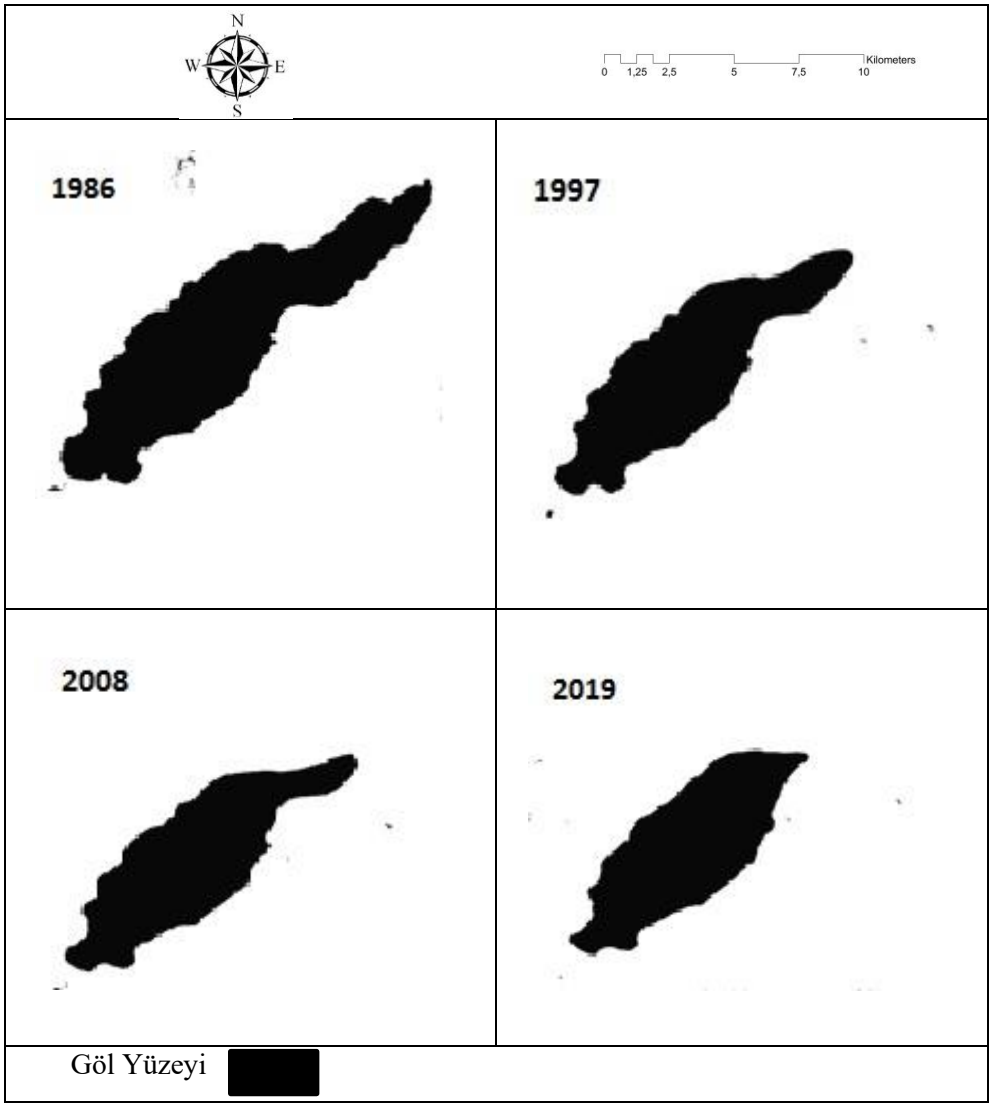
Şekil 3. Modifiye Normalize Fark Su İndeksi algoritmasının sırası ile 1986, 1997, 2008 ve 2019 yılları için Burdur Gölüne uygulanması.



Şekil 4. Modifiye Normalize Fark Su İndeksi algoritmasının 1986, 1997, 2008 ve 2019 yılları için Burdur Gölüne uygulanması.



Şekil 5. En çok benzerlik sınıflandırması sonucu 1986, 1997, 2008 ve 2019 yıllarına ait Burdur gölü uygulaması.



Şekil 6. Destek Vektör Makineleri sınıflandırması sonucu 1986, 1997, 2008 ve 2019 yıllarına ait Burdur gölü uygulaması.

5. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada Burdur Gölü'nün alanındaki ve kıyı şeridindeki değişimin olası nedenleri araştırılmıştır. Gölün kıyı şeridi değişimleri, çok zamanlı uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. 1986, 1997, 2008 ve 2019 yıllarına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır. Gerekli geometrik düzeltmeler yapıldıktan sonra, gölün kapladığı alan ve kıyı şeridinin belirlenmesi için kontrollü sınıflandırma yöntemleri veri setine uygulanmıştır. Sınıflandırma uygulamasının dışında ayrıca modifiye normalize fark su indeksi de kullanılmış ve elde edilen görüntüler daha sonra CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. Son olarak 1986-2019 yıllarında gölün kıyı şeridi değişimleri tespit edilmiştir.

Tüm uzaktan algılama ve CBS tabanlı veri işleme yöntemleri sonucu Burdur Gölü su yüzey alanında 1986 yılından 2019 yılına kadar ciddi bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Burdur gölü'nün su yüzey alanı 1986 yılında 206 km^2 iken 2019 yılında bu alan 125 km^2'ye düşmüştür. Göl 33 yıllık dönemde toplam yüzey alanının yaklaşık % 40 lık bölümünü kaybetmiştir. 1986, 1997, 2008 ve 2019 yıllarına ait DVM ve En çok benzerlik yöntemi ile MNDWI yöntemine göre gölün kapladığı alanları gösteren Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Sınıflandırmalar ve MNDWI sonucu 1986, 1997, 2008 ve 2019 yıllarına ait Burdur gölünün km^2 biriminden kapladığı alan.

Yıllar	DVM (km^2)	En Çok Benzerlik (km^2)	MNDWI (km^2)
1986	206.37	206.03	205.19
1997	165.37	164.72	164.45
2008	147.97	147.15	146.98
2019	125.80	124.91	125.05

Çizelge3.Sınıflandırmalar sonucu elde edilen sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analizleri.

Yıl	DVM GD /KK	En çok benzerlik GD /KK
1986	% 99.38 / 0.98	% 90.14 / 0.74
1997	% 99.56 / 0.99	% 95.46 / 0.90
2008	% 99.56 / 0.98	% 97.24 / 0.87
2019	% 98.61 / 0.96	% 96.77 / 0.93

DVM ile En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları ve su indeksi sonucu elde edilen veriler ile Burdur gölünün kapladığı alandaki değişimin yıllar içinde birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Böylelikle uygulanan algoritmaların biribiri ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Sınıflandırma sonrasında işlemlerin doğruluk analizi işlemi yapılır. Doğruluk analizinin amacı, seçilen referans veriler ile sınıflandırılmış görüntü arasındaki uyuşumun belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda test bölgelerinde her bir sınıfa ait belirli sayıda referans pikselleri seçilmiştir. En çok benzerlik ve Destek vektör makineleri yöntemleri ile elde edilen piksel-tabanlı sınıflandırma doğruluk analizi klasik hata matrisi ile irdelenmiştir. Doğruluk analizinde, her bir sınıf doğruluğunun ortalama değeri olan "Genel Doğruluk (GD; yüzde olarak)" ile sınıflandırma doğruluğunu ağırlıklı olarak hesaplayan bir istatistiksel ölçüt olan "Kappa Katsayısı (KK)" kullanılmıştır (Sabuncu ve Özener, 2019). En çok benzerlik yöntemi ve DVM yöntemi içinde elde edilmiş olan doğruluklar çizelge 3'te verilmiştir. Gerçekleştirilen sınıflandırma sonucunda elde edilmiş görüntülerin sınıflandırma doğruluklarının analizleri için 200 adet kontrol noktası kullanılmıştır. Sınıflandırmalar sonucu elde edilen doğrulukların %90'nın üzerinde olduğu ve sonuçların birbirleri ile tutarlı olduğu görülmektedir.

Çalışmada MNDWI ile su tespiti uzaktan algılamanın sıklıkla başvurduğu bir algoritmadır. MNDWI dışında ayrıca sınıflandırma teknikleri de literatürde araştırmacıların sıklıkla kullandıkları teknikler arasında yer almaktadır. Bu çalışmadaki amaç; hem MNDWI yöntemi hem de sınıflandırma yöntemleri ile su alanlarının diğer alanlardan rahatlıkla tespit edilmesi, alanlarının hesaplanması ve farklı yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırılmasıdır. Bu sebeple sadece MNDWI yöntemi değil aynı zamanda uzaktan algılamanın sıklıkla başvurduğu sınıflandırma tekniklerine de çalışmada yer verilmiştir. Ayrıca MNDWI yöntemi ve DVM , En çok benzerlik sınıflandırma yöntemleri ile Burdur gölünün su yüzey alanı km^2 biriminden rahatlıkla hesaplanmış ve karşılaştırılması yapılmıştır. Bu sebeple de 3 farklı çalışmanın sonuçlarının birbiri ile tutarlı olduğu gözlenmiştir.

Burdur gölündeki su seviyesinin yıllar içinde ciddi olarak azalmasının nedenleri meteorolojik ve antropolojiktir. İklimlerin değişmesi, küresel ısınmanın son yıllarda insanoğluna gösterdiği bir çok farklı doğa olayının yanı sıra uzun vadede de göllerin kuraklaması yer almaktadır. Bu sebeple, karar vericilerin Burdur gölünü koruması ve çevresinde yer altı sularının çekilmesine izin verilmemesi, gereksiz su kullanımın önlenmesi ve plansız yapılaşmaya izin verilmemesi önerilmektedir.

Uzaktan algılama algoritmaları, klasik ve geleneksel yöntemlere nazaran daha hızlı, ekonomik ve güvenilir olmaktadır. Bu sebeple bir çok bilimsel araştırmada kıyı şeridinde yıllar içinde meydana gelen konumsal değişiklikleri tespit etmek için uydu görüntülerine ve uzaktan algılama algoritmalarına başvurulmaktadır.

Teşekkür

Yazar, Landsat verilerini ücretsiz olarak sağladıkları için Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Merkezine (USGS) veri destekleri için teşekkür eder. Ayrıca Burdur istasyonunun meteorolojik verilerini sağlayan Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Meteoroloji Laboratuvarı'na teşekkür eder.

6. Kaynaklar

Aladin, N., Crétaux, J. F., Plotnikov, I. S., Kouraev, A. V., Smurov, A. O., Cazenave, A., Papa, F. 2005. Modern hydro-biological state of the Small Aral sea. *Environmetrics*, **16 (4)**, 375–392. https://doi.org/10.1002/env.709

Almeida, L. P. Masselink, G., Russell, P. E. ve Davidson M. A. 2015. Observations of gravel beach dynamics during high energy wave conditions using a laser scanner. *Geomorphology*, **228**, 15–27.

Andrioloa, U., Almeidab, L. P. ve Almard R. 2018. Coupling terrestrial LiDAR and video imagery to perform 3D intertidal beach topography. *Coastal Engineering*, **140**, 232-239.

Aouiche, I., Daoudi, L., Anthony, E.J., Sedrati, M., Ziane, E., Harti, A., Dussouillez, P., 2016. Anthropogenic effects on shoreface and shoreline changes: input from a multi-method analysis, Agadir Bay, Morocco. *Geomorphology* **254**, 16–31.

Aykut, N.O., 2019. İnsansız Hava Araçlarının Kıyı Çizgisinin Belirlenmesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Geomatik Dergisi*, ***4, 2***, 141-146.

Babich, D.B., Vinogradov, N.N., Ivanov, V.V., Korotaev, V.N., Chalova, E.R. 2015. Deltas of the rivers running in to lakes and reservoirs: Morphogenetic types and recent dynamics. *Vestnik Moskovskogo Unviersiteta, Seriya Geografiya,* **4**, 18-26. (In Russian with English summary).

Bayram B., Demir N., Ogurlu M., Catal R. H., Seker D. Z. 2016. 3D Shoreline Extraction Using Orthopoto-Maps and LIDAR. In: 37 th Asian Conference on Remote Sensing, Sri Lanka, Colombo, pp.1-5.

Bayram B., Avşar E. Ö., Şeker D. Z., Kayi A., Erdoğan M., Eker O., Janpaule I., Çatal R. H. (2017). The Role Of National And International Geospatial Data Sources In Coastal Zone Management. *Fresenius Environmental Bulletin*, **26** (1), pp. 383- 391

Davraz, A., Şener, E., Sener, S., 2019. Evaluation of climate and human effects on the hydrology and water quality of Burdur Lake, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, **158**, doi:10.1016/j.jafrearsci.2019.103569.

Du,Y., Cai, S., Zhang, X., Zhao, Y., 2001 .Interpretation of the environmental change of Dongting Lake, middle reach of Yangtze River, China, by Pb-210 measurement and satellite image analysis. *Geomorphology,* **41**: 171-181

Duru, U., 2017. Shoreline change assessment using multi-temporal satellite images: a case study of Lake Sapanca, NW Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*, **185.**

French, P.W., 2001. Coastal Defences: Processes, Problems and Solutions. Taylor and Francis, London, 1-384.

Gao, B.C., 1996. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment,* **58**: 257-266.

Güney, Y. ve Polat, S. 2015. Uzaktan Algılama Kıyı Çizgisi Değişiminin Belirlenmesi: Aliağa ve Çandarlı Örneği. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, **8**, 11-17.

Ingham, A.E. 1992. Hydrography for surveyors engineers. Blackwell Scientific Publications, 1-132.

Jahncke, R., Leblon, B., Bush, P. ve LaRocque, A. 2018. Mapping wetlands in Nova Scotia with multi-beam

RADARSAT-2 Polarimetric SAR, optical satellite imagery, and Lidar data. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, **68**, 139–156.

Kalkan, K., Bayram, B., Maktav, D., & Sunar, F. 2013. Comparison of support vector machine and object based classification methods for coastline detection. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-7/W2, ISPRS2013-SSG, Antalya, Turkey.

Kiage, L.M., Liu, K.B., Walker, N.D., Lam, N., Huh, O.K., 2007. Recent land-cover/use change associated with land degradation in the Lake Baringo catchment, Kenya, East Africa: evidence from Landsat TM and ETM+. *International Journal of Remote Sensing* **28** (19): 4285-4309

Legesse, D., Ayenew, T., 2006. Effect of improper water and land resource utilization on the central main Ethiopian rift lakes. *Quat International*, **148**: 8-18.

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.

Ormeci, C., and Ekercin, S. 2007. An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey through multitemporal Landsat imagery and real-time ground surveys. *Hydrological Processes*. doi: 10.1002/hyp.6355

Pardo-Pascual, J.E., Almonacid-Caballer, J., Ruiz, L.A., Palomar-Vázquez, J., 2012. Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision. *Remote Sensing Environment*. **123**, 1–11.

Penny, D., Kealhofer, L., 2005. Microfossil evidence of land-use intensification in north Thailand. *Journal of Archaeological Science* **32**: 69-82

Sabuncu, A., 2018. Yüksek Mekansal Çözünürlüklü Uydu/Uçak Platformlu Görüntüler ve CBS Teknolojisi Kullanılarak Van-Erciş Depremi Sonrası Bina Hasar Tespiti. Doktora Tezi.İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 130.

Sarp, G., and Ozcelik, M. 2016. Water body extraction and change detection using time series: a case study of Lake Burdur,Turkey. *Journal of Taibah Univverity of Science*.doi: 10.1016/j.jtusci.2016.04.00

Saroğlu, E., Kaya, Ş. ve Örmeci, C. 2005. Farklı Çözünürlükteki Uydu Görüntülerinin Geometrik Dönüşüm. HKMO, 2019.

Tagil, S. 2007. Quantifying the change detection of the Uluabat wetland, Turkey, by use of Landsat Images. *Ekoloji*, **16** (64),9–20.

Temiz, F., and Durduran, S. 2016. Monitoring coastline change using remote sensing and GIS technology: a case study of Acıgöl Lake, Turkey. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*.doi:10.1088/1755-1315/44/1/011001.

Timoshkin, O. A., Samsonov, D. P., Yamamuro, M., Moore, M. V., Belykh, O. I., Malnik, V. V., M.V.Sakirkoa,A.A.Shirokayaa,N.A.Bondarenkoa,V.M. Domyshevaa,G.A.Fedorovaa,A.I.Kochetkovb,A.V.Kuz mina,A.G.Lukhneva,O.V.Medvezhonkovaa,A.V.Nepok rytykha,E.M.Pasynkovab,A.E.Poberezhnayaa,N.V.Pot apskayaa,N.A.Rozhkovaa,N.G.Shevelevaa,I.V.Tikhono vaa,E.M.Timoshkinaa,I.V.Tomberga,E.A.Volkovaa,E.P. Zaitsevaa,Yu.M.Zverevaa,A.B.Kupchinskya,N.A.Buksh uka, 2016. Rapid ecological change in the coastal zone of Lake Baikal (East Siberia): Is the site of the world's greatest freshwater biodiversity in danger? *Journal of Great Lakes Research*, **42 (3)**, 487–497. https://doi.org/10.1016/j.jglr.2016.02.011

Vapnik, V. N., 1995. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer-Verlag, New York, 1-314.

Yan, P., Shi, P., Gao, S., Chen, L., Zhang, X., Bai, L., 2002. 137Cs dating of lacustrine sediments and human impacts on Dalian Lake, Qinghai Province, China. *Catena*, **47**: 91-99.

Yıldırım, Ü., and Uysal, M., 2011. Changes in the Coastline of the Burdur Lake between 1975 and 2010. *Proceedings of the International Symposium on Environmental Protection and Planning: Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) Applications (ISEPP)*, 7-12. DOI: 10.5053/isepp.2011.1-5.

Yoo, C.I. and Oh, T. S. 2016. Beach volume change using UAV photogrammetry Songjung beach, Korea, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. - ISPRS Arch., vol. 41, no. July, pp. 1201– 1205.

Xu, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, *International Journal Remote Sensing* **27**, 3025–3033.

İnternet kaynakları

1- https://www.ramsar.org/wetland/turkey, (07.02.2020)
2- https://earthexplorer.usgs.gov/, (15.12.2019)
3- https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURDUR (20/07/2020)