

BURDUR GÖLÜ SU REZERVİ DEĞİŞİMİNİN OPTİK VE ALTİMETRE VERİLERİYLE İZLENMESİ

Yunus KAYA¹, Füsun BALIK ŞANLI², Saygın ABDİKAN³

¹Arş. Gör., Harran Üniversitesi, Osmanbey Kampüsü, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Haliliye, Şanlıurfa, yunuskaya@harran.edu.tr

²Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul, fbalik@yildiz.edu.tr

³Doç. Dr. Saygın Abdikan, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe Kampüsü, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Çankaya, Ankara, sayginabdikan@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Enerji, gıda üretimi ve sağlıklı ekosistemler bakımından toplumların sosyoekonomik kalkınmasında önemli bir faktör olan su sürdürülebilir kalkınmanın anahtarıdır. Günümüzde dünya nüfusunun %40'undan fazlası su kıtlığından etkilenmekte ve bu oranın iklim değişikliğine bağlı olarak giderek artacağı düşünülmektedir. Dünya Kaynak Enstitüsü (World Resources Institute-WRI) 'nün raporuna göre 'su krizi' önceden düşünülenenden çok daha önemli bir hal almıştır. 1960'lerden bu yana küresel olarak su azalmaları iki kattan fazla artmıştır ve artış hızında yavaşlama görülmemektedir. Dünya nüfusunun artışına bağlı olarak su kaynaklarını korumak ve su arzını yönetmek için daha verimli yöntemlere duyulan ihtiyaç artmaktadır. Su kaynakları yönetimi ve ilgili çalışmalar için göl/rezervuar su seviyeleri ve dünyadaki zamansal değişimler hakkında doğru ve ayrıntılı bilgilere acilen ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel uydu radar altimetrelere dünya çapında 1 km²'den büyük göllerin rezerv değişimlerini hesaplamada yaygın olarak kullanılmaktadır. ICESat-2 uydu verileri hem 1 km²'den küçük su rezervlerinin yüksekliklerini hesaplamakta hem de radar altimetrelere göre daha yüksek doğruluklar elde etmektedir. Yeryüzündeki değişimlerin izlenmesi ve anomalilerin belirlenmesi için farklı kaynaklardan elde edilen uydu verileri tamamlayıcı çözümler sağlamaktadır. ICESat ve ICESat-2 verilerinden iç su alanlarının elipsoid yüksekliklerinin elde edilmesi ve optik uydu görüntülerinden Modifiye Edilmiş Fark Su İndeksi (Modified Normalized Difference Water Index-MNDWI) gibi su indeksleri yardımıyla göl alanlarının elde edilmesi sonucunda yıllara ilişkin su rezerv kaybı hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada RAMSAR alanı olan Burdur Gölü'nün 2004 ve 2021 yılları arasındaki göl yüzeyi yüksekliğinin değişimi, alansal değişim ve su hacmi değişimi hesaplanmıştır. Çalışmada 2004 yılına ait alan ve yükseklik verisi için sırasıyla Landsat 5 ve ICESat, 2021 yılına ilişkin alan ve yükseklik verisi için ise sırasıyla Landsat-8 ve ICESat-2 verileri kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Burdur Gölü, ICESat, Landsat, su rezervi, uzaktan algılama

ABSTRACT

MONITORING BURDUR LAKE WATER RESERVE CHANGE WITH OPTICAL AND ALTIMETER DATA

Water, which is an important factor in the socioeconomic development of societies in terms of energy, food production and healthy ecosystems, is the key to sustainable development. Today, more than 40% of the world's population is affected by water scarcity and it is thought that this rate will gradually increase due to climate change. According to the World Resources Institute (WRI) report, the 'water crisis' has become much more common than previously thought. Globally, water reductions have more than doubled since the 1960s and show no signs of slowing down. Accurate and detailed information about the lake/reservoir water levels and temporal changes in the world is urgently needed for water resource management and related studies. Traditional satellite radar altimeters are widely used worldwide to calculate the reserve changes of lakes larger than 1 km². ICESat-2 satellite data can both calculate the height of water reserves smaller than 1 km² and achieve higher accuracy than radar altimeters. Satellite data obtained from different sources provide complementary solutions for monitoring changes in water reserves and identifying anomalies. Water reserve loss for years can be calculated as a result of obtaining the ellipsoidal heights of inland water areas from ICESat and ICESat-2 data and obtaining lake areas with the help of water indices such as Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) from optical satellite images. In this study, the change in lake surface height, areal change, and water reserve change between 2004 and 2021 in Burdur Lake, which is a RAMSAR area, were calculated. In the study, Landsat 5 and ICESat were used for area and elevation data for 2004, and Landsat-8 and ICESat-2 data for 2021 area and elevation data, respectively.

Keywords: Burdur Lake, ICESat, Landsat, water reserve, remote sensing

1. GİRİŞ

Uydu gözlemlerinin mevcudiyeti sayesinde yerelden küresel ölçeğe kadar tatlı su kaynaklarındaki mevsimsel ve uzun yıllarda meydana gelen değişimler takip edilebilmektedir (Wen vd., 2021). Özellikle, NASA'nın Landsat programı sayesinde yaklaşık 40 yıldır göllerdeki daralma ve genişlemeler -mekânsal ve zamansal çözünürlüğe bağımlı olarak- izlenebilmektedir (Jiang vd., 2020). 2016 yılında ESA tarafından ücretsiz olarak paylaşılan Sentinel uydu verileri de yeryüzü ile ilgili değişimleri daha yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlük ile takip etmemizi sağladı. Ancak alan değişiklikleri, gölleri çevreleyen topoğrafyalardaki farklılıklar nedeniyle iklim değişikliklerinin gölün üzerindeki etkisi tam anlaşılamamaktadır (Yao vd., 2018; Zhang vd., 2017). Örneğin, iki gölün alanlarındaki artış veya azalışlar eşit olsa da gölün boyutları ve etrafındaki topoğrafyanın farklılıklarından dolayı su depolama miktarlarında büyük farklılıklar gözlemlenebilir (Qiao vd., 2019). Literatürde göllerdeki yüzey alanını sayısal yükseklik modelleri (SYM) ile birleştiren bazı çalışmalar göl alanı ve göl seviyesi arasındaki ilişkiyi kurarak göllerdeki su rezervindeki değişimin boyutunu incelemişlerdir (Yao vd., 2018; Qiao vd., 2019). SYM'lerin hassasiyetleri genelde birkaç metrenin üzerindedir (Rodriguez vd., 2006), bu da küçük seviyeli göllerdeki değişim tahminlerinin doğruluğunu etkileyebilir (Qiao vd., 2019). Su depolama alanlarını belirlemek için ölçüm istasyonlarının sayısı oldukça yetersizdir ve değişiklikleri tahmin için batimetrik veriler de eksiktir (Qiao vd., 2017; Zhu vd., 2010). Altimetri çalışmaları önceleri genelde okyanuslardaki ve buzullardaki değişimleri incelemeyi amaçlasa da yıllar geçtikçe hidrolojik çalışmaları da kapsamaya başlamıştır (Fetterer vd., 1992; Koblinsky vd., 1993). Altimetri gözlemleri, düşeydeki göl seviyesi hareketlerini izlememize yardımcı olabilir. Bu sayede sadece gölün yüzey alanındaki değişimler değil hacimsel değişimler de hesaplanabilir (Créaux vd., 2016). Altimetri verilerinin artan kullanılabilirliği, araştırmacıların tatlı sulardaki hacimsel değişimleri daha iyi belirlemesine olanak sağlamıştır (Créaux ve Birkett, 2006; Wang vd., 2018; Yao vd., 2018). Araştırmacılar TOPEX/POSEIDON, Envisat ve Jason-1/2 gibi radar altimetrisi görevleri kombinasyonları kullanmışlardır (Kleinherenbrink vd., 2015; Li vd., 2019; Song vd., 2015), ancak bu radar altimetrelere büyük boyutlu ayak izleri ve yol boyunca oluşan büyük aralıkları nedeniyle yalnızca büyük su kütleleri için uygundur (Luo vd., 2021). CryoSat-2, SARAL/AltiKa, Jason-3 ve Sentinel-3 gibi uydu altimetresindeki gelişmeler nispeten daha küçük su kütlelerini ölçmek için alternatif seçenekler sunar, ancak benzer şekilde kısa süreli ve dağınık kapsama alanı ile sınırlıdır (Luo vd., 2021). 2018 yılında başlatılan ICESat-2 uydu altimetri misyonu, daha yoğun ayak izleri (~70 m çapında ve ~170 m aralıklarla yerleştirilmiş örnekleme aralığı) ile çeşitli avantajlara sahiptir. Narin ve Abdikan (2022), Türkiye'nin batı kesimindeki bazı önemli göllerin su seviyesindeki değişimleri izlemek için ICESat-2 verilerini kullanmışlardır. Saka vd. (2021), ICESat verileriyle yer gözlem verilerini karşılaştırmışlardır. Devlet Su İşleri (DSİ) ve ICESat verileri arasındaki ölçüm farkları 33 cm ile 96 cm arasında olup hataların ortalama karekökü 70 cm olarak bulunmuştur. Ryan vd. (2020), ICESat-2 ve Global Reservoirs and Dams (GRanD) veritabanını kullanarak küresel anlamda su değişimini incelemişlerdir. Xu vd. (2021), küresel ölçekte aylık su seviyesi ve göl rezervlerindeki değişimi izlemek için ATL13 verilerini kullanmışlardır. ICESat ve ICESat-2 misyonunun entegrasyonu sayesinde göl seviyelerindeki değişimler daha doğru bir şekilde izlenebilir. Zhang vd. (2019) Tibet platosunda bulunan göllerin 2003-2018 yılları arasındaki değişimini izlemek için ICESat, ICESat-2 ve Landsat verilerini birlikte kullanmışlardır. Landsat gibi uzun zamanlı arşive sahip optik veriler ile ICESat gibi diğer altimetri misyonlarına göre nispeten daha doğru sonuçlar veren altimetri verilerinin birleşimi göl alanlarının/hacimlerinin uzun vadeli ve kısa vadeli değişimlerinin izlenmesinde avantaj sağlamaktadır. ICESat ve ICESat-2 gibi LiDAR altimetri verileri sayesinde iç sulardaki yüksekliklerin belirlenmesi 2003 yılına kadar takip edilebilir. Landsat arşivini de kullanarak tatlı su kaynaklarındaki alansal ve hacimsel değişimlerin izlenmesi mümkündür.

NASA'nın Landsat misyonundan elde edilen verilerden su kaplı alanlar belirlenebilmektedir. Olmanson ve Bauer (2017), uzun zamanlı (1990-2010) göl alanlarının değişimini izlemek için Landsat verilerinden NDVI indeksi ile su alanlarını çıkarmışlardır. Fıratlı vd. (2022) Türkiye'deki doğal göllerin zamana kısa dönemli (2016-2020) değişimini izlemek için Sentinel-2, uzun zamanlı (1985-2020) değişimini izlemek için Landsat verilerini kullanmışlar ve su alanlarını NDWI indeksi ile belirlemişlerdir. Dervisoglu (2022), Ramsar alanlarının kısa ve uzun dönemli değişimini belirlemek için NDWI indeksini kullanmışlardır. Rogni vd. (2014), su alanlarının belirlenmesi için NDWI, MNDWI, WRI, NDMI ve AWEI indekslerini kullanmışlar ve en yüksek doğruluğu NDWI ve NDVI ile elde etmişlerdir.

Bu çalışmada 13 Temmuz 1994 tarihinde RAMSAR alanı kabul edilen Burdur Gölü'nün 2004 ve 2021 yıllarındaki Landsat verileri nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanarak sınıflandırılmıştır ve ICESat verileri kullanılarak alan, su seviyesi ve hacimsel değişimleri incelenmiştir.

2. UYGULAMA

Çalışmada gölün alanının belirlenmesi için Landsat uydu verilerinden ve yükseklik bilgisi için ICESat Lidar altimetri verilerinden faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan verilere ilişkin bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan veriler ve özellikleri

	Veri Kaynağı	Veri Elde Ediliş Tarihi	Mekansal Çözünürlük (m)	Path/Row
OPTİK	LANDSAT-5	20.05.2004	30	178/034
	LANDSAT-8	19.05.2021	30	178/034
	Veri Kaynağı	Veri Elde Ediliş Tarihi	Nokta Sayısı	
ALTİMETRİ	ICESat	19.05.2004	62	
	ICESat-2	26.05.2021	4254	

Göl alanının belirlenmesi için 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip Landsat-5 ve Landsat-8 verilerinden kıyı çizgisi belirlenmiştir. Optik uydu verileri Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), Automated Water Extraction Index (AWEI) ve Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. MNDWI, AWEI ve NDVI sırasıyla 1,2 ve 3 eşitliği ile hesaplanmaktadır (Tablo 2). Sınıflandırma sonucunda pikseller (4) eşitliği ile filtrelenmiş ve göl alanı belirlenmiştir.

Tablo 2. Kullanılan indeksler

İndeks	Referans
$MNDWI = \frac{(Green - SWIR)}{(Green + SWIR)}$	(1) Ko vd. (2015)
$AWEI = 4 * (Green - SWIR2) - (0.25 * NIR + 2.75 * SWIR1)$	(2) Feyisa vd. (2014)
$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	(3) Tucker (1979)

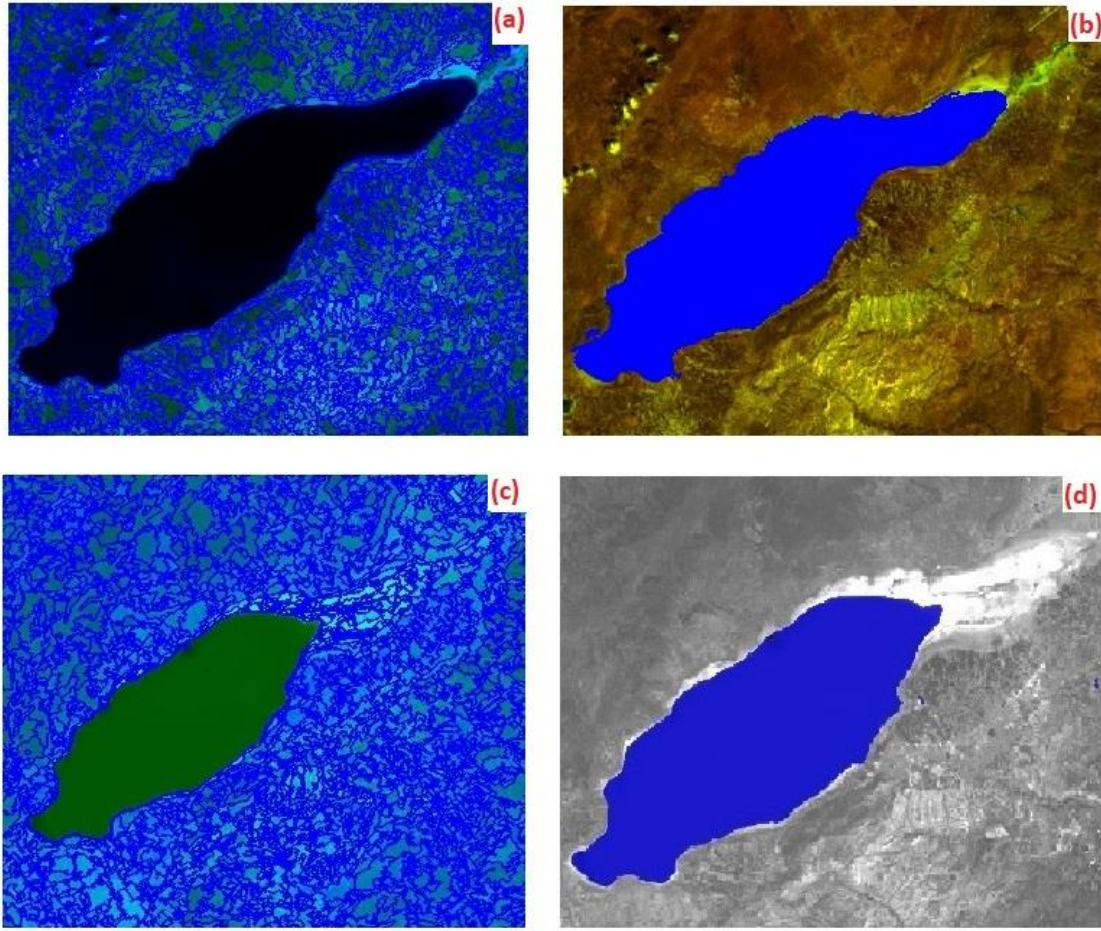
$$\text{Göl Alanı} = NDVI < 0 \text{ and } MNDWI > 0 \text{ and } AWEI > 0. \quad (4)$$

Bu çalışmada yöntem olarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi tercih edilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma metodunda en önemli ve ilk aşama segmentasyon aşamasıdır. Segmentasyon, benzer spektral özelliklere sahip pikselleri gruplandırma ve görüntü nesneleri oluşturma işlemidir. Segmentasyonun amacı, görüntüyü birbirinden farklı alt bölümlere ayırmak ve görüntüden anlamlı nesneler oluşturmaktır (Baatz ve Schape, 2000). Aynı zamanda segmentasyonun hedefleri arasında, çoğu durumda belirli bir görev için bir görüntüde istenen nesneleri otomatik olarak çıkarmak mümkündür. Sınıflandırma çalışması Definiens eCognition yazılımında yapılmıştır. Definiens eCognition yazılımında detay çıkarımı işlemi segmentasyon ve sınıflandırma olmak üzere 2 aşamada gerçekleşmektedir. Burdur gölünün iki farklı tarihteki alanları işlem sırasına göre belirlenmiştir (Şekil 1).

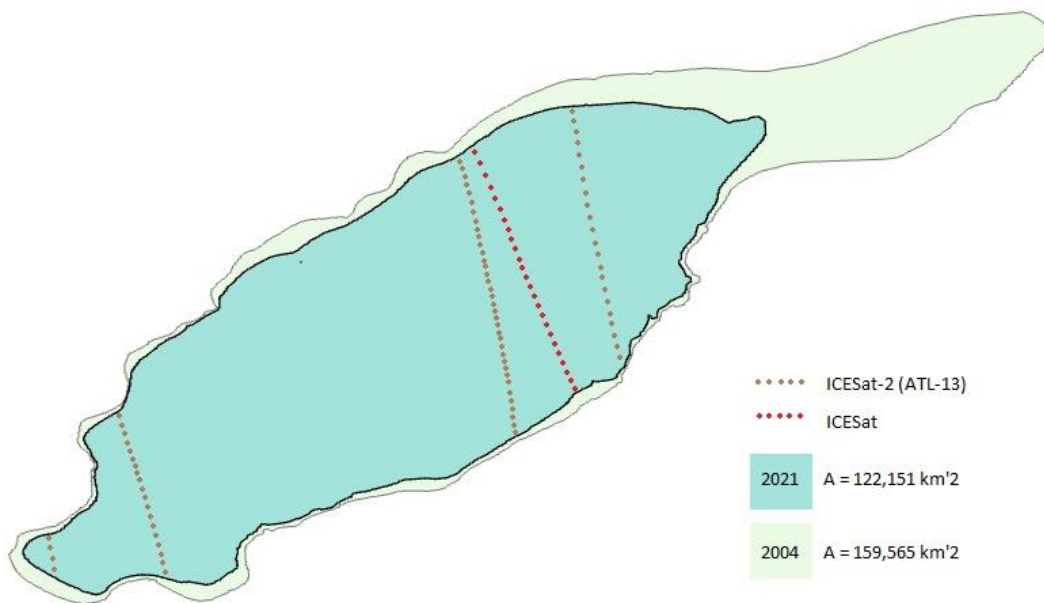
3. SONUÇLAR

İki farklı yıla ait sınıflandırma sonucunu değerlendirmek için arazideki sınıflara ilişkin örnekler belirlenmiştir. TTA maskesi tabanlı hata matrisine göre 2004 yılına ait sınıflandırma işlemi %96,7, 2021 yılına ait sınıflandırma işlemi ise %98,3 genel doğruluğa sahiptir. İklim değişikliği, küresel ısınma ve insani faktörlerin sonucunda Burdur gölünün alanı 159,57 km²’den (2004) 122,15 km²’ye (2021) düşmüştür (Şekil 2). Göl alanı %23,45 oranında azalmıştır. 17 yılda su yüzeyi 8,495 metre azalmıştır. Sonuç olarak göl hacmi yaklaşık 318 hm³ azalma meydana gelmiştir (Tablo 3). Burdur gölü Ramsar alanı olması ve büyük bir değişime sahip olması nedeniyle birçok çalışmaya konu olmuştur. Yıldırım ve Uysal (2011), 1975-2010 yılları arasındaki alansal değişimi incelemişlerdir. Abujayyab vd. (2021), 34 yıllık (1984-2019) zamansal alan değişimini izlemek için Google Earth Engine kullanmışlardır. Davraz vd. (2019), gölün değişimindeki iklim ve insan etkilerini izlemek için optik uydu verisi, yağış, buharlaşma ve yersel su yüzey bilgisi kullanmışlardır. Narin ve Abdikan (2022) ise su seviyesinin değişimini izlemek için ICESat verilerini

kullanılmışlardır. Literatür incelendiğinde yapılan çalışmalar genellikle göl alanlarındaki veya seviyelerindeki değişimin izlenmesiyle ilgilenmektedir. Ancak göl hacimlerinin değişimi su kaynaklarındaki değişimin daha net anlaşılmasına olanak tanımaktadır. Gelecek çalışmalarda uzun yıllara ilişkin rezerv değişimleri farklı kaynaklardan elde edilen verilerle yapılması ve yer gözlem verileri ile doğrulanması planlanmaktadır.



Şekil 1. Nesne tabanlı sınıflandırma sonuçları; (a) ve (c) 2004 ve 2021 yıllarına ait segmentasyon sonucu, (b) ve (d) 2004 ve 2021 yıllarına ait sınıflandırma sonucu



Şekil 2. İki farklı yıla ait göl alanları

Tablo 3. Yükseklik, alan ve hacim verileri

Yıl	Yükseklik (m)	Alan (km ²)	
2004	846,964	159,565	
2021	838,469	122,151	
	Δh (m)	Δa (km ²)	Δv (km ³)
FARK	8,495	37,414	0,31783193

KAYNAKLAR

- Abujayyab, S. K., Almotairi, K. H., Alswaiti, M., Amr, S. S. A., Alkarkhi, A. F., Taşoğlu, E., ve Hussein, A. M., 2021. Effects of Meteorological Parameters on Surface Water Loss in Burdur Lake, Turkey over 34 Years Landsat Google Earth Engine Time-Series. *Land*, 10(12), 1301.
- Crétau, J. F., ve Birkett, C., 2006. Lake studies from satellite radar altimetry. *Comptes Rendus Geoscience*, 338(14–15), 1098–1112. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2006.08.002>
- Crétau, J.-F., Abarca-del-Río, R., Bergé-Nguyen, M., Arsen, A., Drolon, V., Clos, G., ve Maisongrande, P., 2016. Lake volume monitoring from space. *Surveys in Geophysics*, 37(2), 269–305.
- Davraz, A., Sener, E., ve 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, 103569.
- Dervisoglu, A., 2022. Investigation of long and short-term water surface area changes in coastal Ramsar Sites in Turkey with Google Earth Engine. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(1), 46.
- Fetterer, F. M., Drinkwater, M. R., Jezek, K. C., Laxon, S. W. C., Onstott, R. G., ve Ulander, L. M. H., 1992. Sea ice altimetry. In F. D. Carsey (Ed.), *Microwave remote sensing of sea ice*, Geophysical Monograph Series, 68, 111-135.
- Feyisa, G. G., Meilby, H., Fensholt, R., ve Proud, S. R., 2014. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23-35.
- Firatli, E., Dervisoglu, A., Yagmur, N., Musaoglu, N., ve Tanik, A., 2022. Spatio-temporal assessment of natural lakes in Turkey. *Earth Science Informatics*, 1-14.
- Jiang, L., Nielsen, K., Andersen, O. B., ve Bauer-Gottwein, P., 2020. A bigger picture of how the Tibetan lakes have changed over the past decade revealed by CryoSat-2 altimetry. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125.
- Kleinherenbrink, M., Lindenbergh, R., ve Ditmar, P., 2015. Monitoring of lake level changes on the Tibetan Plateau and Tian Shan by retracking Cryosat SARIn waveforms. *Journal of Hydrology*, 521, 119–131.
- Ko, B. C., Kim, H. H., ve Nam, J. Y., 2015. Classification of potential water bodies using Landsat 8 OLI and a combination of two boosted random forest classifiers. *Sensors*, 15(6), 13763-13777.
- Koblinsky, C. J., Clarke, R. T., Brenner, A. C., ve Frey, H., 1993. Measurement of river level variations with satellite altimetry. *Water Resources Research*, 29(6), 1839–1848.
- Li, X., Long, D., Huang, Q., Han, P., Zhao, F., ve Wada, Y., 2019. High-temporal-resolution water level and storage change data sets for lakes on the Tibetan Plateau during 2000–2017 using multiple altimetric missions and Landsat-derived Lake shoreline positions. *Earth System Science Data*, 11(4), 1603-1627.
- Luo, S., Song, C., Zhan, P., Liu, K., Chen, T., Li, W., ve Ke, L., 2021. Refined estimation of lake water level and storage changes on the Tibetan Plateau from ICESat/ICESat-2. *Catena*, 200, 105177.
- Narin, O. G., ve Abdikan, S., 2022. Multi-temporal analysis of inland water level change using ICESat-2 ATL-13 data in lakes and dams. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13.
- Olmanson, L. G., ve Bauer, M. E., 2017. Land cover classification of the Lake of the Woods/Rainy River Basin by object-based image analysis of Landsat and lidar data. *Lake and Reservoir Management*, 33(4), 335-346.
- Qiao, B., Zhu, L., ve Yang, R., 2019. Temporal-spatial differences in lake water storage changes and their links to climate change throughout the Tibetan Plateau. *Remote Sensing of Environment*, 222, 232-243.
- Qiao, B., Zhu, L., Wang, J., Ju, J., Ma, Q., ve Liu, C., 2017. Estimation of lakes water storage and their changes on the northwestern Tibetan Plateau based on bathymetric and Landsat data and driving force analyses. *Quaternary International*, 454, 56-67.
- Rodríguez, E., Morris, C. S., ve Belz, J. E., 2006. A global assessment of the SRTM performance. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(3), 249–260. <https://doi.org/10.14358/PERS.72.3.249>
- Rokni, K., Ahmad, A., Selamat, A., ve Hazini, S., 2014. Water feature extraction and change detection using multitemporal Landsat imagery. *Remote sensing*, 6(5), 4173-4189.

- Ryan, J. C., Smith, L. C., Cooley, S. W., Pitcher, L. H., ve Pavelsky, T. M., 2020. Global characterization of inland water reservoirs using ICESat-2 altimetry and climate reanalysis. *Geophysical Research Letters*, 47(17).
- Saka, F., Tekeli, A. E., ve Dönmez, S. (2021). Jeoid Değişimlerinin ICESat Altimetre Verisi ile Hesaplanan Su Seviyelerine Etkisi. *Teknik Dergi*, 32(3).
- Song, C., Ye, Q., ve Cheng, X., 2015. Shifts in water-level variation of Namco in the central Tibetan Plateau from ICESat and CryoSat-2 altimetry and station observations. *Science bulletin*, 60(14), 1287-1297.
- Tucker, C. F., 1979. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127-150.
- Wang, J., Song, C., Reager, J. T., Yao, F., Famiglietti, J. S., Sheng, Y., ve Wada, Y., 2018. Recent global decline in endorheic basin water storages. *Nature geoscience*, 11(12), 926-932.
- Wen, D., Huang, X., Bovolo, F., Li, J., Ke, X., Zhang, A., ve Benediktsson, J. A., 2021. Change detection from very-high-spatial-resolution optical remote sensing images: Methods, applications, and future directions. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 9(4), 68-101.
- Xu, N., Zheng, H., Ma, Y., Yang, J., Liu, X., ve Wang, X. 2021. Global estimation and assessment of monthly lake/reservoir water level changes using ICESat-2 ATL13 Products. *Remote Sensing*, 13(14), 2744.
- Yao, F., Wang, J., Yang, K., Wang, C., Walter, B. A., ve Crétaux, J. F., 2018. Lake storage variation on the endorheic Tibetan Plateau and its attribution to climate change since the new millennium. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064011.
- Yıldırım, Ü., ve Uysal, M., 2011. Changes in the Coastline of the Burdur Lake Between 1975 and 2010. In *International symposium on environmental protection and planning: Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) Applications (ISEPP)*, 28(29)
- Zhang, G., Yao, T., Shum, C. K., Yi, S., Yang, K., Xie, H., ve Yu, J., 2017. Lake volume and groundwater storage variations in Tibetan Plateau's endorheic basin. *Geophysical Research Letters*, 44(11), 5550-5560.
- Zhu, L., Xie, M., ve Wu, Y., 2010. Quantitative analysis of lake area variations and the influence factors from 1971 to 2004 in the Nam Co basin of the Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 55(13), 1294-1303.