



## **Su Yüzey Alanlarının Belirlenmesinde Kullanılan Spektral İndekslerin Performans Analizi: Berdan (Tarsus) Baraj Gölü Örneği**

*Performance Analysis of Spectral Indices Used in Determination of Water Body Surface: The Case of Berdan (Tarsus) Reservoir*

**SEVİM YASEMİN ÇİÇEKLİ<sup>1</sup>** Orcid: 0000-0002-8140-1265

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş (received): 9/05/2024

Kabul (Accepted): 20/05/2024

### **ÖZ**

Nüfus artışı ile birlikte su ve sulak alanların yönetimi konusu büyük önem kazanmıştır. Teknolojideki gelişmeler sayesinde, uzaktan algılama çalışmalarında su ve sulak alanların gözlenmesinde uydu teknolojileri sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bu araştırmanın temel amacı, Sentinel-2B verilerini kullanarak NDWI, MNDWI ve WRI bant oranlama tekniklerinin doğruluğunu araştırmaktır. Çukurova, Türkiye için tarımsal faaliyetler açısından en önemli bölgelerinden biridir, bu nedenle sulama faaliyetlerinin yönetimi konusu büyük bir önem taşımaktadır. Berdan (Tarsus) Barajı, Çukurova bölgesi için önemli bir sulama kaynağı olan Berdan Nehri üzerinde yer almaktadır. Bu çalışmada; 3 Ocak 2024 tarihinde elde edilen Sentinel-2B uydu görüntüsü Berdan Baraj Gölü alanını belirlemek için kullanılmıştır. NDWI, MNDWI ve WRI bant oranlama teknikleri kullanılarak, Berdan Baraj Gölü alanı tespit edilmiştir. Tüm yöntemler için doğruluk analizleri yapılmıştır. NDWI tekniği %98, MNDWI tekniği %97 ve WRI tekniği %98.5 doğruluk sağlamıştır. WRI en yüksek doğruluğu sağlarken, MNDWI en düşük doğruluğu sağlamıştır. Su alanlarında bant oranlama tekniklerinin, yüksek doğruluk sağladığı ve tüm yöntemlerin kullanılabileceği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi, Değiştirilmiş Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi, Su Oranı İndeksi, Uzaktan Algılama, Sentinel-2

Sevim Yasemin Çiçekli [s.y.cicekli@gmail.com](mailto:s.y.cicekli@gmail.com)

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

## **ABSTRACT**

*With population growth, the management of water and wetlands has gained great importance. Thanks to developments in technology, satellite technologies have begun to be used frequently in remote sensing studies to observe water and wetlands. The main purpose of this research is to investigate the accuracy of NDWI, MNDWI and WRI band ratio techniques using Sentinel-2B data. Çukurova is one of the most important regions for Turkey in terms of agricultural activities, so the management of irrigation activities is of great importance. Berdan (Tarsus) Reservoir is located on the Berdan River, which is an important irrigation source for the Çukurova region. In this study; Sentinel-2B satellite image obtained on January 3, 2024 was used to determine the Berdan Reservoir area. Using NDWI, MNDWI and WRI band ratio techniques, the Berdan Reservoir area was determined. Accuracy analyses were performed for all methods. NDWI technique provided 98% accuracy, MNDWI technique provided 97% accuracy and WRI technique provided 98.5% accuracy. WRI provided the highest accuracy, while MNDWI provided the lowest accuracy. It has been determined that band proportioning techniques in water areas provide high accuracy and all methods can be used.*

**Keywords:** *Normalized Difference Water Index, Modified Normalized Difference Water Index, Water Ratio Index, Remote Sensing, Sentinel-2*

## **GİRİŞ**

Uzaktan algılama, arazi kullanımı ve arazi örtüsünün belirlenmesi, sulak alan yönetimi, ekolojik çalışmalar ve deformasyonların izlenmesinde en çok tercih edilen disiplinlerden biridir. Su alanları, iklim kaynaklı sebeplerle değişime uğrayabilmektedir. Su kaynaklarının korunması açısından takibi gereklidir. Uydu teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte su alanlarının tespit edilmesinde uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı kolaylaşmıştır. Mersin'in Tarsus ilçesinin kuzeyinde yer alan Berdan Baraj gölü bölgenin içme suyu ihtiyacını karşılamakta olup, ayrıca tarım arazilerinin sulanması için kullanılan bir kaynaktır. Bu nedenle su alanının belirlenmesi ve değişiminin tespit edilmesi gereklidir. Su alanlarının tespit edilmesinde kullanılan spektral indekslerin Berdan Baraj Gölü alanının tespit edilmesindeki doğruluklarının araştırılması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada Berdan Baraj gölü ve çevresine ait Sentinel-2B uydu görüntülerine Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (Normalized Difference Water Index, NDWI), Değiştirilmiş Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (Modified Normalized

Difference Water Index, MNDWI) ve Su Oranı İndeksi (Water Ratio Index, WRI) bant oranlama tekniği uygulanarak, su alanları belirlenmiş ve bant oranlama tekniklerinin doğruluğu araştırılmıştır.

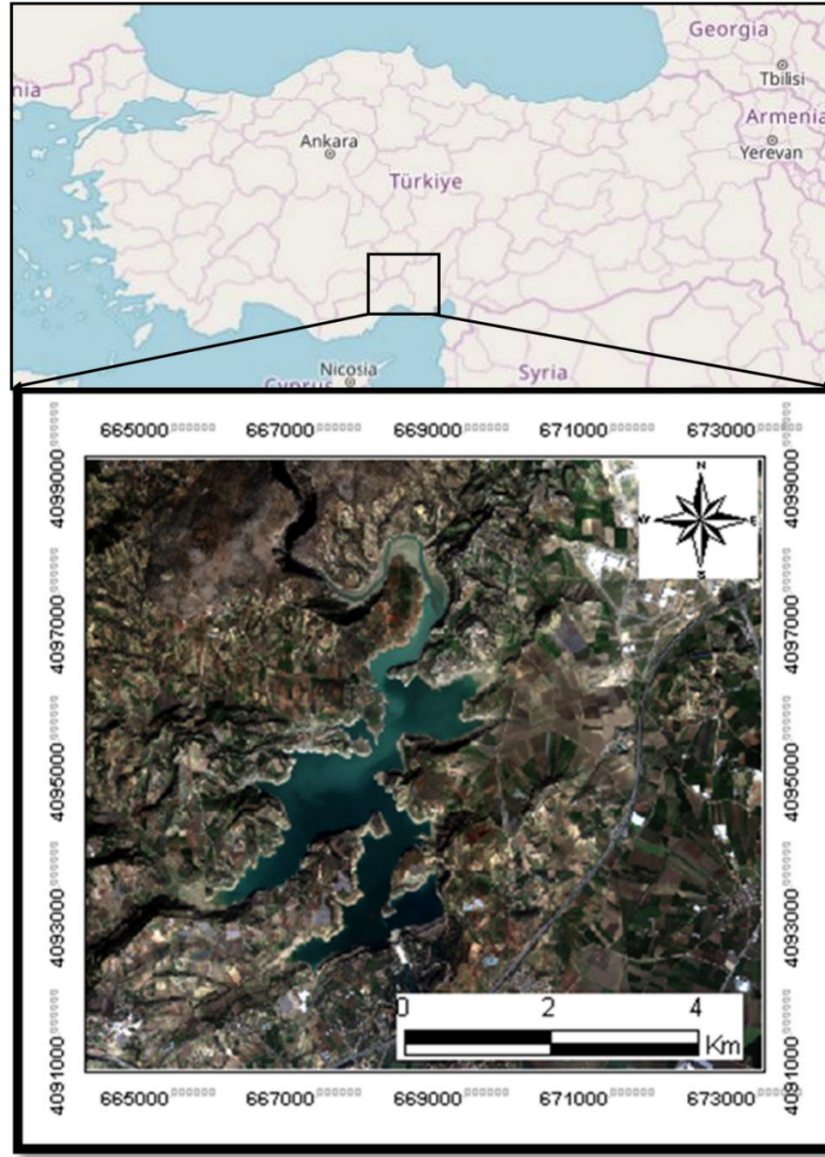
Literatürde su ve sulak alanları gözlemlemek amacıyla bant oranlama yöntemlerini kullanan birçok çalışma yer almaktadır. Mutlu vd. (2020); Akşehir gölüne ait 1995, 2010 ve 2018 Landsat uydu görüntülerine NDWI, MNDWI ve  $NDWI_{GAO}$  bant oranlama teknikleri uygulamış ve %69 oranında alansal değişim tespit etmiştir (Mutlu vd., 2020). Ma vd. (2018); Çin'in Liaoning ili Panjin bölgesine ait Modis ve Landsat uydu görüntülerine NDWI, NDVI bant oranlama teknikleri uygulayarak mevsimsel değişimleri yüksek doğrulukla gözlemlemiştir (Ma vd., 2018). Deoli vd. (2022); Hindistan Nainital Gölü bölgesinin 2001, 2012, 2013 ve 2018 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerine NDWI, WRI ve MNDWI bant oranlama tekniklerini uygulamış ve göl alanının zamansal değişimini gözlemlemiştir. NDWI tekniğinin %96,94 ile en yüksek doğruluğu veren yöntem olduğunu tespit etmiştir (Deoli vd., 2022). Aksoy vd. (2019), Burdur Göller yöresinde alan değişimi tespit etmek için NDWI bant oranlama tekniği kullanmıştır (Aksoy vd., 2019). Şekertekin vd. (2018), Yedigöze ve Çatalan baraj gölüne ait Sentinel-2 görüntülerine NDWI ve MNDWI bant oranlama tekniklerini uygulamış NDWI yönteminin MNDWI yöntemine göre daha yüksek doğruluk verdiğini tespit etmiştir (Şekertekin vd., 2018). Yılmaz (2023), farklı özelliklere göller üzerinde bant oranlama teknikleri kullanarak, yöntemleri karşılaştırmıştır (Yılmaz, 2023). Laonamsai vd. (2023), 2015 ve 2022 Ping nehrine ait uydu görüntülerine erozyonu gözlemlemek su bant oranlama tekniklerini uygulayarak yöntemleri analiz etmiştir (Laonamsai vd., 2023).

Bu çalışmanın temel amacı su alanlarının farklı bant oranlama teknikleri kullanarak tespit etmek ve tekniklerin doğruluklarını karşılaştırmaktır. Bu nedenle 3 Ocak 2024 tarihinde algılanmış Sentinel-2B görüntülerine NDWI, MNDWI ve WRI bant oranlama teknikleri uygulanmış, Otsu yöntemi ile eşik değerler tespit edilmiş, 200 adet kontrol noktası kullanılarak hata matrisleri oluşturulmuş ve doğruluk analizleri yapılmıştır.

## **MATERYAL VE METOT**

Bu bölümde, çalışma alanının konumu ve genel özellikleri, Sentinel-2B uydusunun bantları ve dalga boyları, NDWI, MNDWI ve WRI bant oranlama teknikleri, Otsu eşik belirleme yöntemi, hata matrisi ve doğruluk analizi açıklanmıştır.

Berdan Baraj Gölü, Mersin'in Tarsus ilçesinin kuzeyinde Berdan nehri üzerinde yer almaktadır. 1984 yılında kullanıma açılmış olup, sulama ve içme suyu temini amacıyla inşa edilmiştir (Fındık, 2000). Çalışma Alanı Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Çalışma Alanı (ESA, 2024)

Figure 1. Study Area (ESA, 2024)

Bu çalışmada Berdan Baraj gölü ve çevresine ait 3 Ocak 2024 tarihinde algılanmış Sentinel 2B MSI uydu görüntüleri kullanılmıştır (ESA, 2024). Sentinel-2B bantları ve Özellikleri Çizelge 1’de sunulmuştur.

**Çizelge 1.** Sentinel-2B bantları ve Özellikleri (ESA, 2024)

*Table 1. Sentinel 2B Bands and Specifies (ESA, 2024)*

Sentinel-2 Uydu Bantları	Özellikler	
	Dalgaboyu (mikrometre)	Çözünürlük (m)
Bant-1 Kıyı Aerosol	0.442	60
Bant-2 Mavi	0.492	10
Bant-3 Yeşil	0.559	10
Bant-4 Kırmızı	0.665	10
Bant-5 Bitkiörtüsü kırmızı kenar	0.703	20
Bant-6 Bitkiörtüsü kırmızı kenar	0.739	20
Bant-7 Bitkiörtüsü kırmızı kenar	0.779	20
Bant-8 NIR	0.833	10
Bant-8A Bitkiörtüsü kırmızı kenar	0.864	20
Bant-9 Su buharı	0.943	60
Bant-10 SWIR Cirrus	1.376	60
Bant-11 SWIR	1.610	20
Bant-12 SWIR	2.185	20

Yeşil ve yakın kızıl ötesi bantları kullanarak su yüzeylerini tespit etmek için kullanılan Normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI) bir bant oranlama tekniğidir. (McFeetes, 1996) Formülü aşağıdaki gibidir (Eşitlik 1)

$$NDWI = \frac{BAND_{YEŞİL} - BAND_{NIR}}{BAND_{YEŞİL} + BAND_{NIR}} \quad (1)$$

Değiştirilmiş Normalize edilmiş fark su indeksi (MNDWI) Yeşil ve SWIR bantları kullanarak su yüzeylerini tespit etmek için kullanılan bir bant oranlama tekniğidir. (Xu, 2006) Formülü aşağıdaki gibidir (Eşitlik 2)

$$MNDWI = \frac{BAND_{YEŞİL} - BAND_{SWIR1}}{BAND_{YEŞİL} + BAND_{SWIR1}} \quad (2)$$

Su Oranı İndeksi (WRI), yeşil, kırmızı, NIR ve SWIR bantları kullanarak su yüzeylerini tespit etmek için kullanılan bir bant oranlama tekniğidir. (Shen ve Li, 2010) Formülü aşağıdaki gibidir (Eşitlik 3)

$$WRI = \frac{BAND_{YEŞİL} - BAND_{KIRMIZI}}{BAND_{NIR} + BAND_{SWIR1}} \quad (3)$$

Çalışmada bant oranlama teknikleri uygulanmış görüntülerde eşik değerlerini tespit etmek için Otsu yöntemi kullanılmıştır. Otsu Yöntemi, eşik değeri otomatik olarak belirleyen bir teknik olup, herhangi bir görüntü için bimodal histogramda sınıf içi varyansı  $\sigma^2(t)$  maksimize eder (Otsu, 1979). Optimum eşik değeri belirlemek için kullanılır.

Çalışmada hataların tespit edilmesi için hata matrisleri kullanılmıştır. Hata matrisinde dikey sütun referans veriyi, yatay sütun ise değerlendirmesi yapılacak veriyi temsil eder (Yener vd., 2006). Matris üzerinde doğruluk, köşegen toplamının referans piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle elde edilir (Davarcı, 2011). Kappa değeri hata matrisinin köşegen elemanlarını, satır ve sütun değerleri toplamını ve toplam hücre sayısını kullanarak doğruluk analizi yapan bir yöntemdir (Çetinkaya ve Toz, 2007). Formülü aşağıdaki gibidir (Eşitlik 4).

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (4)$$

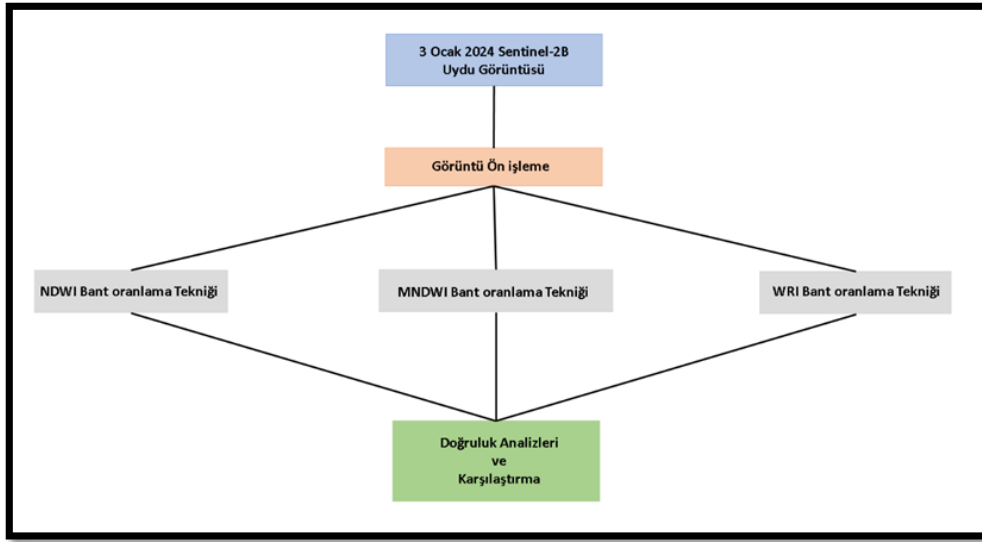
Kappa denkleminde, “r” kullanılan sınıf sayısını, “x<sub>ii</sub>” hata matrisinin köşegen elemanlarını, “x<sub>i+</sub>” satır toplamını, “x<sub>+i</sub>” sütun toplamı ve “N” hata matrisindeki toplam hücre sayısını temsil etmektedir (Çetinkaya ve Toz, 2007).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, uydu görüntüsüne uygulanan ön işleme aşaması, bant oranlama teknikleri uygulanarak elde edilen NDWI, MNDWI ve WRI görüntüleri, Otsu yöntemi uygulanarak belirlenen eşik değerlerle oluşturulan haritalar, her bir sınıf için hesaplanan piksel sayıları ve

alanlar, hata matrisleri kullanılarak belirlenen doğruluk değerleri yer almaktadır. Elde edilen sonuçların birbiri ile uyumu ve literatürdeki çalışmalarla uyumu bölümün kapsamını oluşturmaktadır.

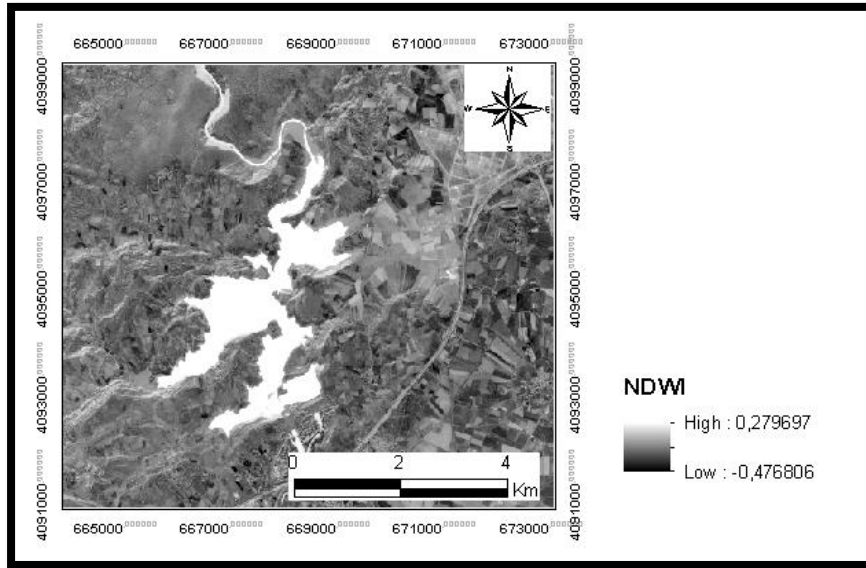
Sentinel-2B görüntüleri, ESA web sayfasından temin edilmiştir (ESA, 2024). Kullanılan görüntüler, L1C serisi olduğundan ve atmosferik düzeltmeleri yapılmış halde sunulur. Ön işleme aşamasında yalnızca görüntüler kesilmiş, NDWI ve WRI uygulanırken kullanılan SWIR<sub>1</sub> bandı 20m çözünürlüklü olmasından dolayı, tüm oranlama teknikleri uygulanırken kullanılan Kırmızı, yeşil ve NIR bant 20 m'ye yeniden örnekleme işlemi uygulanarak kullanılmıştır. (Şekil 2).



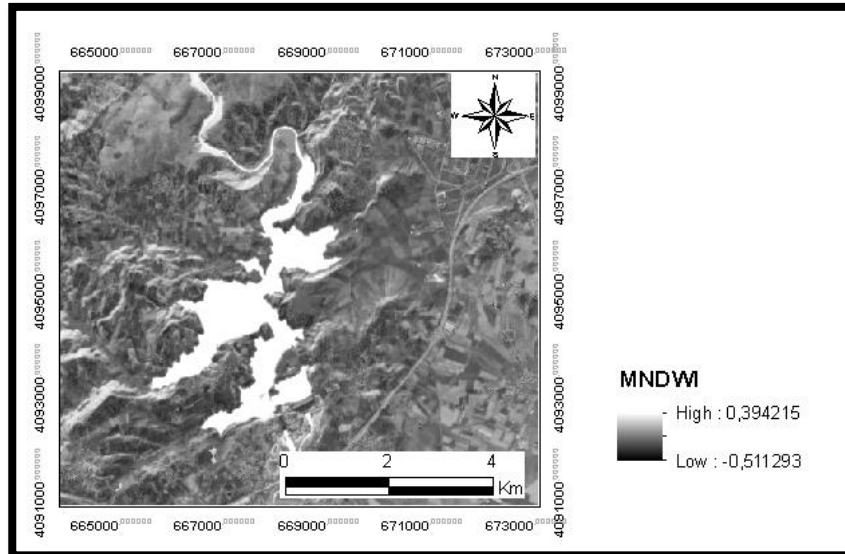
Şekil 2. İş akış diyagramı

Figure 2. Flowchart

Yeniden örneklenmiş 20 metre çözünürlüğe sahip yeşil (bant 3) ve NIR (bant 8) bantları kullanılarak NDWI bant oranlama tekniği, SWIR<sub>1</sub> (bant 11) ve 20 metre çözünürlüğe yeniden örneklenmiş yeşil bant (bant 3) kullanılarak MNDWI, SWIR<sub>1</sub> (bant 11) bandı ve 20 metre çözünürlüğe yeniden örneklenmiş yeşil (bant 3), kırmızı (bant 4), NIR (bant 8) bantları kullanılarak WRI bant oranlama teknikleri uygulanmıştır (Şekil 3).

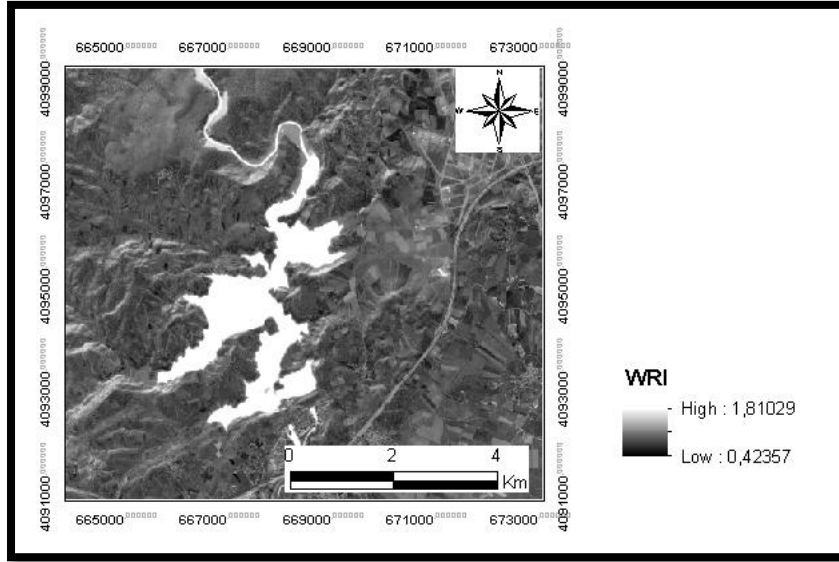


(a)



(b)



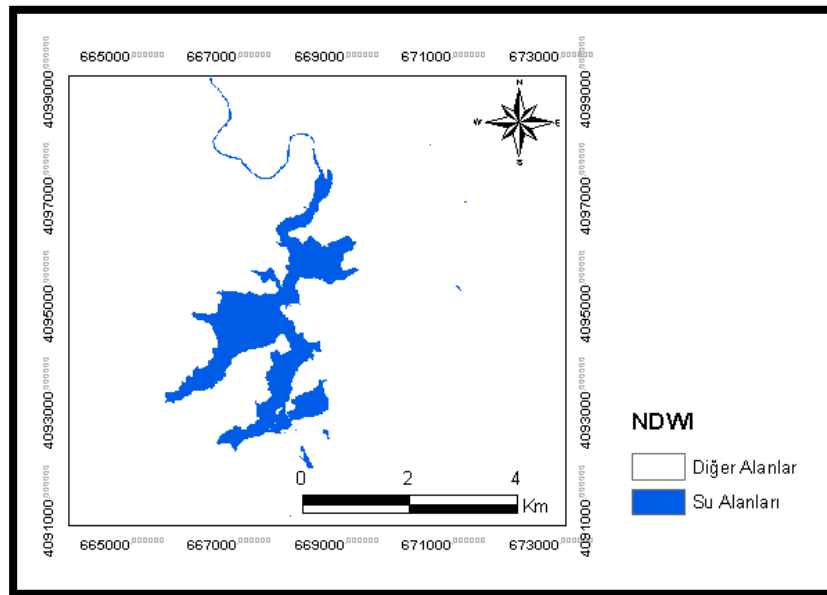


(c)

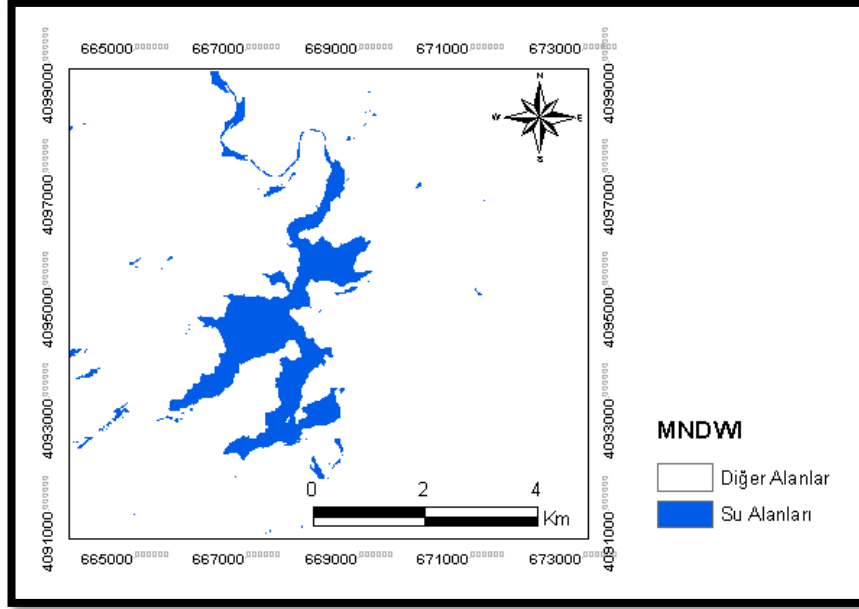
Şekil 3. (a) NDWI (b) MNDWI (c)WRI uygulanmış görüntüler

Figure 3. Images with (a) NDWI (b) MNDWI (c)WRI applied

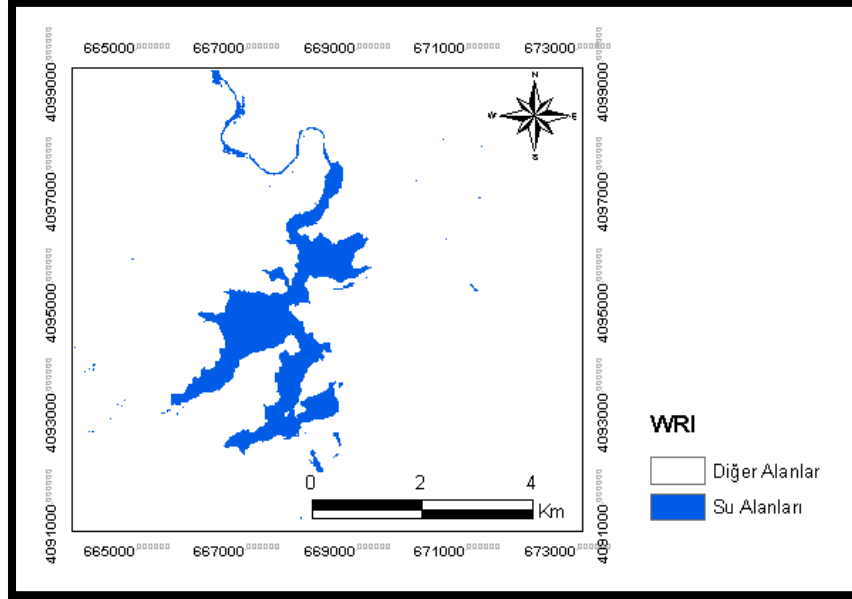
Su Alanları ve Diğer Alanlar olmak üzere iki sınıf oluşturulmuştur. Sınıflar oluşturulurken kullanılan eşik değeri Otsu yöntemi ile NDWI için 0.098, MNDWI için 0.1412 ve WRI için 1.5527 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4).



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. Otsu Yöntemi uygulanmış (a) NDWI (b) MNDWI (c) WRI görüntü sınıfları  
Figure 4. (a) NDWI (b) MNDWI (c) WRI image classes with Otsu Method applied

NDWI, MNDWI ve WRI yöntemi ile tespit edilen sınıfların piksel sayıları ve alanları Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 2.** NDWI, MNDWI ve WRI sınıf piksel sayıları ve alanlar

*Table 2. NDWI, MNDWI ve WRI class pixel value and class area*

Yöntem	Su Alanı Piksel Sayısı	Su Alanı (Km <sup>2</sup> )	Diğer Alanlar Piksel Sayısı	Diğer Alanlar (Km <sup>2</sup> )
NDWI	12591	5.03	202478	80.99
MNDWI	13809	5.52	201260	80.50
WRI	13104	5.24	201964	80.78

200 adet kontrol noktası ile oluşturulmuş hata matrisleri üzerinden (Şekil 5) yapılan doğruluk analizleri Tablo 3’de sunulmuştur.

		MNDWI		
		Diğer Alanlar	Su Alanı	Toplam
GERÇEK	Diğer Alanlar	186	4	190
	Su Alanı	2	8	10
	Toplam	188	12	200

		NDWI		
		Diğer Alanlar	Su Alanı	Toplam
GERÇEK	Diğer Alanlar	188	2	190
	Su Alanı	2	8	10
	Toplam	190	10	200

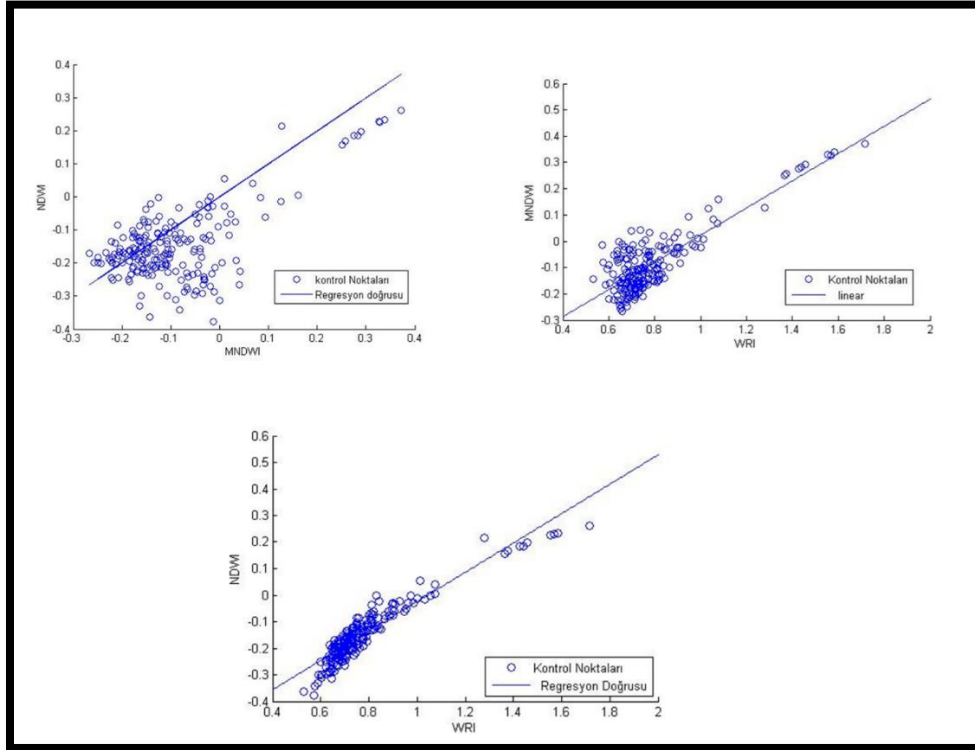
		WRI		
		Diğer Alanlar	Su Alanı	Toplam
GERÇEK	Diğer Alanlar	189	1	190
	Su Alanı	2	8	10
	Toplam	191	9	200

Şekil 5. Hata matrisleri  
*Figure 5. Confusion matrix*

**Tablo 3.** Genel doğruluklar ve kappa değerleri  
*Table 3. Overall accuracy and kappa value*

Yöntem	Genel doğruluk	Kappa değeri
NDWI	%98	0.78
MNDWI	%97	0.71
WRI	%98.5	0.834

NDWI, MNDWI ve WRI yöntemi ile tespit edilmiş su alanları sınıfları tüm yöntemlerde birbiri ile uyumludur. NDWI, MNDWI ve WRI yöntemi ile tespit edilmiş diğer alanları sınıfı da tüm yöntemlerde birbiri uyumludur. Doğruluk analizinde kullanılan 200 adet kontrol noktasının NDWI ve WRI değerleri arasındaki korelasyon katsayısı R, 0.936 dır. NDWI ve MNDWI değerleri arasındaki korelasyon katsayısı R, 0.645dir. WRI ve MNDWI değerleri arasındaki korelasyon katsayısı R, 0.842 dır. Dağılım grafikleri Şekil 6’da sunulmuştur.



Şekil 6. Dağılım Grafikleri

*Figure 6. Scatter Plot*

Kullanılan tüm yöntemler yüksek doğruluklu sonuç vermiştir. En düşük doğruluğu MNDWI yöntemi sağlamıştır. MNDWI yöntemi, çalışma alanındaki gölge alanlar ile su alanlarını ayırt ederken düşük performans göstermiş, bu nedenle diğer yöntemlerden daha fazla su alanı hesaplamıştır. NDWI ve WRI yöntemine göre daha düşük doğruluk sağlamıştır. Elde edilen doğruluk sonuçları literatürdeki çalışmalarla uyum sağlamaktadır. Şekertekin vd. (2018) Yedigöze ve Çatalan baraj gölüne ait uydu görüntüleri kullanarak NDWI bant oranlama tekniğinin %94, MNDWI bant oranlama tekniğinin %91.60 doğruluk sağladığını tespit etmiştir ve NDWI yönteminin su kanallarını da tespit edebildiğini, MNDWI tekniğinin bulut gölgesi gibi alanları da su kütlesi olarak tespit ettiğini belirtmiştir (Şekertekin vd., 2018). Yılmaz (2023), farklı göller üzerinde bant oranlama teknikleri uygulayarak bu indekslerin performanslarını karşılaştırılmıştır. NDWI tekniği MNDWI tekniğinden daha yüksek doğruluk sağlamıştır (Yılmaz, 2023). Laonamsai vd. (2023), 2015 ve 2022 Ping nehrine ait uydu görüntülerine erozyonu gözlemek su bant oranlama tekniklerini uygulamıştır, 2015 ve 2022 görüntülerinde WRI tekniği, NDWI yönteminden daha yüksek doğruluk sağlamıştır (Laonamsai vd., 2023).

## **SONUÇLAR**

Su alanlarını tespit etmek, çevre çalışmaları ve sulak alan yönetimi için büyük bir öneme sahiptir. Kıyı şeritleri, iklim koşulları ve tarımsal sulama gibi su kullanımı nedeniyle değişime uğradığı için su alanları düzenli olarak gözlemlenmelidir.

Bu çalışmada Berdan Baraj Gölü su alanlarının belirlenmesi için NDWI, MNDWI ve WRI bant oranlama teknikleri kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Tüm bant oranlama teknikleri, su alanlarının belirlenmesinde beklenen doğruluğu sağladığı ve kıyı çalışmalarında kullanılabileceği tespit edilmiştir. Uydu teknolojileri ve bant oranlama tekniklerinin su alanlarının belirlenmesinde kullanımı daha hızlı ve daha ekonomik bir çözüm olacaktır. İlerleyen çalışmalarda su alanlarının iklimsel koşullarla değişimi incelenecektir.

## KATKI BELİRTME

Makalenin gelişmesine katkı sağlayan hakemlere teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- 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.
- Çetinkaya B., Toz G., 2007. Coğrafi Veri Seçim İşlemi Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Hata Matrisinin Kullanımı. İtü Dergisi, 6(5-6):59-68.
- Davarcı, M. A., 2011. 2006-2010 yılları arasında seyhan ve yüreğir ilçelerinde uzaktan algılama ile ekili ürün değişimi tespiti, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 114 s.
- Deoli V., Kumar D., Kuriqi A., 2022. Detection of water spread area changes in Eutrophic Lake using landsat data. Sensors, 22(6827):1-15.
- ESA, 2024. European Space Agency Data Hub. Online, <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- Fındık, Ö. 2000. Berdan Baraj Gölü (İçel) bentik faunası. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 42 s.
- Laonamsai, J., Julphunthong, P., Saprathet, T., Kimmany, B., Ganchanasuragit, T., Chomcheawchan, P., Tomun, N. 2023. Utilizing NDWI, MNDWI, SAVI, WRI, and AWEI for estimating erosion and deposition in Ping River in Thailand. Hydrology, 10(3), 70:1-25.
- Ma F., Wang Q., Zhang M., 2018. Dynamic changes of wetland resources based on MODIS And Landsat image data fusion. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2018(63): 1-10.

- McFeeters, S.K. 1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens*, 17:1425–1432.
- Mutlu, A. Z., Kazancı, B., Özçetin, A. Y., Sarıyılmaz, F. B., 2020. Akşehir Gölü zamansal değişiminin bant oranlama yöntemleri ile belirlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi (TUZAL)*, 2(1): 22-28.
- Otsu, N. A. 1979. Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern*, 9: 62–66.
- Shen, L, Li, C. 2010. Water body extraction from Landsat ETM+ imagery using adaboost algorithm. In *Proceedings of the 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing, China*, 1–4.
- Şekertekin, A., Çiçekli, S. Y., Arslan, N. 2018. Index-Based Identification of Surface Water Resources Using Sentinel-2 Satellite Imagery. *2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, 610-614.
- 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.
- Yener, H., Koç, A., Çoban, H. O., 2006. Uzaktan algılama verilerinde sınıflandırma doğruluğunun belirlenmesi yöntemleri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B*, 56/2.
- Yılmaz, O. S., 2023. Uzaktan algılama teknikleri ile su yüzeylerinin tespit edilmesinde kullanılan su çıkarma indekslerinin performans analizi. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 4(2), 242-261.