



Seyhan Barajı su kotunun belirlenmesi ve mevsimsel analizi: Uzaktan algılama teknikleriyle 30 yıllık bir çalışma

Determination and seasonal analysis of water levels in Seyhan Dam: A 30-year study using remote sensing techniques

Nihal Adıgüzel¹, Muhammed Furkan İnce², Arzu Özkaya^{3*}

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, nihaladgzl@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2317-0055>

² Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, incefurkan16@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9068-1729>

³ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, a.ozkaya@aybu.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3983-8831>

MAKALE BİLGİLERİ

ÖZ

Makale Geçmişi:

Geliş 15 Kasım 2024
Revizyon 24 Ocak 2025
Kabul 28 Ocak 2025
Online 26 Mart 2025

Anahtar Kelimeler:

Seyhan Barajı, Rezervuar alan değişimi, Landsat verileri

Bu çalışmada, Adana ilinde bulunan Seyhan Barajı'nın 1990-2021 yılları arasındaki rezervuar alan değişimi, uzaktan algılama teknikleriyle detaylı bir şekilde incelenmiştir. Düzensiz yağış rejimi, tarıma dayalı göç, insan faaliyetlerindeki artış ve küresel ısınmanın buharlaşma oranlarını artırması, barajdaki su seviyelerinin düzenli olarak izlenmesini ve değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan yöntem, su yüzey alanlarının gerçeğe yakın bir biçimde tespit edilmesini sağlamıştır. Verilerin doğruluğu, korelasyon katsayısı (r), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve ortalama hata (OH) gibi istatistiksel kriterlerle değerlendirilmiştir. Elde edilen ortalama değerler, genel olarak gerçek duruma yakın sonuçlar sunmuş, ancak belirli veri çiftlerinde sapmalar gözlemlenmiştir. Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS verileri, DSİ ölçümleriyle karşılaştırıldığında sırasıyla 0.76, 0.83 ve 0.78 korelasyon değerleri elde edilmiştir. Özellikle Landsat 7 ETM+ verisi, diğerlerine kıyasla en düşük RMSE değerini sağlamıştır. Ancak, mevsimsel ve atmosferik faktörlerin yanı sıra veri setlerinin uzunluğunun da hata oranlarını etkileyebileceği belirtilmiştir.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 15 November 2024
Received in revised form 24 January 2025
Accepted 28 January 2025
Available online 26 March 2025

Keywords:

Seyhan Dam, Reservoir area change, Landsat data

In this study, the reservoir area changes of Seyhan Dam, located in Adana, were examined in detail using remote sensing techniques for the period between 1990 and 2021. Irregular precipitation patterns, migration driven by agriculture, increased human activities, and the impact of global warming on evaporation rates necessitate regular monitoring and assessment of water levels in the dam. The method used in this study enabled accurate detection of water surface areas. The accuracy of the data was evaluated using statistical criteria such as the correlation coefficient (r), root mean square error (RMSE), and average error (OH). The average values obtained generally provided results close to the real situation, though deviations were observed in specific data pairs. When compared with measurements from the State Hydraulic Works (DSI), the Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, and Landsat 8 OLI/TIRS data yielded correlation values of 0.76, 0.83, and 0.78, respectively. Notably, the Landsat 7 ETM+ data exhibited the lowest RMSE value compared to the others. However, it has been noted that seasonal and atmospheric factors, as well as the length of the data sets, may also influence the error rates.

Doi: 10.24012/dumf.1586135

* Sorumlu Yazar

Giriş

Su kaynakları, en küçük mikroorganizmadan en büyük canlı varlığa kadar tüm biyolojik yaşamın temel dayanağını oluşturduğundan ekosistemin vazgeçilmez unsurudur [1]. Günümüzde dünya nüfusunun hızla artması ve küresel ısınmaya bağlı olarak gözlenen iklim değişikliği su ihtiyacının her geçen gün artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle halihazırda sınırlı olan su kaynakları kalite ve nicelik bakımından risk altındadır [2]. İçme suyu temini, tarım, sanayi, enerji üretimi gibi birçok alanda hayati öneme sahip olan su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetimi ve korunması, havza bazlı çalışmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi doğrultusunda, ihtiyaç duyulduğunda güvenilir su temini ve elektrik üretimi sağlayan baraj yapılarının tasarımı ve inşası üzerinde kapsamlı çalışmalar yürütülmektedir. Bu yapılar, suyun depolanmasını ve kontrollü kullanımını mümkün kılarak, toplumun su ve enerji gereksinimlerinin karşılanmasında kritik bir rol oynamaktadır [3]. Barajlara yönelik en ciddi tehditlerden biri, iklim değişikliği sebebiyle artan sıcaklıkların buharlaşmayı hızlandırmasıdır. Bunun sonucunda, baraj rezervuarlarındaki su seviyelerinde meydana gelen büyük değişimler, günümüzde önemli bir sorun haline gelmiştir [4]. Özellikle içme suyu ve tarım alanlarında su temini çalışmalarının dikkatle yürütülmesi ve havzayı besleyen su kaynaklarının sürekli olarak takip edilmesi gereklidir. Rezervuarların su seviyesindeki değişikliklerinin takip edilebilmesi için göl gözlem istasyonları (GGİ) kullanılmaktadır. Ancak bu gözlem istasyonlarının işleyişinde ekipman güvenliği ve yüksek maliyet gibi birçok sorunla karşılaşabilmektedir. Uzaktan algılama verilerinin coğrafi bilgi sistemleri ile temini ve bu verilerin rezervuardaki kot-alan-hacim grafikleriyle ilişkilendirilmesi sayesinde, GGİ'nin bulunmadığı bölgelerde bu yöntemler kullanılabilirken, GGİ'nin mevcut olduğu bölgelerde ise uzaktan algılama verilerinin doğruluk kontrolü sağlanabilmektedir [5].

Daha hızlı ve ekonomik veri elde edilmesini sağlayan yeni uzaktan algılama yöntemlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan uzaktan algılama teknolojileri ve coğrafi bilgi sistemlerinin hidrolojik çalışmalara entegrasyonu, veri erişimini kolaylaştırmakta ve analiz süreçlerini daha etkin hale getirmektedir. Bu teknolojiler, su kaynaklarının izlenmesi ve yönetiminde önemli katkılar sunmaktadır. Landsat, MODIS, ASTER ve Sentinel gibi çeşitli uydu sistemlerinden elde edilen görüntülerin analizi, yüzey formlarında meydana gelen değişimlerin tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu uydu verileri, coğrafi değişimlerin izlenmesi ve değerlendirilmesi açısından önemli bir araçtır [6]. Landsat görüntüleri, yüksek zamansal çözünürlüğü, küresel kapsamı ve açık erişim politikası sayesinde su kütlelerinin haritalanması ve analiz edilmesinde bilimsel topluluk tarafından geniş bir şekilde tanınmaktadır. Bu

erişilebilirlik, araştırmacılara yüksek veri maliyetleri olmadan kapsamlı çalışmalar yapma imkânı sağlamaktadır. 1996 yılında McFeeters, uydu görüntülerinde yüzey suyunun tespitini artırmak için Landsat verilerini kullanarak Normalleştirilmiş Fark Su Endeksi'ni (NDWI) sunmuştur [7]. Bu yöntem, suyun yeşil banttaki yansıtıcı özelliklerini ve yakın kızılötesi bantta suyun emilimini kullanarak su özelliklerini kara özelliklerinden izole etmeyi mümkün kılmaktadır. McFeeters'ın yaklaşımı, sonraki hidrolojik araştırmalar için temel oluşturmuştur. Çalışmalar, NDWI'nin, sadece temel su kütlelerinin haritalanması için değil, aynı zamanda rezervuar alanı ölçümü [8], sel izleme [9] ve sulak alan analizi [10] gibi daha karmaşık hidrolojik çalışmalar için nasıl uygulandığını da göstermektedir.

Bu çalışmada, uydu gözlemleri aracılığıyla elde edilen Seyhan Barajı alan verileri, kot-alan eğrileri kullanılarak yükseklik değerlerine dönüştürülmüştür. Hesaplanan yükseklik değerleri, DSİ'den temin edilen su seviyesi bilgileri ile karşılaştırılmıştır.

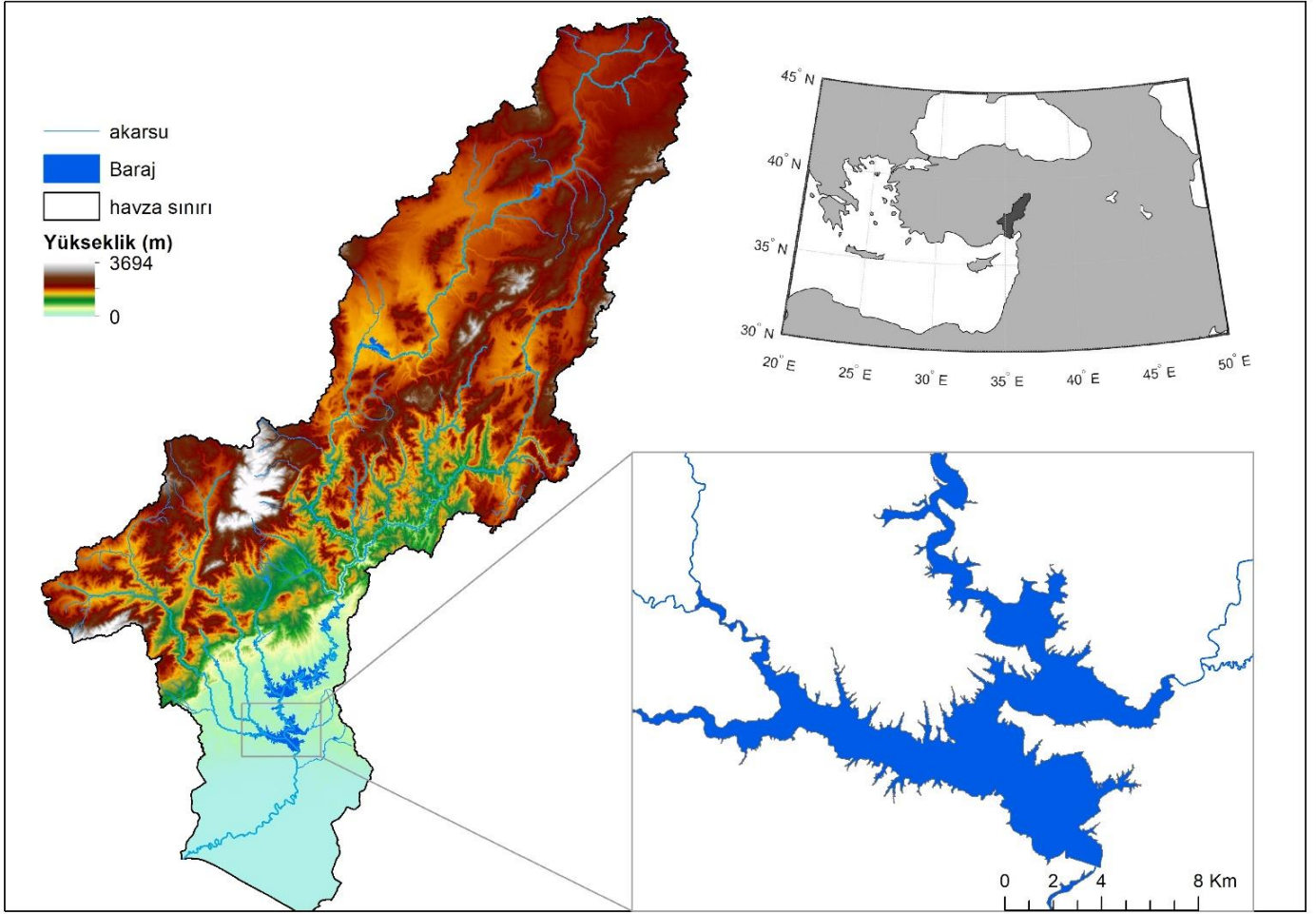
Materyal ve metot

Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Adana'nın 15 km uzağında Seyhan Nehri üzerinde kurulu 37°02'22"N enleminde 35°19'55"E boylamında bulunan Seyhan Barajı'dır (Şekil 1). 1956 yılında işletmeye açılan Seyhan Barajı'nın normal su seviyesi ve buna denk gelen alanı sırasıyla 67.50 m 64.96 km²'dir. Bu baraj içme suyu, sulama, enerji ve taşkın koruma gibi alanlarda faaliyet göstermektedir. Zamanti ve Göksu akarsularından beslenen Seyhan Nehri'nin sulama ve içme suyu faaliyetlerinde kullanımı baraj su seviyesi değişimlerine sebep olmaktadır [11]. İklim değişikliklerine bağlı olarak gelişen yağış rejimindeki düzensizlik, sıcaklık artışına bağlı buharlaşma ve son yıllarda Adana iline tarımsal faaliyetler nedeniyle artan göç gibi faktörler, su miktarının kesin bir şekilde belirlenmesini önemli hale getirmiştir. Bu sebeple, çalışma alanı Seyhan Barajı olarak belirlenmiştir.

Çalışma verileri

1972 yılından bu yana Landsat uyduları, ülkemiz de dahil olmak üzere dünya genelinde veri sağlamaya devam etmektedir. Çalışma alanında uzun süreli ve çok sayıda görüntü verisi içermesi nedeniyle, Landsat uydu verileri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında 1990 ile 2021 yılları arasındaki Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS (Tablo 1) uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Çalışmada, bulut filtrelemesi yapılarak 1990 Ocak tarihinden 2021 Aralık tarihine kadarki 31 yıllık veri geçmişini kapsayan bir araştırma yapılmıştır.



Şekil 1. Seyhan Havzasının konumu, havzanın sayısal yükseklik modeli üzerinde gösterimi ve çalışma alanı (Seyhan Barajı)

Tablo 1. Landsat Uyduları Özellikleri [14]

Tanım	Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM+	Landsat 8 OLI/TIRS	Çözünürlük (m)
Ultra Mavi			B1	30
Mavi	B1	B1	B2	30
Yeşil	B2	B2	B3	30
Kırmızı	B3	B3	B4	30
Yakın Kızılötesi	B4	B4	B5	30
Kısa Dalga Kızılötesi 1	B5	B5	B6	30
Termal Kızılötesi	B6	B6	B10	30
Kısa Dalga Kızılötesi 1	B7	B7	B7	30

Metot

Google Earth Engine (GEE) platformu, geniş ölçekli uydu görüntüsü analizleri için güçlü bir araçtır. Bu çalışmada, NDWI hesaplamaları için belirli bir çalışma alanı GEE platformunda oluşturulmuştur. Çalışmanın ilk adımı, Landsat uydu görüntü veri setlerinin seçilmesidir. Landsat uydu görüntüleri, Amerika Birleşik Devletleri'nin NASA (National Aeronautics and Space Administration) ve USGS (United States Geological Survey) kurumları tarafından yürütülen

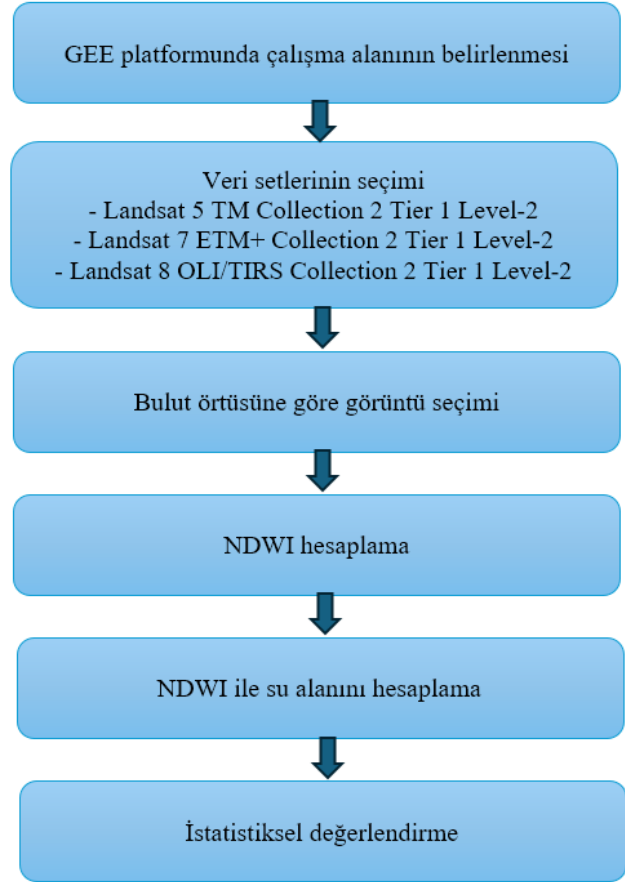
ortak bir iş birliği çerçevesinde üretilmektedir[12]. Bu doğrultuda, atmosferik düzeltme yapılmış ve yüksek geometrik doğruluğa sahip Collection 2 Tier 1 Level-2 veri setleri tercih edilmiştir. Landsat Collection 2 Level-2 verileri, USGS tarafından LEDAPS ve LaSRC algoritmaları kullanılarak atmosferik düzeltmeler uygulanmış yüzey yansımaya (surface reflectance) verileridir. Bu düzeltmeler, aerosol, su buharı ve bulut etkilerinin giderilmesi amacıyla MODIS iklim modeli verileri ile gerçekleştirilmiştir [13].

Çalışmada, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularına ait veri setleri kullanılmıştır. Seçilen veri setleri üzerinden görüntüler tarih aralığına ve çalışma alanına göre filtrelenmiş, ardından bulut örtüsüne göre sıralama yapılmıştır.

En düşük bulut oranına sahip olan görüntüler analiz için seçilmiştir. Bu aşamada bir ay içinde en az bulutluluk oranına sahip olan görüntü seçimi yapılmış ve bu güne denk gelen rezervuar kot değeri DSİ'den talep edilmiştir. Sonrasında, NDWI hesaplaması gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalarda, Landsat 5 TM ve 7 için SR_B2 (Yeşil) ve SR_B4 (NIR) bantları, Landsat 8 OLI/TIRS için ise SR_B3 (Yeşil) ve SR_B5 (NIR) bantları kullanılmıştır. NDWI değerleri, su alanlarının mekânsal dağılımını tespit etmek için kullanılmıştır. NDWI sonuçları üzerinden, çalışma alanındaki toplam su alanı hesaplanmış ve bu değerler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu analizler, su kütlelerinin zamansal ve mekânsal değişimlerini anlamada önemli bilgiler sağlamıştır. Çalışmanın akışı Şekil 2'de sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan Landsat uydu görüntülerine, ABD Jeolojik Araştırmalar Merkezi'nin (USGS) Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) platformu üzerinden erişilebilir. Bu çalışmada kullanılan GEE platformu, Landsat, Sentinel ve diğer uydu görüntü veri setlerinin doğrudan işlenmesine imkân tanıyan bulut tabanlı JavaScript programlama dilini kullanan bir platformdur [15]. Ayrıca, bu platform sadece NASA Landsat arşivlerine değil, aynı zamanda ESA ve diğer kaynaklardan gelen görüntülere de ücretsiz erişim sağlar. Yüksek performansı ve doğruluğu sayesinde yer bilimleri alanında yaygın olarak kullanılmaktadır [16], [17].

Landsat uydu verileriyle Seyhan Barajı'nı kapsayacak şekilde poligon koordinat noktaları belirlenerek çalışma alanı oluşturulmuştur. Landsat verileri, karasal alanda uzun süreli değişimleri gerek antropojenik faaliyetlerden gerekse iklim değişikliğinin etkilerini görebilmek için sıklıkla kullanılan kaynaklar arasında yer almaktadır [18]. Elde edilen veriler üzerinden temel kodlamalar sisteme girilerek, göletin zamana bağlı alan değişimleri bulut filtrelemesi uygulanarak elde edilmiştir. Bulut filtreleme, atmosferdeki sis, kar ve bulut gibi doğal etmenlerden kaynaklanan yanlış görselleştirmeyi engellemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu işlemler yapılırken literatürde de sıklıkla kullanılan [19] Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (Normalized Difference Water Index, NDWI) kullanılmıştır. NDWI hesaplamasında yakın kızılötesi ve yeşil bantlar kullanılmaktadır [7]. NDWI yöntemi, sulak ve karasal bölgeleri ayırmak için kullanılan etkili bir yöntemdir. NDWI formülü kullanılarak elde edilmiş su kütlesi içeren sıfırdan büyük değerler su kütlesinin olduğu alanları temsil ederken sıfırdan küçük çıkan değerler için ise sulak alanın dışındaki kuru bölgeleri temsil etmektedir (Tablo 2). Bu şekilde çalışma alanı içerisindeki ıslak ve kuru bölgeler birbirinden ayrılarak gölet alanı tespiti sağlanabilmektedir (Şekil 3). NDWI değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$NDWI = \frac{\text{Yeşil bant} - \text{Kızılötesi bant}}{\text{Yeşil bant} + \text{Kızılötesi bant}} \quad (1)$$

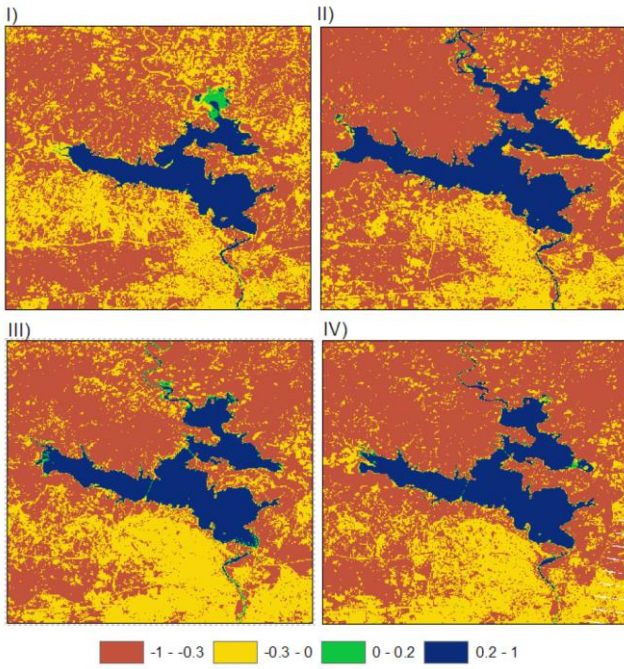


Şekil 2. Çalışmanın akış şeması

Yeşil bant ve kızılötesi değerleri B2 ve B4 (Tablo 1) bantlarının değerini ifade etmektedir. Bu yöntemle su görüntülerinin toplam alan değerleri elde edilmiştir.

Tablo 2. NDWI değerleri ve açıklamaları[20], [21]

NDWI Değeri	Açıklama
0.2 – 1	Su yüzeyi
0 – 0.2	nem
-0.3 – 0	Orta kuraklık, su içermeyen yüzeyler
-1 – -0.3	Kuraklık, su içermeyen yüzeyler



Şekil 3. Örnek NDWI Görüntüleri: I) 14.09.1990, II) 21.06.2000, III) 20.08.2010, IV) 08.09.2020

Çalışmanın devamında, uydu görüntülerinden elde edilen rezervuar alan değerleri, DSI'den temin edilen kot-alan grafiği kullanılarak su seviyesi değerlerine dönüştürülmüş sonrasında DSI'den temin edilen günlük baraj su seviyesi değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bu amaç için istatistiksel yöntemler kullanılmıştır (Tablo 3).

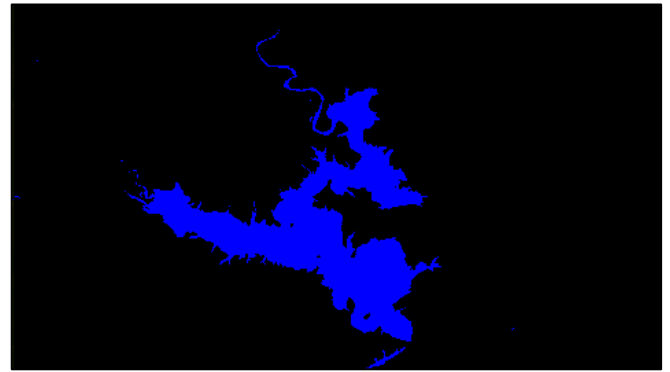
Tablo 1. İstatistiksel Değerlendirme Tablosu

Kriter	Denklem
Korelasyon katsayısı	$r = \frac{\Sigma(H_g - \bar{H}_g)(H_t - \bar{H}_t)}{\sqrt{\Sigma(H_g - \bar{H}_g)^2} \sqrt{\Sigma(H_t - \bar{H}_t)^2}}$
Kök Ortalama Kare Hatası (m)	$RMSE = \sqrt{\frac{\Sigma(H_g - H_t)^2}{n}}$
Ortalama hata (m)	$OH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_g - H_t)$

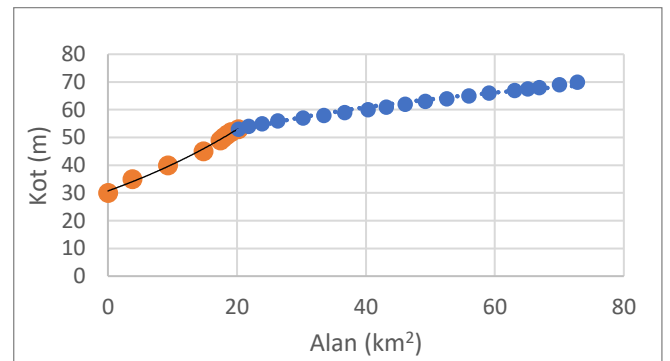
Tablo 3'de yer alan H_g , H_t ve n değişkenleri sırasıyla: gözlenmiş su seviyesi, kot alan grafiğinden okunmuş su seviyesi ve veri çiftlerinin sayısını ifade etmektedir. \bar{H}_g ve \bar{H}_t ise ortalama gözlenmiş su seviyesi ve grafik eğrisinden okunmuş ortalama su seviyesidir.

Bulgular ve tartışma

Yürütülen çalışmada, uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak bulutluluk oranı en düşük olan görüntüler seçilmiştir. Buna göre 1990-2011 tarihleri arasında 175 adet Landsat 5 TM görüntüsü, 2011-2014 tarihleri arasında 23 adet Landsat 7 ETM+ görüntüsü ve 2014-2021 tarihleri arasında 83 adet Landsat 8 OLI/TIRS görüntüsü elde edilmiştir. NDWI yöntemi kullanılarak su maskesi oluşturulmuştur. Bu sayede, rezervuar alan değerleri elde edilmiştir. (Şekil 4). Landsat 7 ETM+ verisinin diğer iki uydu verisinden sayıca daha az olmasının temel nedeni, bu uydu sensöründen elde edilen görüntülerin bulutluluk oranlarının yüksek olmasıdır. Barajın su alan değerleri (km^2) elde edildikten sonra barajın kot-alan grafiğinden kot değerleri yani su seviyesi değerleri hesaplanmıştır. Kot-Alan grafiğindeki değerlerin daha doğru bir şekilde okunabilmesi için üs ve üstel olmak üzere iki denklemli kot-alan eğrisi oluşturulmuştur. Bu denklemler kullanılarak elde edilen alan değerlerinden kot (su seviyeleri) hesabı yapılmıştır (Şekil 5). Oluşturulan denklemlerin korelasyon katsayıları 0.99'dur.



Şekil 4. Seyhan Barajına ait NDWI Su Maskesi (02.02.1990)

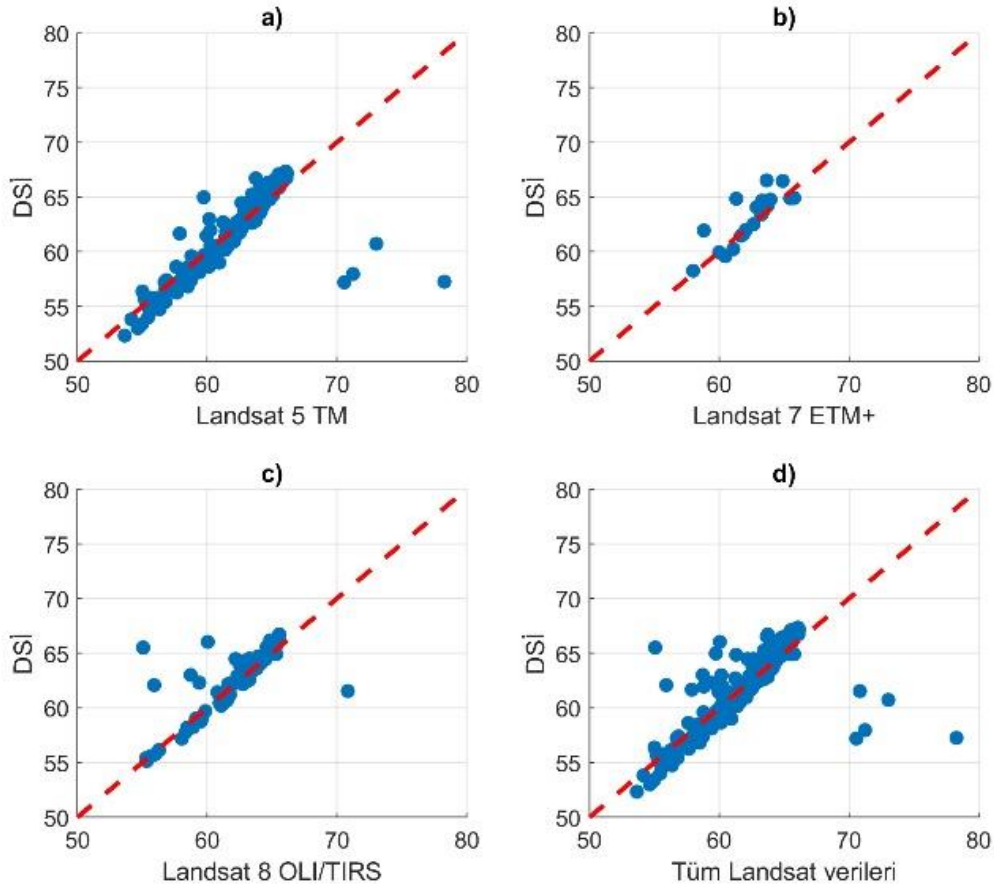


Şekil 5. İki Eğrili Kot-Alan Grafiği

Şekil 6 DSI (Devlet Su İşleri) ve Landsat verileri arasındaki kot (yükseklik) değerlerinin birbiriyle olan ilişkisini göstermektedir. Dört farklı panel, Landsat'ın farklı versiyonlarından (5 TM, 7 ETM+, 8 OLI/TIRS) alınan alan kot verileri ile DSI'nin sağladığı yalnız kot verilerini

göstermektedir. İstatistiksel değerlendirme kriterlerinin sonuçları da Tablo 4'te sunulmuştur. Buna göre Şekil 6 (a)'da Landsat 5 TM verisinin DSİ verileriyle orta derecede bir korelasyon ($r = 0.76$) sergilediği ve ölçüm hatası olarak RMSE'nin 2.55 m., ortalama hatanın ise 1.13 m. olduğu kaydedilmiştir. Bu değerler, Landsat 5 TM verisinin genel olarak DSİ verileriyle uyum sağladığını ortaya koymakta; ancak, dört noktada gözlenen sapmalar, belirli ölçümlerde farklılıkların bulunduğunu da göstermektedir. Şekil 6 (b)'de, Landsat 7 ETM+ verisi, DSİ ile 0.83 gibi daha yüksek bir korelasyon değeri göstermiş ve ölçüm hatası olarak 1.36 m. ile diğer verilere kıyasla daha düşük bir RMSE değeri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, Landsat 7 ETM+ verisinin yükseklik ölçümleri konusunda daha güvenilir olduğunu gösterse de veri sayısının azlığı, bu bulguların genel geçerliliği konusunda dikkatli bir değerlendirme yapılmasını gerektirmektedir. Çünkü geniş veri setleri ile yapılan

analizler serinin performansına ilişkin daha doğru sonuçlar verecektir. Şekil 6 (c)'de, Landsat 8 OLI/TIRS verisi, DSİ verileriyle 0.78 korelasyon sergilemiş, RMSE değeri 1.99 m. ve ortalama hata ise 0.94 m. olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, verinin DSİ verileriyle oldukça uyumlu olduğunu ve yüksek ölçüm doğruluğu sağladığını vurgulamaktadır. Şekil 6 (d)'de ise, tüm Landsat verilerinin bir arada değerlendirilmesi sonucunda, DSİ verileriyle genel bir uyum ($r = 0.76$) ve ortalama RMSE değeri 2.32 m. olarak belirlenmiş; bu da veriler arası ölçüm farklılıklarının dikkate alınarak her bir serinin ayrı ayrı incelenmesinin önemini ortaya koymuştur. Çünkü Landsat verilerindeki teknolojik yenilikler, algılama kapasitesindeki artış ve çeşitlilik, birleştirilmiş veri setlerindeki sonuçların genel çerçevede değerlendirilmesini anlamsız kılmaktadır.



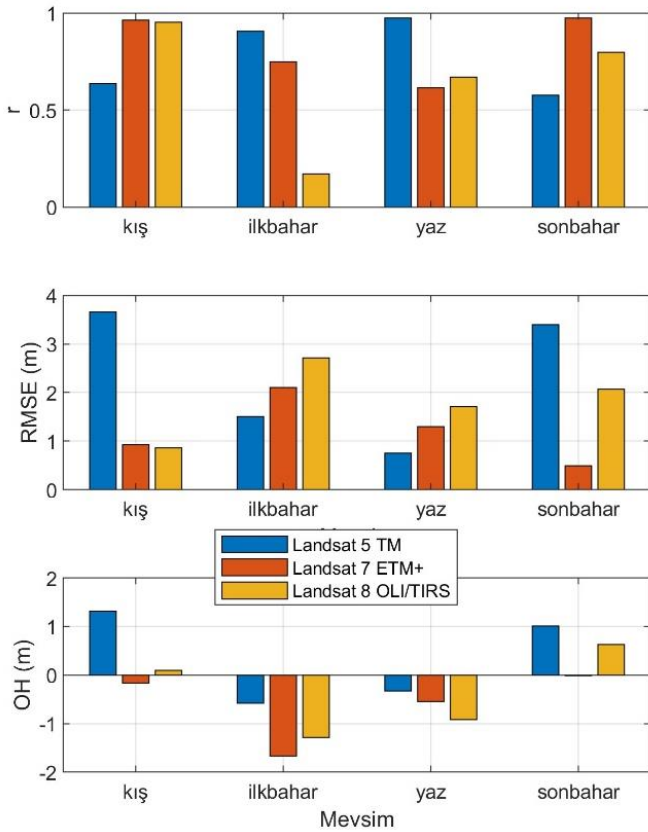
Şekil 6. Landsat verilerinin DSİ verileri ile karşılaştırılması (Kot (m)) (a) Landsat 5 TM, b) Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS ve d) tümü)

Tablo 2. İstatistiksel Analiz Sonuçları

	Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM+	Landsat 8 OLI/TIRS	Tüm
r	0.76	0.83	0.78	0.76
RMSE (m)	2.55	1.36	1.99	2.32
OH (m)	1.13	0.96	0.94	1.06

Mevsimlerin veriler üzerindeki etkisini anlayabilmek için mevsimsel olarak da istatistiksel analizler yapılmıştır (Şekil 7). Landsat uydularına ait veriler kullanılarak oluşturulan bar grafikte, korelasyon katsayısı (r), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve ortalama hata (OH) metriklerinin dört farklı mevsim boyunca değişimi incelenmiştir. Şekil 7'de sunulan

üç Landsat verisinin mevsimsel performans değerlendirmelerine göre, kış mevsiminde Landsat 7 ve 8 serileri 0.9'un üzerinde yüksek korelasyon katsayıları ile öne çıkarken, Landsat 5 verisi daha düşük bir korelasyon sergilemiştir. İlkbahar mevsiminde Landsat 5, korelasyon değerlerinde yüksek bir artış gösterirken, Landsat 8 verisi düşük korelasyon ile dikkat çekmektedir. Yaz aylarında ise, Landsat 5 yüksek korelasyon ve düşük RMSE değerleri ile optimal performans sunmuştur. Sonbahar mevsiminde tüm seriler 0.5 üzerinde korelasyon değerleri vermiş, ancak RMSE açısından Landsat 7 verisi diğerlerine göre daha düşük hata payı ile en güvenilir ölçümleri gerçekleştirmiştir. İlkbahar ve yaz aylarında Landsat 7 ve 8 verilerinin negatif ortalama hata değerleri, bu seri değerlerinin gerçek değerlerden sistematik olarak daha düşük olduğunu işaret ederken, sonbahar aylarında Landsat 7 diğer verilere kıyasla neredeyse hatasız sonuç vermektedir.



Şekil 7. Landsat verisi mevsime bağlı istatistiksel analiz sonuçları

Mevsimsel olarak, ilkbahar döneminde her üç Landsat serisinde yüksek RMSE (>1.5 m.) ve OH (<0.5 m) değerleri gözlenmiştir. Bu durum, bitki örtüsünün yoğun olduğu ve yüksek yansıtma değerlerinin muhtemelen arttığı bir dönem olmasıyla ilişkilendirilebilir. Yaz aylarında ise OH değerlerinde belirgin düşüşler, yüzey yansımalarının daha homojen olması, atmosferik koşulların daha sabit olması gibi sebeplerden kaynaklanabilir. Bunun yanı sıra, Landsat uydularının sensör teknolojileri arasındaki farklılıklar da

ölçümlerin kalitesini ve hassasiyetini etkileyebilir. Veri sayısındaki bu farklılıklar ve çevresel faktörler, farklı hata paylarına yol açmış olabilir. Bu durum, geniş ve sürekli veri setlerinin mevsimsel analizlerdeki önemini vurgulamaktadır.

Çalışmada, belirli bir Landsat veri setinin, mevsimler ve tüm zamanlar gözetilerek, tüm değerlendirme kriterlerinde net bir üstünlük sağlayamadığı görülmüştür. Olmanson ve arkadaşları, 2013 ve 2014 yıllarına ait yaz aylarının görüntülerini kullanarak, Landsat 7 ve 8'in su berraklığı açısından güçlü ve zayıf yönlerini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında her iki sensörün de iyi performans gösterdiğini belirtmişler, ancak Landsat 8'in doğruluk açısından biraz daha üstün olduğunu vurgulamışlardır [22]. Çalışmamızda sunulan farklı zamanlarda farklı veri setlerinin doğruluğu ya da korelasyonu diğer bir çalışmada Landsat veri setlerinin tamamlayıcılığı ile ifade edilmiştir. Landsat 7 ve 8 uydularından elde edilen bitki indeksleri üzerine yapılan karşılaştırmalı analizde, her iki sensörden alınan veriler arasında yüksek düzeyde korelasyon olduğunu ve bu verilerin tamamlayıcı olarak kullanılma potansiyelini ortaya koymaktadır [23].

Sonuçlar

Tarıma bağlı göç, insan faaliyetlerindeki artış, küresel ısınmanın tetiklediği sıcaklık yükselmeleri, buharlaşmanın artması ve yağış miktarlarındaki azalmalar, su kaynaklarının sürekli izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada Seyhan Barajı'nın 1990-2021 yılları arasındaki rezervuar alanları Landsat uydu verileri ile tespit edilmiş ve rezervuar su seviyeleri hesaplanmıştır. Hesaplanan su seviyeleri, gerçek su değerleri ile değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda uydu tabanlı rezervuar su seviyelerinin gerçeğe yakın değerler verdiği görülmüştür. Kış mevsiminde en yüksek korelasyon, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI/TIRS tarafından sağlanırken, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde en iyi performansı Landsat 5 TM veri seti göstermiştir. Genel bir değerlendirme yapıldığında, herhangi bir veri setinin diğerlerinden sürekli olarak üstün olduğu sonucuna varılamamıştır. Ancak, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde negatif ortalama hata tüm veri setlerinde yaygın bir özellik olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca, bazı veri setlerinde yüksek sapmalar gözlemlenmiştir. Atmosferik olaylar, hava fotoğrafının yanlış algılanması sonucu su maskesindeki görüntünün hatalı oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Bu durum ise bazı değerlerde sapmalar meydana getirebilmektedir. Landsat 7 ETM+ veri setindeki Scan Line Corrector (SLC) arızası bu çalışmada düzeltilmemiştir; ham Collection 2 Tier 1 Level-2 verileri kullanılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda SLC hatalarında düzeltme yapılması planlanmaktadır. Bu çalışmada yapılan analizler, Landsat uydularının özellikle su yüzeyi değişimlerinin izlenmesinde başarılı bir performans gösterdiğini ve DSİ ölçümleriyle tutarlı değerler sunduğunu ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, Landsat veri setlerinin, özellikle doğru kalibre edilmiş veri dönemlerinde, su kaynaklarının izlenmesi ve yönetimi için güçlü bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Yazarlar makalenin geliştirilmesine büyük katkı sağlayan hakemlere içtenlikle teşekkürlerini sunarlar. Bu çalışma Tübitak 2209-A 1919B012322830 nolu proje kapsamında tamamlanmıştır. Yazarlar DSİ 6. Bölge Müdürlüğüne teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] D. Pimentel *vd.*, “Water Resources: Agricultural and Environmental Issues”, *BioScience*, c. 54, sy 10, ss. 909-918, Eki. 2004, doi: 10.1641/0006-3568(2004)054[0909:WRAAEI]2.0.CO;2.
- [2] R. Mendelsohn, W. D. Nordhaus, ve D. Shaw, “The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis”, *The American Economic Review*, c. 84, sy 4, ss. 753-771, 1994.
- [3] K. Zemlick, V. C. Tidwell, B. L. Roberts, ve C. R. Castillo, “Suitability Assessment of Non-Potable Water to Meet the Electricity Generation Demands in 2030”, *Journal of Contemporary Water Research & Education*, c. 151, sy 1, ss. 95-105, 2013, doi: 10.1111/j.1936-704X.2013.03155.x.
- [4] V. De Souza Dias, M. Pereira da Luz, G. M. Medero, ve D. Tarley Ferreira Nascimento, “An Overview of Hydropower Reservoirs in Brazil: Current Situation, Future Perspectives and Impacts of Climate Change”, *Water*, c. 10, sy 5, Art. sy 5, May. 2018, doi: 10.3390/w10050592.
- [5] M. A. Akgül ve M. Çetin, “Baraj gölü su kotunun Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılarak tahmin edilmesi”, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, c. 9, sy 1, ss. 493-502, 2018.
- [6] M. Amani *vd.*, “Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review”, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, c. 13, ss. 5326-5350, Eyl. 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.
- [7] S. K. McFEETERS, “The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features”, *International Journal of Remote Sensing*, c. 17, sy 7, ss. 1425-1432, May. 1996, doi: 10.1080/01431169608948714.
- [8] N. Avisse, A. Tilmant, M. F. Müller, ve H. Zhang, “Monitoring small reservoirs’ storage with satellite remote sensing in inaccessible areas”, *Hydrology and Earth System Sciences*, c. 21, sy 12, ss. 6445-6459, Ara. 2017, doi: 10.5194/hess-21-6445-2017.
- [9] K. R. Ahmed ve S. Akter, “Analysis of landcover change in southwest Bengal delta due to floods by NDVI, NDWI and K-means cluster with landsat multi-spectral surface reflectance satellite data”, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, c. 8, ss. 168-181, Kas. 2017, doi: 10.1016/j.rsase.2017.08.010.
- [10] A. Ashok, H. P. Rani, ve K. V. Jayakumar, “Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery”, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, c. 23, s. 100547, Ağu. 2021, doi: 10.1016/j.rsase.2021.100547.
- [11] Ş. P. Güvel ve R. Yurtal, “Seyhan Baraj rezervuarında katı madde birikimi etkisinin incelenmesi”, *GUMMFD*, c. 35, sy 2, Art. sy 2, Ara. 2019, doi: 10.17341/gazimmfd.418702.
- [12] J. R. Irons, J. L. Dwyer, ve J. A. Barsi, “The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission”, *Remote Sensing of Environment*, c. 122, ss. 11-21, Tem. 2012, doi: 10.1016/j.rse.2011.08.026.
- [13] M. Bilal *vd.*, “A Simplified and Robust Surface Reflectance Estimation Method (SREM) for Use over Diverse Land Surfaces Using Multi-Sensor Data”, *Remote Sensing*, c. 11, sy 11, Art. sy 11, Oca. 2019, doi: 10.3390/rs11111344.
- [14] C. J. Crawford *vd.*, “The 50-year Landsat collection 2 archive”, *Science of Remote Sensing*, c. 8, s. 100103, Ara. 2023, doi: 10.1016/j.srs.2023.100103.
- [15] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, ve R. Moore, “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone”, *Remote Sensing of Environment*, c. 202, ss. 18-27, Ara. 2017, doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031.
- [16] N. A. Wahap ve H. Z. M. Shafri, “Utilization of Google Earth Engine (GEE) for land cover monitoring over Klang Valley, Malaysia”, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, c. 540, sy 1, s. 012003, Tem. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/540/1/012003.
- [17] B. Feizizadeh, D. Omarzadeh, M. Kazemi Garajeh, T. Lakes, ve T. Blaschke, “Machine learning data-driven approaches for land use/cover mapping and trend analysis using Google Earth Engine”, *Journal of Environmental Planning and Management*, c. 66, sy 3, ss. 665-697, Şub. 2023, doi: 10.1080/09640568.2021.2001317.
- [18] X. Li *vd.*, “Monitoring high spatiotemporal water dynamics by fusing MODIS, Landsat, water occurrence data and DEM”, *Remote Sensing of Environment*, c. 265, s. 112680, Kas. 2021, doi: 10.1016/j.rse.2021.112680.
- [19] M. Karaca, N. Yağmur, ve F. Balçık, “İstanbul Terkos Gölü zamansal değişiminin Google Earth Engine kullanılarak belirlenmesi”, *Geomatik*, c. 7, sy 3, ss. 235-242, Ara. 2022, doi: 10.29128/geomatik.975714.
- [20] A. Valero-Jorge, R. González-De Zayas, A. Alcántara-Martín, F. Álvarez-Taboada, F. Matos-Pupo, ve O. Brown-Manrique, “Water area and volume calculation of two reservoirs in Central Cuba using Remote Sensing Methods. A new perspective”, içinde *Revista de Teledetección*, Universitat Politècnica de València, Tem. 2022, ss. 71-87. doi: 10.4995/raet.2022.17770.
- [21] EOS, “Normalized Difference Water Index (NDWI)”, Normalized Difference Water Index (NDWI). Erişim: 23 Ekim 2024. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://eos.com/make-an-analysis/ndwi/>
- [22] L. G. Olmanson, P. L. Brezonik, J. C. Finlay, ve M. E. Bauer, “Comparison of Landsat 8 and Landsat 7 for regional measurements of CDOM and water clarity in lakes”, *Remote Sensing of Environment*, c. 185, ss. 119-128, Kas. 2016, doi: 10.1016/j.rse.2016.01.007.
- [23] P. Li, L. Jiang, ve Z. Feng, “Cross-Comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) Sensors”, *Remote Sensing*, c. 6, sy 1, Art. sy 1, Oca. 2014, doi: 10.3390/rs6010310.