

Suğla Gölü için 2017-2023 Yılları Arasında Multispektral PlanetScope Uydu Verileri ile Tarımsal Arazi Uygunluk Analizi (ALSA)

Büşranur Güvercin ^{1*}, Hasan Bilgehan Makineci ¹

^{1*} Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42130, Konya, Türkiye;
(busranurgvrcn@gmail.com; hbmakineci@ktun.edu.tr)



*Sorumlu Yazar:
busranurgvrcn@gmail.com

Araştırma Makalesi

Alıntı: Güvercin, B., & Makineci, H. B. (2025). Suğla Gölü için 2017-2023 Yılları Arasında Multispektral PlanetScope Uydu Verileri ile Tarımsal Arazi Uygunluk Analizi (ALSA). *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 7(1), 28-39.

Geliş : 01.06.2025
Revize : 27.06.2025
Kabul : 30.06.2025
Yayınlama : 30.06.2025

Özet

Bu çalışma, Konya ilinde yer alan Suğla Gölü çevresindeki tarım alanlarının sürdürülebilirliğini değerlendirmek amacıyla, Tarımsal Arazi Uygunluk Analizi (ALSA) yaklaşımının uzaktan algılama teknikleriyle entegrasyonunu hedeflemektedir. 2017-2023 yılları arasında ait PlanetScope uydu görüntüleri kullanılarak NDVI, NDWI, EVI, GCI ve SAVI gibi spektral indeksler hesaplanmış; mekânsal değişimler, Temel Bileşen Analizi (PCA) ve Nesneye Dayalı Görüntü Analizi (OBIA) yöntemleriyle bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Google Earth üzerinden elde edilen görüntülerle desteklenen zamansal analizler, göl yüzeyi ve çevresindeki bitki örtüsü yoğunluğunda yıllık bazda önemli dalgalanmalar yaşandığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, 2020 ve 2023 yıllarına ait veriler, bitkisel stresin arttığını, çıplak toprak oranının yükseldiğini ve tarımsal üretim deseninde belirgin değişiklikler yaşandığını göstermektedir. Göl çevresinde gözlemlenen bu değişimlerin hem tarımsal faaliyetler hem de sulak alanların ekolojik dengesi üzerinde dikkate değer etkiler yarattığı görülmektedir. Suğla Gölü çevresinde çok yıllık spektral indeks verilerinin ALSA yöntemiyle kapsamlı biçimde değerlendirilmesi, literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmakta ve bu kapsamda detaylı olarak ele alınan öncü çalışmalardan biri olarak öne çıkmaktadır. Elde edilen bulgular, ALSA yaklaşımının sürdürülebilir arazi kullanım senaryolarının geliştirilmesinde ve çevresel risklerin erken tespitinde etkili bir karar destek aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Suğla Gölü, ALSA, Spektral İndeksler, Uzaktan Algılama, PCA.

Agricultural Land Suitability Analysis for Suğla Lake from Multispectral PlanetScope Satellite Data Between 2017–2023

*Corresponding Author:
busranurgvrcn@gmail.com

Research Article

Citation: Güvercin, B., & Makineci, H. B. (2025). Agricultural Land Suitability Analysis for Suğla Lake from Multispectral PlanetScope Satellite Data Between 2017–2023. *Turkish Journal of Photogrammetry*, 7(1), 28-39 (in Turkish).

Received : 01.06.2025
Revised : 27.06.2026
Accepted : 30.06.2025
Published : 30.06.2025

Abstract

This study aims to evaluate the sustainability of agricultural areas surrounding Suğla Lake, located in Konya Province, by integrating the Agricultural Land Suitability Analysis (ALSA) approach with remote sensing techniques. Spectral indices such as NDVI, NDWI, EVI, GCI, and SAVI were calculated using PlanetScope satellite imagery from 2017 to 2023. Spatial changes were assessed through a comprehensive approach involving Principal Component Analysis (PCA) and Object-Based Image Analysis (OBIA). Temporal analyses supported by imagery from Google Earth revealed significant annual fluctuations in vegetation density over and around the lake surface. In this context, the data from 2020 and 2023 indicate increased vegetation stress, higher proportions of bare soil, and notable changes in agricultural production patterns. The observed changes around the lake appear to have considerable impacts on both agricultural activities and the ecological balance of surrounding wetlands. The multiyear evaluation of spectral index data using the ALSA method in the Suğla Lake area addresses a notable gap in the literature and stands out as one of the pioneering comprehensive studies in this context. The findings demonstrate that the ALSA approach can be utilized as an effective decision support tool in developing sustainable land use scenarios and in the early detection of environmental risks.

Keywords: Lake Suğla, ALSA, Spectral Indices, Remote Sensing, PCA.

1. Giriş

İklim değişikliği, nüfus artışı ve doğal kaynakların giderek artan baskı altında olması, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini küresel ölçekte tehdit etmektedir. Artan gıda talebi, mevcut tarım alanlarının daha verimli ve planlı şekilde kullanılmasını zorunlu kılarken, bu süreçte çevresel dengelerin gözetilmesi de hayati önem taşımaktadır [1]. Özellikle göl ve sulak alan havzalarında yoğunlaşan tarımsal faaliyetler hem verimli toprak yapısı hem de su kaynaklarına yakınlık nedeniyle öne çıkmakta; ancak aynı zamanda ekolojik açıdan hassas alanlarda yürütülmektedir. Yarı kurak ve su kısıtı yaşayan bölgelerde bu tür alanların sürdürülebilir yönetimi, yalnızca tarımsal verim açısından değil, aynı zamanda çevresel koruma politikaları yönünden de kritik rol oynamaktadır. Bu bağlamda, mekânsal karar destek sistemlerine dayalı, çok ölçütlü değerlendirme araçlarının kullanımı kaçınılmaz hâle gelmiştir.

Bu doğrultuda geliştirilen yöntemlerden biri olan Tarımsal Arazi Uygunluk Analizi (ALSA), bir bölgedeki arazilerin tarımsal üretime elverişliliğini fiziksel ve çevresel kriterler doğrultusunda çok ölçütlü olarak değerlendirmeye olanak tanır. Toprak özellikleri, topografik yapı, iklim koşulları, su kaynaklarının mevcudiyeti ve mevcut arazi kullanımı gibi etkenlerin birlikte analiz edilmesiyle; üretim potansiyeli yüksek, sürdürülebilirliği destekleyen ve çevresel hassasiyetleri gözetilen alanların belirlenmesi mümkün hâle gelmektedir. Bu yönüyle ALSA, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde arazi ve su kaynaklarının dengeli, verimli ve planlı yönetimini destekleyen önemli bir karar destek aracı olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye'nin Konya ilinde yer alan Suğla Gölü çevresi, verimli tarım toprakları ve suya dayalı üretim yapısıyla bölgesel ölçekte önemli bir tarımsal faaliyet alanı olarak öne çıkmaktadır. Özellikle buğday, arpa ve baklagil gibi ürünlerde uzun yıllara dayanan üretim geçmişi, bu alanın kırsal kalkınma açısından stratejik değerini artırmaktadır. Ancak son yıllarda artan arazi ve su talebi, yer altı su seviyesindeki düşüş, sulak alan kayıpları ve iklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları gibi çevresel baskılar, göl havzasındaki üretim sisteminin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Aynı zamanda tarımsal faaliyetlerin genişleme eğiliminde olması, göl çevresindeki ekosistemlerin korunmasına yönelik stratejik planlama ihtiyacını daha da ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca geçmiş yıllarda göl çevresinde inşa edilen sulama barajları, drenaj kanalları ve yer altı su kaynaklarının kontrolsüz kullanımı, bölgedeki hidrolojik dengeyi değiştirmiş ve hem tarımsal üretim biçimlerini hem de ekolojik bütünlüğü doğrudan etkilemiştir.

Mekânsal-zamansal analizler, tarım alanlarının zaman içerisindeki değişimini izlemek ve arazi kullanım dinamiklerini ortaya koymak açısından önemli bir yöntem sunmaktadır. Bu çalışmada, Suğla Gölü çevresindeki tarımsal faaliyetlerin zamana bağlı dönüşümünü değerlendirmek amacıyla, Google Earth üzerinden elde edilen zaman serisi uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler arasındaki karşılaştırmalar aracılığıyla, tarım alanlarının genişleme eğilimleri, arazi örtüsündeki dönüşümler ve çevresel baskı alanları belirlenmiştir. Böylece, sulak alan ekosistemi üzerindeki etkiler daha görünür hâle getirilmiş ve sürdürülebilir uygulamaların konumsal yerleşimi ile etkilerinin değerlendirilmesine bilimsel bir zemin oluşturulmuştur [2].

Spektral indeksler, uzaktan algılama ve görüntü analizinde, tarım arazilerinin mekânsal değerlendirilmesinde, bitki örtüsünü ve sağlığını analiz etmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitki örtüsünün durumu, su içeriği ve arazi sağlığı gibi unsurların değerlendirilmesinde, özellikle spektral bantlar arasındaki yansıtım farklılıklarına dayanan bu indeksler, mekânsal-zamansal analizlerde önemli bilgi kaynakları sunmaktadır [3]. Bu çalışmada, Suğla Gölü çevresindeki tarım alanlarının yıllar içindeki değişimini analiz etmek amacıyla farklı spektral indekslerden yararlanılmıştır. Bunlar arasında; bitki sağlığını yansıtan NDVI, su varlığını belirlemede kullanılan NDWI, toprağın etkisini dengeleyen SAVI, klorofil yoğunluğunu ölçen GCI ve spektral duyarlılığı artırılmış EVI yer almaktadır. Çalışmada kullanılan SAVI, literatürde sıkça kullanılan standart değere uygun olarak L parametresi 0.5 alınmıştır. Kullanılan bu indekslerin açıklamaları ve uzaktan algılama uygulamalarındaki örnek kullanımları, Tablo 1'de gösterildiği üzere detaylı biçimde sunulmuştur. Bu indeksler hem yıllık tarımsal varyasyonların izlenmesi hem de arazi sınıflandırmalarında temel veri kaynakları olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca tüm spektral indeks hesaplamaları, göl yüzeyi de dâhil olmak üzere çalışma alanının tamamına uygulanmıştır.

Temel Bileşen Analizi (PCA), çok bantlı uydu verilerinde yer alan spektral bilgilerin, varyansları en yüksek bileşenlere indirgenerek daha az sayıda değişkenle temsil edilmesini sağlayan güçlü bir istatistiksel analiz yöntemidir. Bu yöntem, özellikle yüksek bant sayısına sahip multispektral ve hyperspektral görüntülerde, veri boyutunu azaltarak hem görselleştirmeyi kolaylaştırmakta hem de sınıflandırma ve değişim tespiti gibi işlemlerin doğruluğunu artırmaktadır. PCA, spektral bantlar arasındaki korelasyonları ortadan kaldırarak enformasyon açısından zengin yeni bileşenler oluşturur; böylece, görüntülerdeki temel desenler daha açık bir biçimde ortaya konulabilir.

Tablo 1. İndeksler için Literatür Taraması.

İndeks	Araştırma	Yöntem	Çalışma Alanı	Sonuçlar
NDVI	[16]	Kappa katsayısı	Heihe Nehri Havzası, Çin	Farklı arazi örtüsü tipleri için 0.60 ile 0.84 arasında değişen Kappa değerleri
NDWI	[17]	Genel doğruluk, Kappa katsayısı	Huangshan Şehri, Çin	%91.1 genel doğruluk ve 0.89 Kappa katsayısı
EVI	[18]	Üretici doğruluğu, Kullanıcı doğruluğu	Pekin, Çin	Farklı arazi örtüsü tipleri için %73,3 ile %100 arasında değişen üretici doğruluğu ve %78,7 ile %97,1 arasında değişen kullanıcı doğruluğu
GCI	[19]	Kappa katsayısı	Qilian Dağları, Çin	Farklı arazi örtüsü tipleri için 0,72 ile 0,85 arasında değişen Kappa değerleri
SAVI	[20]	Genel doğruluk, Kappa katsayısı		%89,2 genel doğruluk ve 0,80 Kappa katsayısı

Uzaktan algılama literatüründe PCA'nın sınıflandırma, değişim tespiti ve arazi örtüsü modelleme gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanıldığı ve önemli doğruluk oranlarına ulaşıldığı görülmektedir. Nitekim, PCA ile desteklenen sınıflandırma ve haritalama çalışmalarında %91'in üzerinde genel doğruluk elde edildiği birçok çalışmada belirtilmiştir [4]. Örneğin, hiperspektral görüntülerle gerçekleştirilen bir arazi örtüsü haritalama çalışmasında, PCA kullanılarak spektral özellikler çıkarılmış ve bu sayede yüksek çözünürlüklü uydu verileri ile karşılaştırıldığında kappa katsayısı 0,8 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, PCA temelli haritalama ile arazi gözlemleri arasında yüksek düzeyde uyum olduğunu ortaya koymuştur [5].

Benzer biçimde, çok zamanlı uydu görüntüleri üzerinden yapılan değişim tespiti analizlerinde PCA, zamansal varyasyonları temsil eden bileşenlerin belirlenmesinde etkili olmuş ve bu analizlerde üretici doğruluğu %74 ila %92, kullanıcı doğruluğu ise %70 ila %88 aralığında değişmiştir [6]. Bu bulgular, PCA'nın yalnızca veri boyutunu azaltmakla kalmayıp aynı zamanda sınıflandırma doğruluğunu da önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

Bu çalışmada da PCA yöntemi, yıllık PlanetScope görüntülerinin spektral dönüşümünde kullanılarak, zamansal varyasyonların tespiti ve arazi örüntülerinin daha net analiz edilebilmesi amacıyla uygulanmıştır. Böylece, Suğla Gölü çevresindeki tarımsal alanların yıllar içindeki değişimi hem görsel olarak hem de sayısal olarak daha detaylı ve güvenilir bir biçimde değerlendirilmiştir.

PlanetScope uydu verileri, yüksek çözünürlüklü multispektral bantları sayesinde tarımsal uygulamalar ve çevresel izleme çalışmaları için sıkça tercih edilmektedir. Planet Labs Inc. tarafından işletilen bu uydu takımyıldızı, 3–5 metre mekânsal çözünürlüğe sahip olup, mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarını içermektedir. Bu bant kombinasyonu,

bitki sağlığı, su içeriği ve arazi örtüsü analizlerinde önemli avantajlar sunmaktadır.

Örneğin, Alawathugoda vd. [7], kurak bölgede Sentinel-2 ve PlanetScope verilerini birleştirerek arazi kullanımı ve arazi örtüsünün haritalanmasında %97.27 doğruluk elde etmiştir. Rao vd. [8], ise Güney Asya'da küçük çiftliklerin sınırlarını belirlemek amacıyla Sentinel-1, Sentinel-2 ve PlanetScope verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada, sadece PlanetScope verisiyle %85 doğruluk elde etmiştir. Szostak vd. [9], Polonya'daki terk edilmiş bir madencilik sahasında PlanetScope görüntüleri ile LiDAR verilerini birleştirerek nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle %92.81 doğruluk elde etmiş; piksel tabanlı yöntemlere kıyasla çok daha başarılı sonuçlar raporlamıştır. Chanda vd. [10], ABD'de meydana gelen sel olaylarını PlanetScope verisiyle sınıflandırarak %90 ila %93,33 doğruluk ve 0,80 ila 0,87 arasında değişen Kappa katsayısı elde etmiş; PlanetScope'un afet yönetiminde etkili bir kaynak olduğunu ortaya koymuştur. Rijal vd. [11], Endonezya'da PlanetScope, SAR ve DEM'i bir arada kullanarak Mangrov karbon stoklarını yüksek doğrulukla haritalamıştır.

Bu bağlamda PlanetScope verileri, zamansal karşılaştırmalar ve detaylı mekânsal analizler için önemli bir kaynak niteliğindedir. Söz konusu veriler, spektral indekslerle ve nesne tabanlı analiz (OBIA) gibi ileri görüntü işleme yöntemleriyle entegre edildiğinde, tarımsal üretim alanlarının özellikleri daha detaylı biçimde ortaya konabilmektedir. OBIA, görüntüyü spektral, mekânsal ve bağlamsal ölçütlere göre segmente ederek, arazi örtüsü sınıflandırmalarını nesne düzeyinde gerçekleştirmeye olanak tanır.

PlanetScope verileriyle yaygın olarak kullanılan spektral indeksler arasında NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index) ve EVI (Enhanced Vegetation Index) yer almaktadır. Bu indeksler; bitki sağlığı, su içeriği ve arazi durumu gibi faktörlerin

yorumlanmasında kullanılır. Ayrıca, rastgele orman (Random Forest) ve destek vektör makineleri (SVM) gibi makine öğrenimi algoritmaları ile sınıflandırma doğrulukları artırılabilir. Radar, LiDAR ve diğer uydu kaynaklarıyla yapılan veri füzyonu ise bütüncül analizler yapılmasına olanak sağlar. PlanetScope verilerinin sunduğu bu esneklik, ALSA gibi tarımsal planlama süreçlerine entegre edilerek sürdürülebilir yönetim yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sunmaktadır [12].

Türkiye’de çok yıllık, uydu tabanlı ALSA uygulamaları sınırlı sayıdadır ve özellikle yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip verilerin uzun dönemli spektral indekslerle entegre edildiği çalışmalar literatürde büyük ölçüde eksiktir. Bu çalışma, PlanetScope verileri üzerinden elde edilen çok yıllık spektral indekslerin, Temel Bileşen Analizi (PCA) ve Nesne Tabanlı Görüntü Analizi (OBIA) gibi ileri görüntü işleme yöntemleriyle bütünleştirilerek Suğla Gölü çevresindeki tarım alanlarında meydana gelen zamansal değişimlerin belirlenmesini hedeflemektedir. Bu doğrultuda, 2017–2023 dönemi boyunca gözlenen arazi örtüsü dönüşümleri, tarımsal üretim desenlerindeki değişiklikler ve çevresel baskı alanları, spektral analiz ve çok ölçütlü değerlendirme temelli ALSA yaklaşımıyla birlikte ele alınmıştır. Yöntemsel bütünlüğü ve bölgesel düzeydeki uygulama özgünlüğüyle bu çalışma, Türkiye’deki ALSA literatürüne katkı sunmayı ve sürdürülebilir tarımsal planlama yaklaşımlarına yönelik bilimsel bir zemin oluşturmaya amaçlamaktadır.

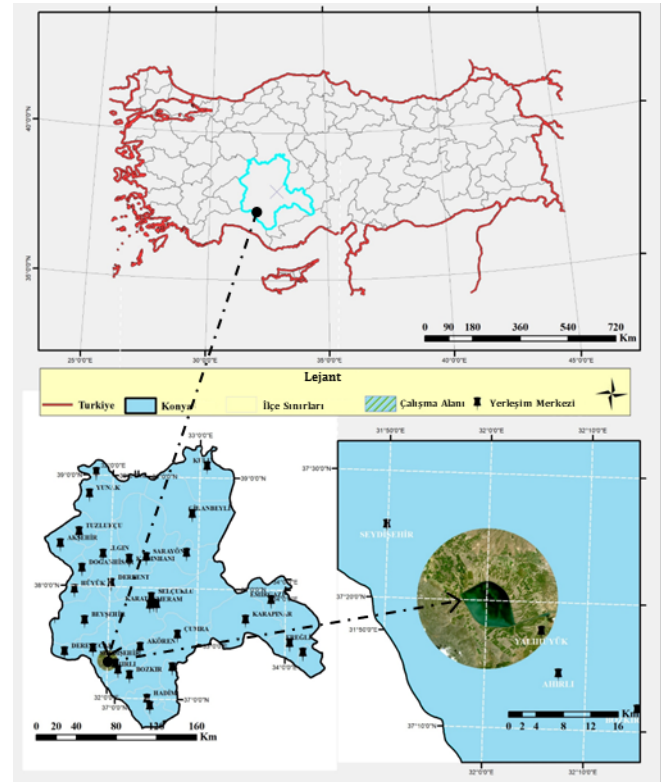
2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Suğla Gölü bölgesindeki tarımsal alanların uygunluğunu belirlemek ve çevresel etkilerini değerlendirmek için uzaktan algılama verileri ve çeşitli analitik yöntemler kullanılmıştır. Google Earth görüntülerinin mekânsal-zamansal analizi ile göl çevresindeki tarımsal faaliyetler ve çevresel değişiklikler izlenmiş, bitki örtüsünün sağlığını ve su kaynaklarının kullanımını analiz etmek amacıyla spektral indeksler (NDVI, NDWI, EVI, GCI, SAVI) hesaplanmıştır. Tarımsal alanlarda meydana gelen değişimleri belirlemek için Temel Bileşen Analizi (PCA) ve Nesne Tabanlı Görüntü Analizi (OBIA) teknikleri uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında PlanetScope uydu verileri kullanılarak, tarımsal alanlardaki değişiklikler zaman serisi analizleriyle izlenmiştir. Analiz, Suğla Gölü bölgesindeki arazi kullanımındaki değişimleri değerlendirmek için anlamlı veriler sağlamıştır. Bu yöntemler, Suğla Gölü’ndeki tarımsal faaliyetlerin çevresel etkilerini izlemek ve sürdürülebilir tarımın çevre üzerindeki etkilerini ortaya koymak için kullanılmıştır.

2.1. Çalışma Alanı

Suğla Gölü, Konya ilinin güneybatısında, 37°20' Kuzey enlemi ile 32°0' Doğu boylamında yer alan bir karstik göldür. Çalışma alanının konumu ve sınırları, Şekil 1’de verilmiştir. Yağışlı yıllarda göl alanı genişlerken, kurak yıllarda ise göl tabanı tarımsal faaliyetler için verimli alanlar oluşturur [13]. Geçmişte Beyşehir Gölü’nden beslenen Suğla Gölü, önemli bir kaynağını kaybetmiş ve bu durum gölün 16.000 hektardan 2.500 hektara düşmesine yol açmıştır. 1999 yılında, gölün yeniden kazanılması ve bir rezervuar oluşturulması amacıyla bir proje başlatılmıştır [14]. 2003 yılında 4000 hektar alan göle dönüştürülmüş, eski göl tabanı ise tarıma açılmıştır. Ancak göldeki doğal denge bozulmuş ve yağışlı mevsimlerde taşkınlar tarım alanlarına zarar vermiştir. 2003 yılında Suğla Gölü, Suğla Barajı’na dönüştürülmüş, 67 kilometrelik bir yataktan 8,5 metre yüksekliğinde bir baraj inşa edilerek, suyun salınımını desteklemek amacıyla rezerve edilmiştir. Bugün, Suğla Gölü ticari balıkçılık ve diğer tarımsal faaliyetler için önemli bir su kaynağıdır [15].



Şekil 1. Suğla Gölü ve çevresindeki analiz alanını gösteren Türkiye ölçeğinde konum haritası ile bölgesel sınır haritası.

2.2. Google Earth Verileri

Google Earth üzerinden gerçekleştirilen mekânsal-zamansal analizler, yeryüzündeki değişimlerin yıllar içinde izlenmesi açısından etkili bir yöntem sunmaktadır. Yüksek çözünürlüklü

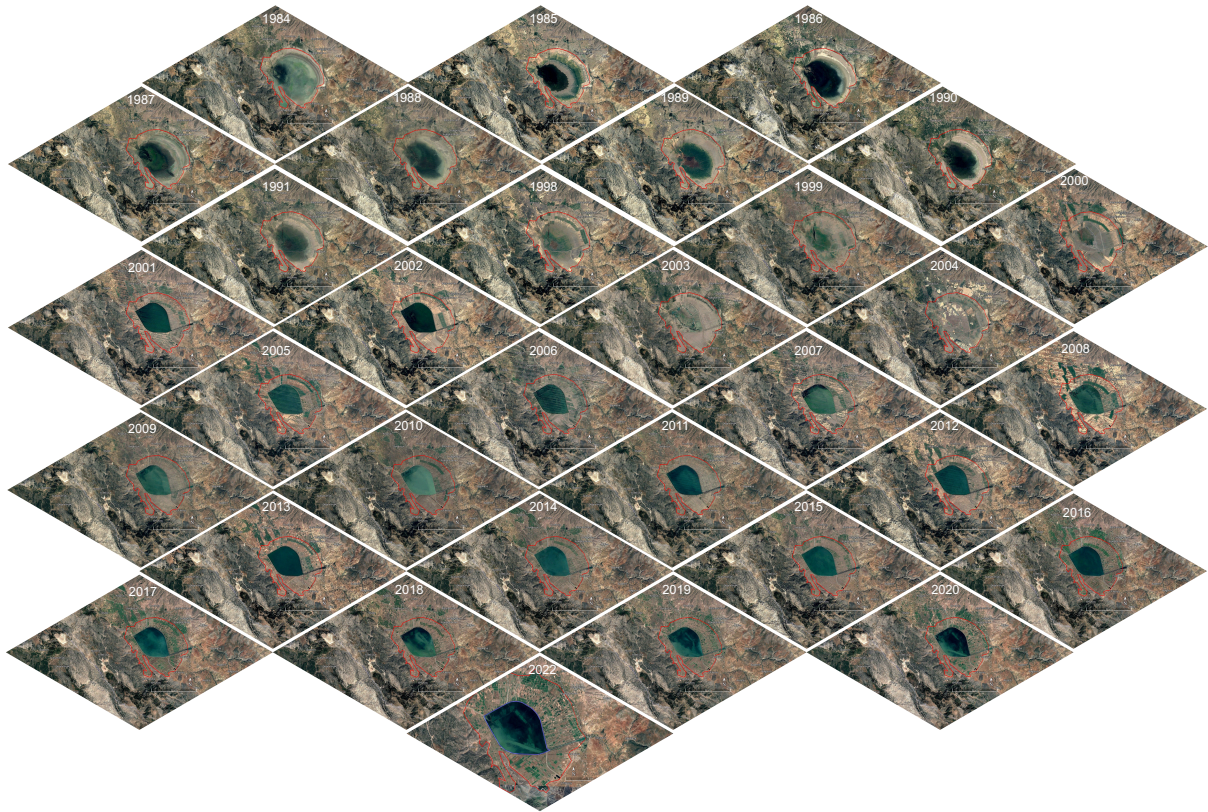
görüntülerin giderek daha erişilebilir hale gelmesi, arazi kullanımı, arazi örtüsü ve çevresel değişimlerin yerel, bölgesel ve küresel düzeyde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır [16].

Şekil 2’de gösterildiği üzere, Suğla Gölü’nün 1985–2022 yılları arasındaki sulak alan sınırlarında dikkat çekici değişiklikler meydana gelmiştir. Bu görsel analizler, çalışmada değerlendirilen zaman serisi uydu verilerinin doğrulanması ve görsel karşılaştırmaların desteklenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Bu bağlamda, Suğla Gölü çevresi, tarımsal üretim açısından önemli bir bölge olup; buğday, arpa, mısır ve ayçekirdeği gibi ürünlerin yanı sıra büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkla da ekonomik olarak öne çıkmaktadır [17]. Ayrıca, süt ve süt ürünleri üretimi, özellikle peynircilik, bölgenin kırsal ekonomisinde kilit rol oynamaktadır.

Son yıllarda, bölgedeki üreticilerin organik gübre kullanımı ve ürün rotasyonu gibi sürdürülebilir tarım uygulamalarına yönelimi artmış; yerel yönetimler tarafından verilen teknik eğitim ve maddi destekler bu dönüşüm sürecini hızlandırmıştır. Ancak artan tarımsal faaliyetler, aşırı su kullanımı ve kimyasal girdiler, Suğla Gölü çevresindeki sulak alan ekosistemini kırılgan hale getirmiştir. Bu nedenle, ekonomik kalkınma ile ekolojik dengenin korunması arasında hassas bir denge gözetilmesi gerekmektedir.

Google Earth görüntüleri kullanılarak yapılan karşılaştırmalı analizler, Suğla Gölü çevresinde yıllar içinde gerçekleşen arazi kullanım değişimlerinin ve çevresel etkilerin detaylı biçimde izlenmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede, tarımsal faaliyetlerin doğal çevre üzerindeki etkileri değerlendirilebilmekte ve sürdürülebilir planlama stratejilerine bilimsel veri temelli katkılar sağlanabilmektedir.



Şekil 2. 1985-2022 Arası Suğla Gölü sulak alanındaki mekânsal değişimlerin Google Earth görüntüleri üzerinden gösterimi.

2.3. PlanetScope Uzaktan Algılama Verileri

PlanetScope MSI veri seti; Kırmızı, Yeşil, Mavi ve Yakın Kızılötesi (RGB+NIR) bantlarını içermekte olup, yüksek mekânsal çözünürlüğü sayesinde çevresel izleme, kuraklık tespiti ve tarımsal analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [18]. Bu çalışmada, Suğla Gölü’ne yönelik tarımsal arazi uygunluk analizleri (ALSA), 2017–2023 yılları arasında elde edilen zaman serisi PlanetScope verileriyle gerçekleştirilmiştir.

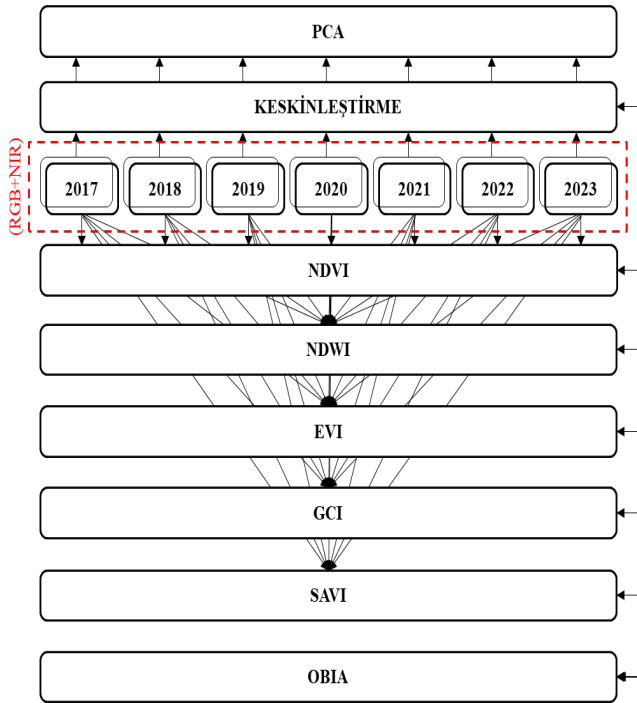
Kullanılan yıllık görüntülerin detaylı listesi ve özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırmada Kullanılan PlanetScope MSI Veri Setleri.

Veri Setleri	Tarihler
PlanetScope 4 Bant MSI Verisi (RGB+NIR)	16 Haziran 2017
	15 Mayıs 2018
	26 Mayıs 2019
	04 Haziran 2020
	20 Mayıs 2021
	26 Mayıs 2022
	15 Mayıs 2023

Analiz sürecinin ilk aşamasında, RGB bantları kullanılarak kompozit görüntüler oluşturulmuş ve SNAP Toolbox yazılımı aracılığıyla işleme alınmıştır. Bu görüntülere keskinleştirme (sharpening) işlemi uygulanarak mekânsal detaylar artırılmış, ardından Temel Bileşen Analizi (PCA) gerçekleştirilmiştir. PCA sonrası, Normalleştirilmiş Farklılık Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Normalleştirilmiş Farklılık Su İndeksi (NDWI), Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI), Yeşil Klorofil İndeksi (GCI) ve Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI) hesaplanarak her yıl için karşılaştırmalı indeks haritaları oluşturulmuştur.

Bu süreçte elde edilen tüm görsel çıktılar, mekânsal desenlerin daha bütüncül değerlendirilmesi amacıyla OBIA (Nesne Tabanlı Görüntü Analizi) tekniğine hazırlanmış ve sınıflandırma süreci ArcGIS ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada izlenen yöntemsel akış, Şekil 3'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. 2017-2023 Yılları arasında PlanetScope verileri üzerinden elde edilen spektral indekslerin analiz edildiği iş akış şeması.

2.4. Spektral İndekslerin Analizi

Spektral indeksler, uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları gibi uzaktan algılama verilerinden türetilerek; bitki örtüsünün sağlık durumu, verimliliği, dağılımı ve su kaynaklarının kullanımı gibi çevresel değişkenlerin izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [19].

Bu tür indeksler, özellikle tarım, ormancılık ve arazi kullanım planlaması gibi uygulama alanlarında; arazi örtüsü değişikliklerinin, çevresel stres faktörlerinin ve iklimsel etkilerin değerlendirilmesinde önemli bir analiz aracıdır.

Bu çalışmada, Suğla Gölü çevresindeki tarımsal alanların zamansal ve mekânsal değişimini değerlendirmek amacıyla beş temel spektral indeks kullanılmıştır. Bunlar: Normalleştirilmiş Farklılık Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Normalleştirilmiş Farklılık Su İndeksi (NDWI), Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI), Yeşil Klorofil İndeksi (GCI) ve Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI) şeklindedir.

Söz konusu indeksler, bitki örtüsündeki değişikliklerin, yüzey suyu varlığının ve çevresel baskıların mekânsal olarak belirlenmesinde etkili göstergeler sunmakta; bu bağlamda, ALSA kapsamında yapılacak uygunluk değerlendirmelerinde temel girdi katmanları olarak kullanılmaktadır [20].

2.4.1. NDVI (Normalleştirilmiş Farklılık Bitki Örtüsü İndeksi)

Rouse vd. [21], tarafından geliştirilen NDVI, bitki örtüsünün sağlığını ve verimliliğini belirlemek için en yaygın kullanılan indekstir. Kırmızı ve yakın kızılötesi (NIR) bantları arasındaki farkı ölçer. NDVI değerleri -1 ile 1 arasında değişir, yüksek NDVI değerleri, bitki örtüsünün sağlıklı ve verimli olduğunu gösterirken, düşük değerler bitki örtüsünün zayıf veya yok olduğunu işaret eder [22]. Aşağıda indekse ait formül verilmiştir:

$$NDVI = (NIR - Kırmızı) / (NIR + Kırmızı)$$

2.4.2. NDWI (Normalleştirilmiş Farklılık Su İndeksi)

McFeeters [23], tarafından geliştirilen NDWI, suyun varlığını belirlemek için kullanılır ve su kaynaklarını izlemek amacıyla yaygın olarak kullanılır. Yeşil ve yakın kızılötesi (NIR) bantları arasındaki farkı hesaplar. NDWI değerleri -1 ile 1 arasında değişir, yüksek değerler daha fazla suyu gösterir [24]. Bu indeks, özellikle kuraklık veya su stresinin izlenmesinde faydalıdır. Aşağıda indekse ait formül verilmiştir:

$$NDWI = (Yeşil - NIR) / (Yeşil + NIR)$$

2.4.3. EVI (Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi)

Huete vd. [25], tarafından geliştirilen EVI, atmosferik etkilerden daha az etkilenir ve yoğun bitki örtüsünde daha doğru sonuçlar verir. EVI değerleri -1 ile 1 arasında değişir, yüksek değerler daha sağlıklı bitki örtüsünü gösterir [26]. MODIS sensörleri için standart bir ürün olarak geliştirilmiştir. Aşağıda indekse ait formül verilmiştir:

$$EVI = 2.5 \times ((NIR - Kırmızı) / (NIR + 6 \times Kırmızı - 7.5 \times Mavi + 1))$$

2.4.4. GCI (Yeşil Klorofil İndeksi)

Gitelson vd. [27], tarafından geliştirilen GCI, bitkilerdeki klorofil yoğunluğunu belirler ve yeşil ışığın kırmızı ışığa oranını hesaplar. GCI değerleri 0 ile 1 arasında değişir, yüksek değerler daha sağlıklı bitki örtüsünü gösterir [28]. Bu indeks, bitkilerin fotosentetik aktivitesini ve sağlığını izlemek için kullanılır. Aşağıda indekse ait formül verilmiştir:

$$GCI = Yeşil / Kırmızı$$

2.4.5. SAVI (Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi)

Huete [29], tarafından geliştirilen SAVI, toprak etkilerini dikkate alarak bitki örtüsünü ölçer. Çıplak toprak alanlarındaki etkileri azaltır ve daha doğru sonuçlar sağlar. SAVI değerleri -1 ile 1 arasında değişir, yüksek değerler daha sağlıklı bitki örtüsünü gösterir [30]. Aşağıda indekse ait formül verilmiştir:

$$SAVI: ((NIR - Kırmızı) / (NIR + Kırmızı + L)) \times (1 + L)$$

Burada, L toprak etkisini dengelemek için kullanılan bir parametredir.

2.5. Temel Bileşen Analizi (PCA)

Uzaktan algılama uygulamalarında, Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis - PCA), özellikle multispektral ve hiperspektral verilerin boyut indirgeme ve bilgi çıkarımı süreçlerinde yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir tekniktir [31]. PCA'nın uygulanması, görüntüdeki varyansın büyük kısmını açıklayan en belirgin spektral bileşenlerin ortaya konulmasını sağlar. Böylece görüntü yorumlama kapasitesi artar, hesaplama yükü azalır ve görsel analiz süreci optimize edilir [32-34].

PCA uygulaması aşağıdaki temel adımlardan oluşmaktadır:

- I. Veriyi standardize etme, tüm bantlar sıfır ortalama ve birim varyans değerine getirilerek ölçeklendirilir; bu adım değişkenlerin eşit ağırlıkta değerlendirilmesini sağlar.
- II. Kovaryans matrisini hesaplama, Standardize edilmiş veriler üzerinden değişkenler arası ilişkileri ortaya koyan kovaryans matrisi hesaplanır.
- III. Özvektörler ve özdeğerleri hesaplama, kovaryans matrisinden türetilen özvektörler

temel bileşen yönlerini, özdeğerler ise bu bileşenlerin açıklayıcılık oranını temsil eder.

- IV. Temel bileşenleri sıralama, özdeğeri en yüksek olan bileşen en fazla varyansı açıklar. Bileşenler, açıklanan varyansa göre sıralanır.
- V. Veriyi dönüştürme, orijinal veriler seçilen özvektörler doğrultusunda yeni bir bileşen uzayına dönüştürülür [32-34].

Bu dönüşüm, verilerdeki bilgi kaybını en aza indirirken, bant sayısını azaltarak yorumlamayı kolaylaştırır. Bu yöntem; özellik çıkarımı, arazi örtüsü sınıflandırması ve uygunluk analizleri gibi birçok uzaktan algılama tabanlı uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır [35].

2.6. OBIA (Nesne Tabanlı Görüntü Analizi)

Nesne Tabanlı Görüntü Analizi (Object-Based Image Analysis – OBIA), yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde, benzer spektral ve mekânsal özelliklere sahip piksellerin gruplandırılarak nesneler halinde analiz edilmesini sağlayan modern bir sınıflandırma yöntemidir. Geleneksel piksel tabanlı yaklaşımlardan farklı olarak, OBIA yönteminde sadece her bir pikselin yansıma değeri değil, aynı zamanda komşuluk ilişkileri, şekil bilgisi ve mekânsal bağlam da dikkate alınır [36].

Bu çalışmada OBIA, PlanetScope verileri kullanılarak oluşturulan PCA bileşenleri ve yıllık spektral indeks katmanları (NDVI, NDWI, EVI, GCI, SAVI) üzerinden uygulanmıştır [37]. Segmentasyon aşamasında, mekânsal ve spektral benzerliğe göre görüntü bölütleme işlemi gerçekleştirilmiş ve ardından bu segmentler sınıflandırılarak tarımsal uygunluk değerlendirmelerinde kullanılmıştır. OBIA analizinde segmentasyon aşamasında kullanılan parametreler, sınıflandırma doğruluğunu artıracak şekilde literatüre uygun biçimde optimize edilmiştir [38].

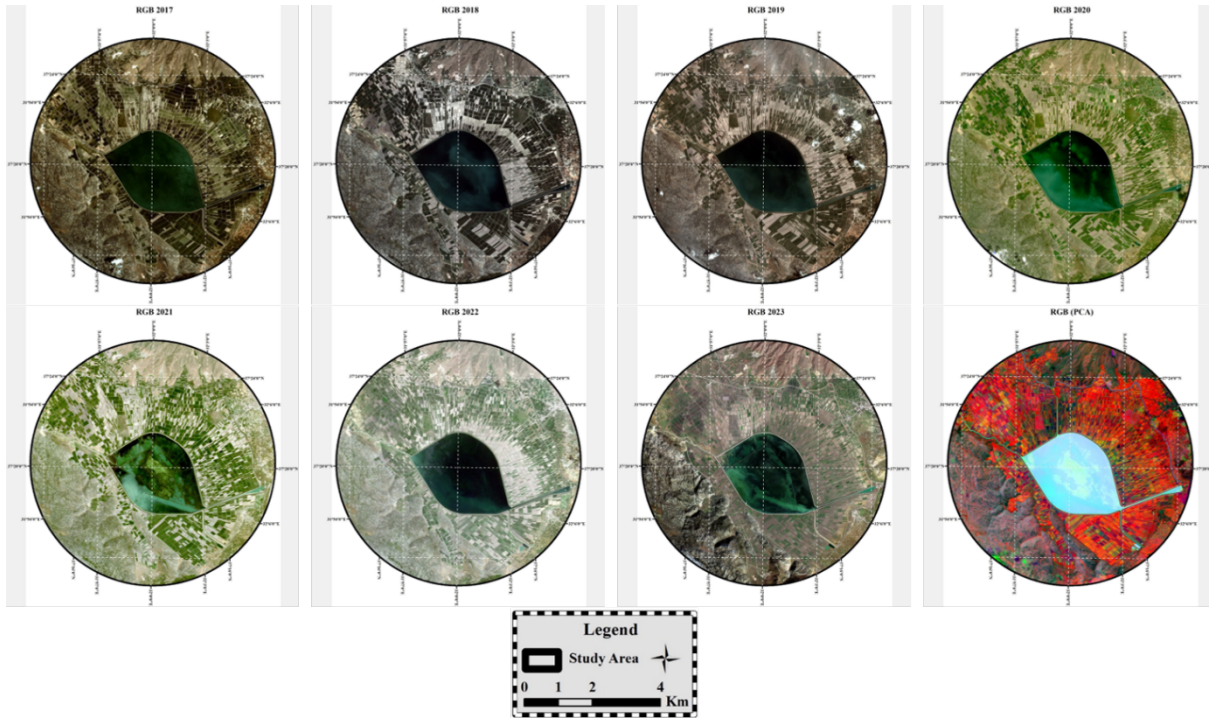
3. Bulgular

Çalışma kapsamında, Suğla Gölü ve çevresindeki yıllık değişimleri değerlendirmek amacıyla, 2017–2023 yılları arasına ait çok zamanlı PlanetScope verileri kullanılarak PCA tabanlı spektral dönüşümler ve farklı spektral indekslerin (NDVI, SAVI, GCI, NDWI, EVI) mekânsal entegrasyonu ile analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçları, yıllık RGB kompozit haritalar, NDVI dağılımları, PCA tabanlı birleşik haritalar ve entegre indeks haritaları aracılığıyla yorumlanmıştır.

Gölün spektral değişimi, Şekil 4'te gösterildiği üzere, yıllık RGB kompozit haritalar üzerinden incelendiğinde; 2017–2020 yılları arasında göl yüzeyinin göreceli olarak stabil kaldığı; 2021 yılı

itibarıyla ise yansıma değerlerinde farklılıklar ve kıyıl alanlarda çekilme eğilimlerinin başladığı gözlemlenmiştir. 2023 yılına gelindiğinde, göl suyu varlığını büyük oranda korumakla birlikte,

çevresindeki tarımsal alanlarda açıklıkların ve ton değişimlerinin artması, ürün deseninde seyrelme ve tarımsal etkinlikte azalma yaşandığını ortaya koymaktadır.



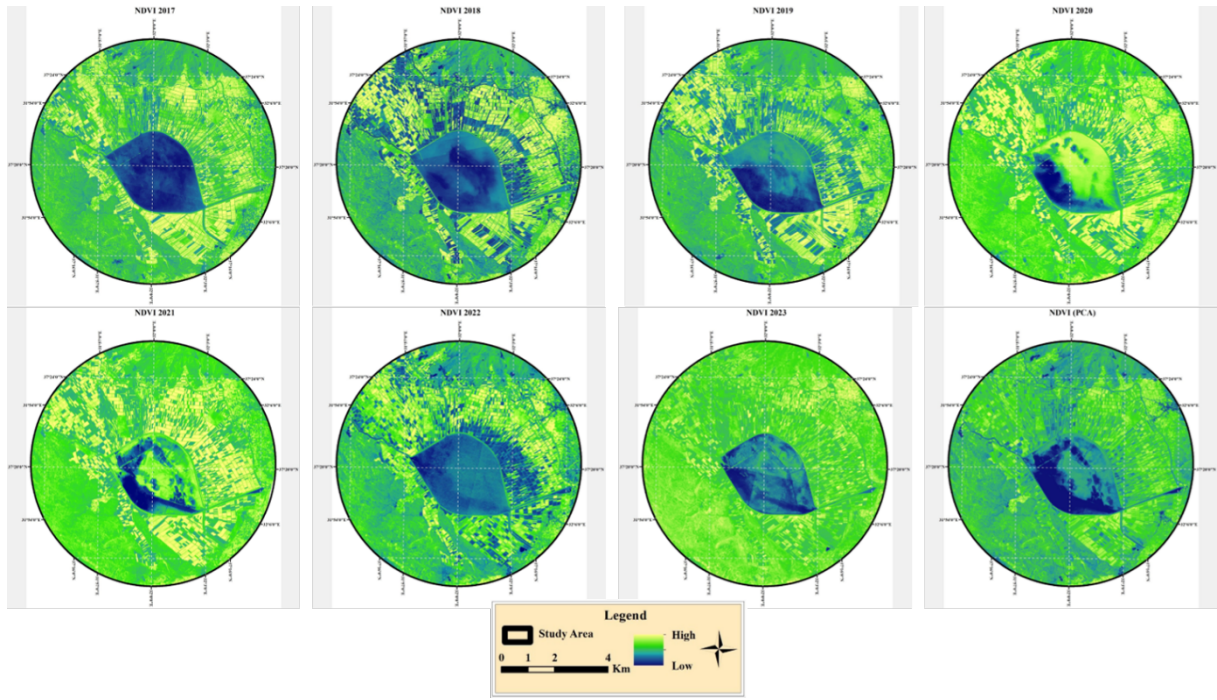
Şekil 4. 2017-2023 yılları arasında Suğla Gölü çevresinden elde edilen PlanetScope RGB görüntüleri ve bu görüntülerden PCA dönüşümüyle oluşturulan kompozit haritalar.

Şekil 5'te gösterildiği üzere, yıllık NDVI haritaları, analiz dönemine ait bitki örtüsü yoğunluğunun mekânsal dağılımını ayrıntılı şekilde ortaya koymaktadır. Bu haritalar doğrultusunda, 2018 ve 2021 yıllarında göl çevresinde yüksek NDVI değerlerine karşılık gelen sağlıklı ve homojen bitki örtüsü örüntüleri dikkat çekmektedir. Buna karşılık, 2020 ve 2023 yıllarında NDVI değerlerinde belirgin düşüşler yaşanmış; bu durum, ilgili yıllarda artan çevresel stres ve azalan tarımsal verimliliğe işaret etmektedir. Aynı şekilde, PCA tabanlı NDVI kompozit haritası, yıllar arasındaki spektral farkları daha belirgin biçimde göstermekte ve özellikle gölün güney ve güneydoğu kesimlerinde yoğunlaşan değişim alanlarını ön plana çıkarmaktadır.

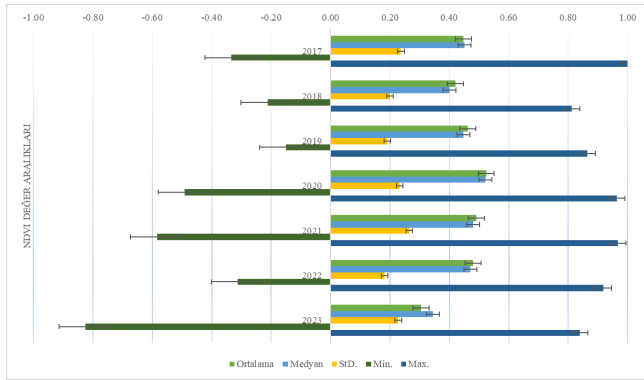
Ayrıca, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterildiği üzere 2017-2023 yılları arasında NDVI indeksine ait ortalama, medyan, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerin yıllık değişimini gösteren iki grafik hazırlanmıştır. Bu grafikler, Suğla Gölü çevresindeki bitki örtüsü yoğunluğunun yıllara göre sergilediği değişimleri görsel ve istatistiksel olarak

ortaya koymaktadır. Özellikle 2020 ve 2023 yıllarında NDVI ortalamasındaki belirgin düşüş, tarımsal stresin arttığını ve çıplak toprak oranında yükselme yaşandığını göstermektedir. Bu durum, spektral analiz bulgularını desteklemekte ve çalışmanın zamansal analiz yaklaşımını güçlendirmektedir.

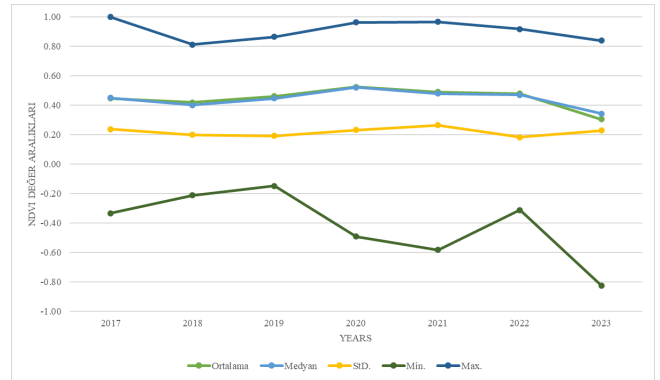
Şekil 8'de gösterildiği üzere, NDWI, EVI, SAVI ve GCI indekslerinden elde edilen entegre haritalar, Suğla Gölü çevresindeki çevresel ve tarımsal değişimleri bütüncül olarak yansıtmaktadır [37]. NDWI göstergesi, göl içi su varlığının 2017, 2022 ve 2023 yıllarında güçlü olduğunu ortaya koyarken; kıyı bölgelerinde bu değer bazda bazı yıllarda zayıfladığı gözlenmiştir. EVI ve SAVI indeksleri, 2019 ve 2020 yıllarında çıplak toprak varlığına ve düşük bitki örtüsüne işaret ederek, bölgedeki nem içeriğinin azaldığını ve tarımsal faaliyetlerin zayıfladığını göstermektedir. GCI verileri ise, 2021 yılında göl çevresindeki tarımsal alanların oldukça yoğun ve üretken olduğunu; ancak 2023 yılında bu üretkenliğin mekânsal olarak sınırlı bir alana gerilediğini göstermektedir.



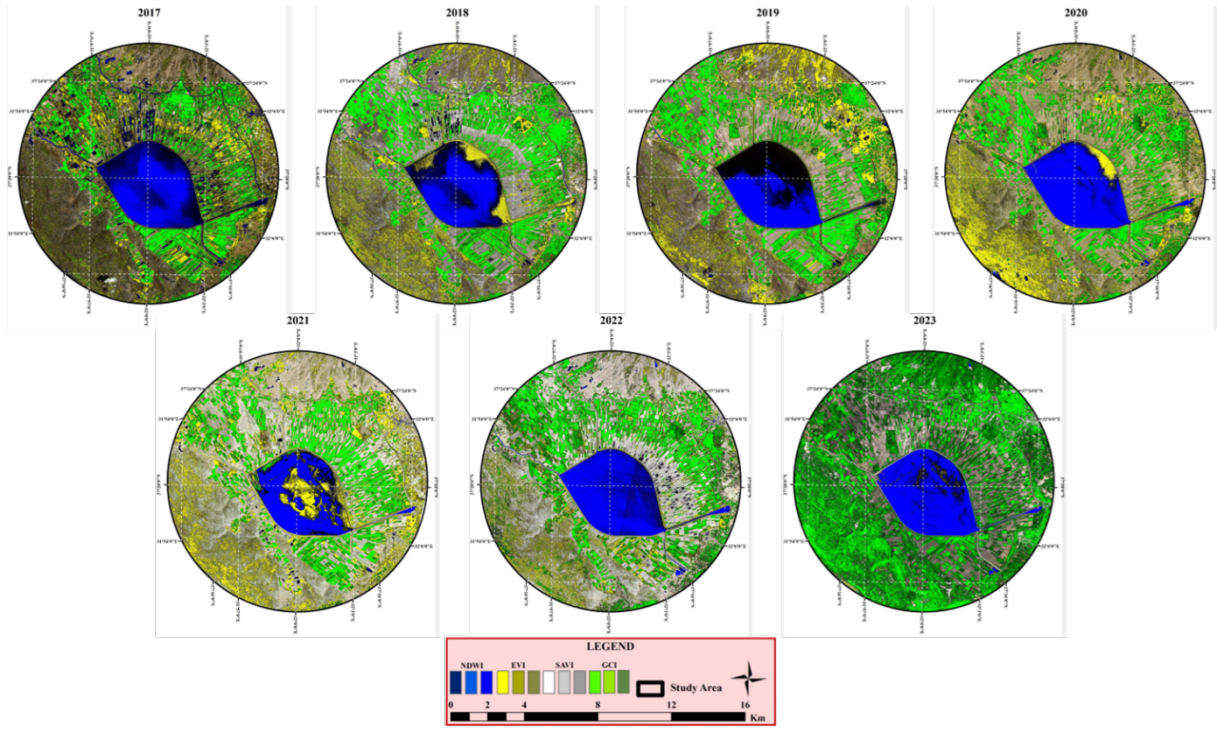
Şekil 5. 2017-2023 yılları arasında Suğla Gölü ve çevresine ait NDVI haritaları üzerinden bitki örtüsü yoğunluğu değişimi.



Şekil 6. 2017-2023 yılları arasında NDVI değerlerinin yıllık ortalama, medyan, standart sapma, minimum ve maksimum istatistiklerinin çizgi grafik olarak gösterimi.



Şekil 7. 2017-2023 yılları arasında NDVI değerlerinin özet istatistiklerinin çubuk grafik ile gösterimi.



Şekil 8. 2017-2023 yılları arasında NDWI, EVI, SAVI ve GCI indekslerinin birleşimiyle oluşturulan entegre indeks haritaları.

Elde edilen analiz bulguları doğrultusunda, Suğla Gölü çevresindeki bitki örtüsü yoğunluğu ve tarımsal üretkenlik yıllar içinde belirgin dalgalanmalar göstermiştir. Bu değişimlerin, bölgedeki iklimsel koşullar, yüzey suyu rejimindeki dalgalanmalar ve arazi kullanım biçimlerindeki değişimlerle yakından ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan mekânsal analizler, bu çevresel dinamiklerin hem zamansal hem de tematik olarak izlenmesini mümkün kılarak, ALSA sürecine yönelik mekânsal karar desteklerine temel teşkil etmektedir [39].

Ayrıca, 2020 ve 2023 yıllarında gözlemlenen bitki örtüsü kayıpları ve çıplak toprak artışları, söz konusu dönemlerde yaşanan aşırı kuraklık koşulları, sulama projelerindeki kapasite sınırlamaları ve yeraltı su seviyelerindeki düşüş gibi hem doğal hem de beşeri müdahalelere bağlı gelişmelerle yakından ilişkilendirilebilir. Bu faktörler, üretim deseninde değişime yol açarak ekolojik ve tarımsal sürdürülebilirliği tehdit eder niteliktedir.

4. Sonuçlar

2003 yılında tamamlanan rezervuar alanı düzenlemeleri sonrasında mevcut formunu alan Suğla Gölü, bu değişim öncesinde yaklaşık 15.130 hektarlık bir alanı kaplarken, günümüzde yaklaşık 4.000 hektarlık bir rezervuar alanına sahiptir. Bu dönüşümle birlikte ortaya çıkan tarımsal faaliyet alanları, zamanla yaklaşık 10.000 hektarlık bir alanı kapsamış ve bölgedeki arazi kullanım dinamiklerini önemli ölçüde etkilemiştir.

2017-2023 yıllarına ait çok zamanlı uydu verileri üzerinde gerçekleştirilen analizlerde, RGB bantları üzerinden uygulanan keskinleştirme işlemleri sonrası elde edilen görseller, PCA yöntemiyle dönüştürülerek görselde doğrudan ayırt edilemeyen örüntülerin daha belirgin hâle gelmesi sağlanmıştır. Bu görseller, nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımıyla analiz edilerek mekânsal olarak detaylı çıkarımlar yapılmasına olanak tanımıştır.

Yıllık bitki örtüsü yoğunlukları ve çevresel koşullar üzerine yapılan değerlendirmeler, 2018 ve 2021 yıllarında sağlıklı ve homojen bir bitki örtüsünün gözlemlendiğini; buna karşın 2020 ve 2023 yıllarında çevresel stresin artarak bitkisel üretkenliği düşürdüğünü göstermiştir. Ayrıca, çıplak toprak alanlarındaki artış ve nem içeriklerindeki azalma, tarımsal faaliyetlerde dalgalanmalar yaşandığını ortaya koymuştur.

Genel olarak, Suğla Gölü çevresindeki bitki örtüsü yoğunluğu ve tarımsal üretkenlik yıllar içinde belirgin değişimler göstermiştir. Bu değişimlerin; iklimsel dalgalanmalar, yüzey suyu rejimindeki oynamalar ve arazi kullanım biçimindeki dönüşümlerle yakından ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Uydu verilerine dayalı spektral analiz yöntemleri ile yapılan bu değerlendirmeler, sulak alan ekosistemlerinin izlenmesinde ve tarımsal planlamaya yönelik karar destek mekanizmalarının geliştirilmesinde etkili bir araç sunmaktadır. Bu bağlamda çalışma, spektral indeks temelli mekânsal analizlerin hem sulak alanların korunması hem de sürdürülebilir tarım yönetimi stratejilerinin oluşturulması açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, özellikle Suğla Gölü çevresindeki tarım alanlarında yaşanan çevresel dalgalanmaların mekânsal düzeyde izlenebilmesi açısından yerel yönetimlere önemli bir veri temeli sunmaktadır. Bu bağlamda, elde edilen haritalar ve indeks analizleri, tarımsal desteklerin yönlendirilmesi, kuraklık riskine karşı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve arazi kullanım kararlarının ekolojik dengeyi gözeterek planlanması gibi uygulamalarda karar vericilere somut katkılar sağlayabilir.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye olan katkıları eşittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Duru, S. (2025). Sürdürülebilir tarım ve iklim değişikliği. *Muş Alparslan Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 5(1), 21–32.
- [2] Wibowo, A., et al. (2016). Spatial temporal land use change detection using Google Earth data. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing.
- [3] Singh, R. P., Roy, S., & Kogan, F. (2003). Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *International Journal of Remote Sensing*, 24(22), 4393–4402.
- [4] Dadon, A., et al. (2019). Sequential PCA-based classification of Mediterranean forest plants using airborne hyperspectral remote sensing. *Remote Sensing*, 11(23), 2800.
- [5] Tsai, F., Lin, E. K., & Yoshino, K. (2007). Spectrally segmented principal component analysis of hyperspectral imagery for mapping invasive plant species. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 1023–1039.
- [6] Gao, M., Liu, J. L., & Li, J. (2013). Change detection using principal component analysis and support vector machines in remotely sensed images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51, 3794–3803.
- [7] Alawathugoda, C., Hinge, G., Elkollaly, M., & Hamouda, M. A. (2024). Impact of Utilizing High-Resolution PlanetScope Imagery on the Accuracy of LULC Mapping and Hydrological Modeling in an Arid Region. *Water*, 16(16), 2356.
- [8] Rao, P., Zhou, W., Bhattarai, N., Srivastava, A. K., Singh, B., Poonia, S., ... & Jain, M. (2021). Using Sentinel-1, Sentinel-2, and Planet imagery to map crop type of smallholder farms. *Remote Sensing*, 13(10), 1870.
- [9] Szostak, M., Likus-Cieślak, J., & Pietrzykowski, M. (2021). PlanetScope imageries and LiDAR point clouds processing for automation land cover mapping and vegetation assessment of a reclaimed sulfur mine. *Remote Sensing*, 13(14), 2717.
- [10] Chanda, M., & Hossain, A. A. (2024). Application of PlanetScope Imagery for Flood Mapping: A Case Study in South Chickamauga Creek, Chattanooga, Tennessee. *Remote Sensing*, 16(23), 4437.
- [11] Rijal, S. S., Pham, T. D., Noer'Aulia, S., Putera, M. I., & Saintilan, N. (2023). Mapping mangrove above-ground carbon using multi-source remote sensing data and machine learning approach in Loh Buaya, Komodo National Park, Indonesia. *Forests*, 14(1), 94.
- [12] Pal, M. (2005). Random forest classifier for remote sensing classification. *International Journal of Remote Sensing*, 26(1), 217–222.
- [13] Kuzucuoğlu, C. (2002). Internal developments and external relations during the 9th–6th millennia cal BC. In *The Environmental Frame in Central Anatolia from the 9th to the 6th Millennia cal BC* (pp. 33–58). Ege Yayınları.
- [14] Hasbek, M., & Yiğit, A. (2025). “Gölümüz var ama suyumuz yok”: Suğla Gölü’nün (Konya) kültürel ekolojisi. *Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26(48), 149–177.
- [15] Cilbiz, M., et al. (2022). Suğla Gölü (Konya-Türkiye) Sudak Balığı (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) avcılığında sade uzatma ağı seçiciliği. *Journal of Fisheries Science*, 6(1), 110–115.
- [16] Malarvizhi, K., Kumar, S. V., & Porchelvan, P. (2016). Use of high resolution Google Earth satellite imagery in landuse map preparation for urban related applications. *Procedia Technology*, 24, 1835–1842.
- [17] Coşkun, M., Minaz, D. J., & G. Education. (2024). Suğla Gölü (Konya) alansal değişiminin (1984/2022) uzaktan algılama ve CBS teknikleriyle analizleri. *Journal of Geography Education*, 52, 141–158.
- [18] Darwish, K., & Smith, S. (2021). A comparison of Landsat-8 OLI, Sentinel-2 MSI and PlanetScope satellite imagery for assessing

- coastline change in El-Alamein, Egypt. *Earth Perspectives*, 10(1), 23.
- [19] Thenkabail, P. S., et al. (2016). Hyperspectral remote sensing for terrestrial applications. In *Remote Sensing Handbook, Volume III* (pp. 285–358). CRC Press.
- [20] Choudhary, K., et al. (2023). Agricultural land suitability assessment for sustainable development using remote sensing techniques with analytic hierarchy process. *Environmental Modelling & Software*, 32, 101051.
- [21] Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation* (No. NASA-CR-132982).
- [22] Dong, J., Qin, Y., Wang, J., Zhou, Y., Chen, Y., & Cui, Y. (2018). Accuracy assessment of land cover maps based on remote sensing images using the support vector machine classifier. *IEEE Access*, 6, 52384–52396.
- [23] McFeeters, S. K. (2013). Using the normalized difference water index (NDWI) within a geographic information system to detect swimming pools for mosquito abatement: a practical approach. *Remote Sensing*, 5(7), 3544–3561.
- [24] Yan, G., Fan, W., & Huang, H. (2016). Land use/cover classification using remote sensing images based on a hybrid method of fuzzy C-means clustering and object-based approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(4), 301.
- [25] Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2), 195–213.
- [26] Wang, Y., Liu, Y., Wang, X., & Wei, Y. (2019). Accuracy assessment of land cover mapping using remote sensing data and machine learning methods. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(10), 457.
- [27] Gitelson, A. A., & Merzlyak, M. N. (1997). Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves. *International journal of remote sensing*, 18(12), 2691–2697.
- [28] Zhao, Y., Qiu, S., Yang, X., Gao, T., & Lin, H. (2017). A study on remote sensing classification of land use/cover in arid mountain areas based on spectral index. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 62, 145–157.
- [29] Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295–309.
- [30] Zhang, M., Liu, J., Wang, Y., & Zhang, F. (2020). Evaluation of different vegetation indices for mapping vegetation cover in grassland ecosystems. *Remote Sensing*, 12(16), 2611.
- [31] Rodarmel, C., Shan, J., & Science, L. I. (2002). Principal component analysis for hyperspectral image classification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62(2), 115–122.
- [32] Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics*, 2(4), 433–459.
- [33] Greenacre, M., Groenen, P. J., Hastie, T., d’Enza, A. I., Markos, A., & Tuzhilina, E. (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), 100.
- [34] Bro, R., & Smilde, A. K. (2014). Principal component analysis. *Analytical methods*, 6(9), 2812–2831.
- [35] Demšar, U., Harris, P., Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & McLoone, S. (2013). Principal component analysis on spatial data: an overview. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(1), 106–128.
- [36] Blaschke, T. (2010). Object-based image analysis for remote sensing. *International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 2–16.
- [37] Makineci, H. B., & Arıkan, D. (2024). Seyfe lake seasonal drought analysis for the winter and summer periods between 2017 and 2022. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 34, 101172.
- [38] Akosman, E. N., & Makineci, H. B. (2023). Sentinel-2A Verileriyle Trabzon İli 2019-2020 Yılları Arasında Ortaya Çıkan Sınıflandırma Farklarının Çeşitli Algoritmalarla Değerlendirilmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 5(2), 78–88.
- [39] Orhan, O., & Makineci, H. B. (2022). Agricultural land suitability analysis. In *Encyclopedia of Smart Agriculture Technologies* (pp. 1–9). Cham: Springer International Publishing.



© Author(s) 2025.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>