

Atf İçin: Akçin, H. ve Köse, R. T. (2023). Tarım Arazilerinde Değişime Neden Olan Parametrelerin Google Earth Engine Veri Madenciliği ve WebCBS Aplikasyonu ile Değerlendirilmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 1363-1376.

To Cite: Akcin, H. & Kose, R. T. (2023). Evaluation with Google Earth Engine Data Mining and WebGIS Application of Parameters Causing Change in Agricultural Lands. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2), 1363-1376.

Tarım Arazilerinde Değişime Neden Olan Parametrelerin Google Earth Engine Veri Madenciliği ve WebCBS Aplikasyonu ile Değerlendirilmesi

Hakan AKÇIN^{1*}, Rüveyda TERCAN KÖSE²

Öne Çıkanlar:

- GEE Sentinel-2 verileriyle bitkilerin yoğunlukları ve bitki sağlığı tespit edilmiştir.
- GEE ile tarım arazilerindeki bitki örtüsü, nem ve su içerikli değişimler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler:

- Google Earth Engine (GEE)
- Tarım arazileri
- Sentinel-2
- TerraClimate
- Veri madenciliği ve WebCBS

ÖZET:

Tarım arazilerinin, değişen yapısının ve arazi yönetimi için sürdürülebilir modellerin geliştirilebilmesi amacıyla, zamansal olarak değişime neden olan parametrelerin belirlenmesi ve değerlendirilerek kullanılması gerekmektedir. Uzaktan algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin katkısıyla tarım arazileri için uygun modeller geliştirilebilmektedir. Bu çalışmada; tarım alanlarındaki değişimler, Orta Karadeniz bölümünde bulunan Çorum ilinin Merkez ilçesi sınırları içerisinde örnek bir alan seçilerek, Google Earth Engine platformu üzerinden uzaktan algılanmış verilerin veri madenciliği işlemleri ve webCBS uygulamaları için ilgili kodlar yazılarak elde edilen analizler incelenmiştir. Terra Climate uygulamasıyla aylık iklim ve iklimsel su dengesi verileriyle 2020 yılı için aylık iklim değişimi incelenirken, Sentinel-2 verileriyle de arazi sınıflandırması yapılarak bant kombinasyonları ile bitkilerin yoğunlukları, bitki sağlığı tespit edilmiştir. Bitkilerin değişimlerini belirlemek için 2021 yılına ait yedi farklı indeks değeri hesaplanmış, tarım arazilerindeki bitki örtüsü, nem ve su içerikli değişimler değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; örnek alandaki tarım arazilerinde arazi ısı değişiminde en yüksek sıcaklığın 2021 Eylül ayında, en düşük sıcaklığın ise Şubat ayında gerçekleştiği, tarım arazilerindeki bitki örtüsünün 2021 Nisan, Mayıs, Haziran aylarında orta derece sağlıklı bitki yoğunluğuna sahip iken 2021 Ekim, Kasım, Aralık aylarında sağlıklı ve zayıf bitki yoğunluğuna sahip olduğu tespit edilmiştir. İklim verilerinin incelenmesinden, yağış değerlerinin bölgenin iklim özellikleri de göz önüne alındığında yaz aylarında oldukça düşük gösterdiği, kış aylarında da yükseldiği görülmüştür. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2021 yılı iklim raporuna göre 2020 yılı Türkiye geneli yer yüzeyi sıcaklık ortalaması 14.9°C iken, çalışma alanında bu sıcaklığın 19.01°C olarak ortalama değerin üzerinde seyrettiği belirlenmiştir.

Evaluation with Google Earth Engine Data Mining and WebGIS Application of Parameters Causing Change in Agricultural Lands

Highlights:

- Density of plants and plant health were determined with GEE Sentinel-2 data.
- Changes in vegetation, moisture and water content in agricultural lands were evaluated with GEE.

Keywords:

- Google Earth Engine,
- Farmland
- Sentinel-2
- TerraClimate
- Data mining & WebGIS

ABSTRACT:

In order to develop sustainable models for agricultural land, its changing structure and land management, it is necessary to determine and evaluate the parameters that cause temporal change and to use them. With the contribution of remote sensing (UA) and Geographic Information System (GIS), suitable models for agricultural lands can be developed. In this study, changes in agricultural areas, a sample area was selected within the borders of the Centre District of Çorum Province, located in the Central Black Sea Region, and the analyzes obtained by writing the relevant codes for data mining operations of remotely sensed data via Google Earth Engine platform and webGIS applications were examined. With the Terra Climate application, monthly climate and climatic water balance data and monthly climate change for 2020 were examined. Land classification was made with the Sentinel-2 data, and the densities and plant health of the plants were determined with the band combinations. To determine the changes in plants, seven different index values for 2021 were calculated; Changes in vegetation, moisture and water content in agricultural lands were evaluated. When the results obtained are examined; In the agricultural lands in the sample area, the highest temperature in the land heat exchange occurs in September and the lowest temperature is in 2021 February, the vegetation cover in the agricultural lands, while it has a moderately healthy plant density in 2021 April, May and June, it has been determined that it has unhealthy and weak plant density in 2021 October, November and December. From the examination of the climate data, it was seen that the precipitation values decreased considerably in the summer months and increased in the winter months, considering the climatic characteristics of the region. According to the 2021 climate report of the General Directorate of Meteorology, the average temperature of the ground surface in Turkey in 2020 was 14.9°C, while it was determined that this temperature was 19.01°C above the average value in the study area.

¹ Hakan AKÇIN (Orcid ID: 0000-0002-8245-0018), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

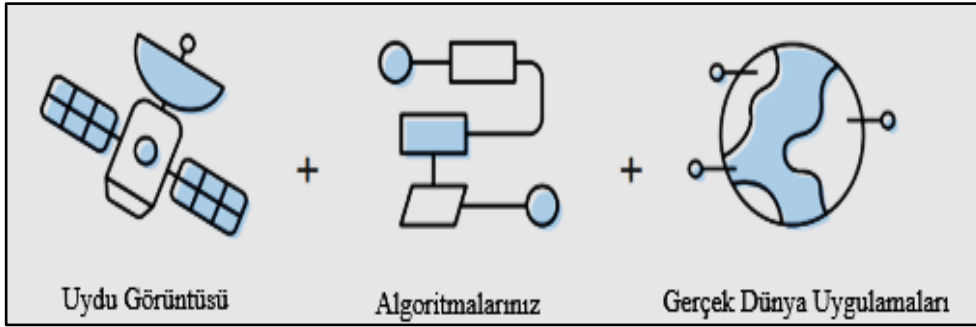
² Rüveyda TERCAN KÖSE (Orcid ID: 0000-0002-6536-2649), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği ABD, Zonguldak, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Hakan AKÇIN, e-mail: akcinh@beun.edu.tr

Bu çalışma Rüveyda TERCAN KÖSE'nin Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Makale 12-14 Mayıs 2022 tarihinde XI. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik Sempozyumu'nda sözlü olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

Uydu görüntüleri; arazi kullanımı ve bitki örtüsü ile ilgili analizlerde başvurulan en önemli veri kaynaklarından biridir. Farklı nitelikteki uydular sayesinde çok farklı çözünürlükte ve içerikte görüntüler elde edilebilmektedir. Bununla birlikte; son yıllarda geliştirilen bulut teknolojileri ile uydu görüntülerinin depolanması ve işlenmesi de daha kolay hale getirilmiştir. Bu teknolojiler sayesinde istenilen veriler hızlı ve güvenilir şekilde elde edilip, analizler gerçekleştirilebilmektedir. Böylece elde ettiğimiz büyük boyuttaki verilerin kişisel bilgisayarlara indirilmesinin ve gereksiz depolama yapılmasının önüne geçilmiştir (Dereli, 2018). Bu gelişmelere paralel olarak büyük boyutlu uydu görüntüleri ve uydulardan elde edilen verileri birleştirerek araştırma yapabilme olanağını sunan Google Earth Engine (GEE) son yıllarda kullanıcılara büyük avantajlar sağlamaktadır. GEE; akademik, kar amacı gütmeyen, ticari ve kamu kuruluşlarındaki kullanıcılar için coğrafi veri kümelerinin bilimsel analizi ve görselleştirilmesi için bir platformdur (GEE FAQ, 2022). GEE, kırk yıllık Uzaktan Algılama (UA) verisi arşivinden oluşan büyük veri kümelerini küresel ölçekte veri madenciliği uygulamalarına açarak kullanılabilir hale getirmekte ve webCBS uygulamalarının yapılabilmesini sağlamaktadır. İçerisinde arazi yönetimi açısından çevre, iklim, arazi örtüsü, jeoloji, nüfus, hastalık, afet gibi çok sayıda veri kümesini barındırır. Sahip olduğu bu geniş veri kümesi ile Şekil 1'den de görüldüğü üzere özellikle gerçek dünyaya ilişkin değişim analizleri algoritma geliştirerek, hızlı ve etkili bir biçimde yapılabilir.



Şekil 1. Google Earth Engine Çalışma Biçimi (GEE, 2022)

Yanlış arazi kullanımı sonucu; tarım, orman ve mera alanlarındaki erozyon, tahribat, verimlilik azalması veya kaybı, verimli tarım ve mera alanlarının amaç dışı kullanımı ve usulsüz faydalanmalar, hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin getirdiği olumsuz etkiler gerçekleşen temel olgulardır. Arazi tahribatı sonucunda, sadece tarım arazileri ve meralar gibi üretim alanlarında değil aynı zamanda; orman, sulak alan, bozkır ve maki gibi doğal alanlarda da biyolojik, ekolojik ve ekonomik olarak verimlilik azalması veya kayıpların yaşandığı bilimsel araştırmalarla raporlanmaktadır (EMGM, 2019). Bu nedenle geleceğimiz açısından toprakların korunmasının ve sürdürülebilir kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır.

Bu kapsamda mevcut verilere kolay bir şekilde ulaşılabilmesi, değişimin hızlı bir şekilde izlenebilmesi ve verilerin stratejik araştırmalarda etkili bir şekilde kullanılabilmesi açısından GEE üst düzey katkı sağlamaktadır (Yılmaz ve Ark., 2020). Gerçekleştirilen bu çalışmada amaç; tarım arazilerine ilişkin değişimi, geliştirilen algoritmalar ile yüksek doğrulukla sınıflandırma çalışmaları ve ek veriler kullanılarak analiz etmektir. Bu amaçla, Orta Karadeniz Bölgesinden belirlenen bir kısım tarım arazilerini kapsayan bölgenin sınıflandırma çalışması yapıp sonuçları değerlendirilmiştir. UA kapsamında kullanılan ve formülleştirilerek görüntü analizi gerçekleştirilmesine olanak sağlayan çok sayıda spektral indeks bulunmaktadır. Bu çalışmada; Sentinel-2 verileriyle 2021 yılı için Normalize

Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI), Yeşil alan Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi GNDVI, Normalize Edilmiş Fark Nem İndeksi NDMI, Normalize Edilmiş Yanma Oranı İndeksi (NBRI), Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Normalize Edilmiş Fark Tuzluluk İndeksi (NDSI) ve Normalize Edilmiş Yeşillik İndeksi (NDGI) değerleri hesaplanarak arazilerdeki bitki örtüsü, nem ve su içerikli değişimlerin sonuçları analiz edilmiştir. Ayrıca, MODIS uydusunun MOD11A2 modülü kullanılarak çalışma alanının 2020 yılına ait arazi ısı değişimleri ve TerraClimate verileri kullanılarak 2020 yılı için iklimsel değişim incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Google Earth Engine

GEE, bulut tabanlı coğrafi (jeo-uzamsal) veri işleme platformu olup tüm analizler çok kısa bir sürede gerçekleştirilebilmektedir. Google destekli platformda bulunan ve toplanan veriler herkesin erişimine açık olarak sunulmaktadır. Bu sistem; LANDSAT, MODIS, ASTER, Sentinel gibi uydulardan elde edilmiş çok sayıda görüntü içerisinde en kullanışlı olanını dolayısıyla; bulutsuz, pussuz, dumansız, gölgelerin vb. olmadığı mozaik görüntüleri kullanmaktadır. Ağaç, orman ve su alanları, arazi kullanımındaki değişiklikleri veya tarım alanlarının değişimini değerlendirmek için GEE'yi kullanabilmek mümkündür. Platform küresel ölçekte veri madenciliği yapma olanağı sağlayarak veri sunmakla kalmayıp aynı zamanda webCBS analizi yapmayı sağlayan oldukça güçlü araçlar içermektedir (Mirelva and Nagasawa, 2019). GEE platformu içerisinde son 40 yıla ait küresel ölçekli birçok veri bulundurmaktadır (Aghlmand ve ark. 2021).

GEE kataloğunda birçok uydunun görüntüsü ya da işlenmiş hazır verileri bulunmaktadır. Sahip olduğu kod editörüyle başka bir ortam kullanmaya gerek kalmadan, GEE ara yüzünde işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 2’de GEE kod editörü çalışma biçimi gösterilmiştir.



Şekil 2. GEE Kod Editörü (GEE Code Editörü, 2022)

Kod editörü bölümü, coğrafi ve mekânsal verileri işleyişlerinin hızlı ve kolay bir şekilde geliştirilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu bölümde kodların yazımı gerçekleştirilerek, istenilen analizler elde edilir. Bu kodların yazımında bazı ipuçları otomatik olarak verilmektedir. Kod

yazımında yapılan hatalar sistem aracılığıyla gösterilerek düzeltme işlemi yapmaya olanak sağlamaktadır.

Sentinel-2 ve MODIS verileri

ESA (European Space Agency)'nın altı farklı Sentinel uydu misyonu bulunmaktadır. Çalışmada bu misyonlardan Sentinel-2 (MSI)'nin görüntüleri kullanılmıştır. Sentinel-2 uyduları Sentinel-2 MSI A ve B olup, multispektral yüksek çözünürlüklü algılayıcılara sahip uydulardır. Bitki örtüsü, toprak ve sulak alanlar gibi arazi örtüsü analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Sentinel-2 misyonu ayrıca acil durum servisleri içinde bilgi aktarımı yapabilmektedir. SENTİNEL 2-A, 23 Haziran 2015 tarihinde, Sentinel 2-B ise 7 Mart 2017'de fırlatılmıştır. Sentinel-2 MSI uyduları, görünür bölge (RGB) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlar da dahil olmak üzere 10m ile 60m arasında değişen konumsal çözünürlükle 13 spektral bant görüntüyü ticari amaç gütmeyen tüm kullanıcılara ücretsiz bir şekilde sunmaktadır (Suhet, 2013). Bu bağlamda, Landsat-8 uydusuna ek olarak arazi örtüsü değişimleri, ormancılık çalışmaları, çevresel ve iklimsel değişimler gibi birçok çalışmaya yardımcı olmaktadır.

Çalışmada diğer bir görüntü verisi olarak NASA tarafından geliştirilen MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensörü görüntüleri kullanılmıştır. MODIS sensörü 1999'da Terra uydusu üzerinden 2002 yılında da Aqua uydusu üzerinden görüntüler almaya başlamıştır. Bu görüntüler sayesinde dünya yüzeyinde meydana gelen değişimleri gözlemlemek mümkün hale gelmiştir. Terra uydusunun dünya etrafındaki yörüngesi sabahları kuzeyden güneye, Aqua uydusunun ise öğleden sonra güneyden kuzeye doğrudur. Her iki uydu 0.4µm ile 14.4µm arasındaki dalga boyunda 36 spektral bant ve 2330km görüş alanı genişliğine sahiptir. 250m, 500m, 1000m çözünürlüklü veri toplarlar. Bir veya iki günde Dünya üzerindeki görüntülemeleri tamamlarlar. MODIS verileri kullanılarak yeryüzü ve atmosferdeki parçacıklar ölçülmekte, arazi örtüsü/arazi kullanımı, çevresel ve iklimsel birçok parametre ile zaman serisi analizleri gerçekleştirilebilmektedir (MODIS, 2022).

IDAHO-TerraClimate verileri

TerraClimate, küresel karasal yüzeyler için aylık iklim ve iklimsel su dengesi veri kümesidir. IDAHO üniversitesinin veri tabanında 1958-2021 arası aylık iklim ve iklimsel su dengesinin yüksek çözünürlüklü verileri (Yağış, sıcaklık, kuraklık, gerçek evapotranspirasyon vb.) bulunmaktadır Bu veri tabanı GEE aplikasyonu ile webCBS uygulamalarına açık hale getirilmiştir (Abatzoglou ve ark., 2018). Çalışmada GEE aplikasyonu ile 2021 yılı Sentinel-2 görüntü setine en yakın tarihli IDAHO üniversitesi 2020 yılı TerraClimate iklim veri setine ait uygulama gerçekleştirilmiştir.

Rastgele orman (Random Forest-RF) algoritması ile görüntülerin sınıflandırılması

RF; topluluk öğrenme algoritması olup, birden fazla karar ağacını oluşturur ve daha doğru, istikrarlı bir tahmin elde etmek için onları birleştirir ve nihai kestirimi yapılarak görüntüdeki kararsız piksellerin hangi sınıfa dahil olacağını belirler. Çalışmada GEE platformu üzerinden webCBS uygulaması olarak görüntü sınıflandırması yapılırken, tarım arazilerini kapsayan alandaki farklı sınıflara ait (yol sınıfı, tarımsal alan sınıfı, ekilmeyen boş alanlar sınıfı vb.) birden çok karar ağacı üzerinden, her bir karar ağacı farklı bir gözlem örneği üzerinde eğitilerek çeşitli modeller üretilmiş, sınıflandırma oluşumu sağlanmıştır. RF'nin yüksek sınıflandırma doğruluğuna sahip olduğu ve verilerdeki aykırı değerleri iyi tolere ettiği yapılan bir çok bilimsel çalışmada da gösterilmiştir (Liu ve ark., 2012) ve bu nedenle GEE aplikasyonu ile gerçekleştirilebilen bir çok makina öğrenme algoritması içerisinde bu yöntemin kullanılması benimsenmiştir.

Sınılandırılan görüntüler için doğruluk analizinin yapılması UA'nın temel kuralıdır. Sınılandırma işleminde, raster görüntüdeki piksellerin yanlış sınıfa atanmasından dolayı hatalar oluşabilmektedir. GEE, arşivinde aynı bölge için bulunan ve uygulama bölgesi için kesin bilgi sağlayan kaynak veri ile sınılandırılan görüntü istatistiksel olarak karşılaştırılarak düzensizlik matrisi oluşturulmak suretiyle genel doğruluk oranını belirlenmektedir. %60'ın üzerindeki oransal değerler sınılandırmanın doğru yapıldığını ifade eder. Uygulamada ekili alanlar, yol ve bina, ekili olmayan alanlar ve boş alanlar için seçilen eğitim alanları sınılandırılacak görüntü üzerinde seçilerek, bu alanlar dışında kalan test alanlarına ilişkin piksel değerleri, referans kabul edilen veri ile karşılaştırılmış ve her sınıfın sınılandırma doğruluğu da ayrıca belirlenmiştir.

GEE platformu üzerinden gerçekleştirilen bu uygulamada, sınılandırma için ilk olarak 2020 yılına ait Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak filtreleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınılandırma için kullanılacak eğitim ve test noktalarının bölgeye homojen dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Ayrıca, kullanılacak bantların (B2, B3, B4, B8, NDWI, NDVI) seçimi de gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada Random Forest algoritması kullanılarak sınılandırma işlemi tamamlanmıştır.

Uygulama doğruluklarını kontrol edebilmek için ise GEE veri tabanından alınan referans verileri kullanılmıştır. Sınılandırılan görüntüden 25 bant kullanılarak, filtreleme amaçlı ilk sınılandırma için 2230 adet piksel, ikinci ve nihai sınılandırma için 1732 adet piksel kullanılmasıyla GEE üzerinden hata matrisi diğer bir ifade ile düzensizlik matrisi oluşturulmuştur. Hata analizinde sınılandırılmış piksel ile referans değeri arasında farklar alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Buna göre '0' değeri alan noktalar doğru, '0' dışındaki değerler ise yanlış sınılandırılmış piksel sayısı olarak düzensizlik matrisinde yer almıştır. Bu matrisin köşegen terimleri toplamı doğru sınılandırılmış pikseller toplamı olup, toplam değer 1732 test verisine oranı ise sınılandırmanın genel doğruluk değeri olarak GEE platformundan elde edilmiştir.

Spektral indeksler ile görüntü zenginleştirme analizleri

Uzaktan Algılanmış piksel tabanlı raster görüntülerde farklı bantlarda algılanmaya bağlı olarak her bir pikselin yansıma değerine göre görüntü oluşumu söz konusudur. Ancak bu görüntülerin bilgi içeriğinin artırılabilmesi için zenginleştirilmesi gereklidir. Görüntü zenginleştirmede amaç, dijital görüntü özelliklerinin birbirinden ayırt edilebilirlik derecesi ile orijinal görüntüden görsel olarak elde edilebilecek bilginin miktarını arttırmaktır. Bu zenginleştirme işlemlerinden biri de matematiksel fonksiyonlar kullanılarak farklı banttaki görüntülere spektral dönüşümler uygulamaktır. Bu sayede kaynak görüntünün spektral bilgi içeriği değiştirilmiş olur. Uygulanan dönüşüm işlemiyle görüntüye yeni bir bilgi eklenmemekte ancak var olan bilgi, içerik açısından daha zengin olacak şekilde görüntülenmekte ve bilgi sağlanmaktadır.

Bitkiler üzerine gelen elektromanyetik dalgalar, bitkiden yansarak uydu sensörlerinde farklı dalga boylarında algılanırlar. Vejetasyon spektral belirteci olarak adlandırılan bu yansıma değerleri sağlıklı bir bitkide elektromanyetik dalgaların mavi ve kırmızı bölgelerinde çok düşük, yakın kızılötesi bölgesinde ise çok yüksektir. Bitki strese girdiğinde ya da öldüğünde ise yakın kızıltesi bölgedeki yansıma değerleri düşer. Stres nedenlerine bağlı olarak ilgili belirtiler veya bitkinin ölmesi, spektral yansıma olarak arazi uydu görüntülerine zenginleştirme işlemleri uygulanarak tespit edilebilmektedir. Bitkilerde stres ve ölüme neden olan faktörlerden önemli olanlarından birkaçı; susuzluğa bağlı kuraklık, tuzluluk, arazi yüzey sıcaklığındaki artış ve azalışa bağlı don etkisi ile aşırı kimyasallara bağlı toksit etkidir (Talebpour, 2016).

Ele alınan bu çalışmada Sentinel-2 A ve B görüntüleri için; Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI), Yeşil alan Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi GNDVI, Normalize Edilmiş Fark

Nem İndeksi NDMI, Normalize Edilmiş Yanma Oranı İndeksi (NBRI), Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Normalize Edilmiş Fark Tuzluluk İndeksi (NDSI) ve Normalize Edilmiş Yeşillik İndeksi (NDGI) değerleri ile uygulama bölgesindeki tarım arazileri için zenginleştirilmiş bilgi içeriği elde edilmiştir.

Bu çalışmada öncelikle bitki vejetasyonları incelenerek bitki örtüsü yoğunluklarında ve sağlıklı bitki yapısındaki değişimlerin gözlenmesi amacıyla yakın kızılötesi yansımaya bağlı olarak zenginleştirme işleminde spektral bitki indeksleri olan NDVI, GNDVI, NDWI ve NDSI kullanılmıştır. NDVI verileri nemli ve kurak koşulları daha belirgin bir şekilde yansıtmakta olup, oransal Eşitlik 1’de (Pettorelli ve ark., 2005; Çelik ve Karabulut, 2014), GNDVI oransal eşitliği ise Eşitlik 2’de verilmiştir. GNDVI’da kırmızı yerine yeşil spektrum ölçülür. Bu indeks, bitkilerde klorofil değişimine NDVI’den daha duyarlıdır ve bitkilerin yeşillenme aşaması olan erken ve orta büyüme aşamalarındaki ürün gelişimi için kullanılır. Görüntü haritası üzerinde bitkiler kırmızıdan yeşile doğru sınıflandırılır.

$$NDVI = (NIR - Kırmızı) / (NIR + Kırmızı) \quad (1)$$

NIR= Near Infrared Reflectance (Yakın Kızılötesi Yansıma)

$$GNDVI = (NIR - green) / (NIR + green) \quad (2)$$

Su alanlarının tespitinde ve değişiminde, kayıp su alanlarının hesabı için NDWI değerleri büyük öneme sahiptir. Su alanı belirlemek için bir spektral indeks olan NDWI kullanılması durumunda bu indeks için üç sınır değer verilmektedir. Sıfırdan küçük değerler su olmayan alanlar olarak sınıflandırılırken, 0 – 0,2 arasındaki değerler sığ su alanlar olarak ve 0,2’den büyük değerler ise su içeren alanlar olarak sınıflandırılmaktadır (Çağlayan ve ark. 2018). Normalleştirilmiş fark su indeksi oranı aşağıda Eşitlik 3’te verilmiştir (McFeeters, 1996; Çağlayan ve ark., 2018).

$$NDWI = (YEŞİL - NIR) / (YEŞİL + NIR) \quad (3)$$

NDGI, bitki örtüsü gelişiminin küçük artış süreçleri sırasında pozitif ve negatif değerleri nicel olarak yakalayan bir indeks olarak tanımlanmaktadır. NDGI; Sentinel-2 görüntülerindeki yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarının yansımalarını kullanarak t1 ve t2 zamanı arasında bitkinin yeşillik değişim bileşenlerine göre normalleştirilmiş değerini -1 ile +1 değer aralığında hesaplayan ve bitkideki düzenli değişimi ortaya koyan bir indekstir (Nedkov, 2017). Ayrıca bu indeks NDVI deki kar ve don etkisini ortadan kaldıran bir indekstir. NBRI analizi ise, yanmış alanları vurgulamak, ekim yapılmamış çıplak arazileri belirlemek ya da son zamanlarda anız yakılmış alanları belirlemek için kullanılmakta ve yanma şiddetini tahmin etmek için uydu görüntülerinin yakın kızıl ötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) spektral bantlarını kullanılmaktadır. NBRI değeri yüksek bölgelerde sağlıklı bitki örtüsünden söz edebilirken düşük değerler çıplak arazi, sağlıklı bitki örtüsü ya da son zamanlarda yakılmış bir tarım arazisini ifade eder. Normalize Edilmiş Yanma Oranı İndeksi (NBRI) yakın ve kısa dalga kızılötesi spektral bantlar kullanılarak eşitlik 4 ile elde edilmektedir.

$$NBRI = (NIR - SWIR2) / ((NIR + SWIR2)) \quad (4)$$

NDMI, diğer bitki örtüsü indeksleri ile birlikte kullanılan ve bitki nemi ile ilişkili olan sayısal bir göstergedir (Hardisky ve ark., 1983). NDMI, bitki örtüsü alanlarındaki nem değişimlerini belirlemek için NIR ve SWIR bantları kullanılarak kuraklık takibi ve bitki örtüsü alanlarında nemlilik değişimi tespit edilebilmektedir (Sarp ve ark., 2018).

NDSI; tarım arazilerindeki tuzlu alanları ortaya çıkarmak ve sağlıklı bitki örtüsü ile tuzlu alanlar arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak amacıyla geliştirilmiştir. Düşük indeks değeri tarım arazilerindeki bitkilerin ya sağlıklı olduğunu ya da bu alanlarda bitki yetiştirme dönemlerinde erken evre dönemini göstermektedir (Sönmez ve ark., 2015). Normalize Edilmiş Fark Tuzluluk İndeksi oranı aşağıda eşitlik

5’de verilmiştir. Normalize Edilmiş Fark Nem İndeksi NDMI de benzer şekilde yakın ve kısa dalga kızılötesi spektral bantlar kullanılarak eşitlik 6 ile elde edilmektedir.

$$NDSI = (Mavi - NIR) / (Kırmızı + NIR) \quad (5)$$

$$NDMI = (NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1) \quad (6)$$

İnceleme alanı

İnceleme alanı, Türkiye’nin Orta Karadeniz bölümünde bulunan Çorum ili, Merkez ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Yüzölçümü 12.820km² dir. Enlem ve boylam değerlerine göre ise; 39 derece 54 dk. 20 sn. kuzey enlemleri ile 34 derece 04 dk. 28 sn. doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı, bu enlem ve boylam değerleri arasında kalan tarım arazilerini içermektedir. Bölge; Karadeniz ikliminden İç Anadolu iklimine geçiş yeri üzerinde bulunmakta, genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Kuzeyden güneye doğru gidildikçe iklim sertleşir (Anonim, 2019).



Şekil 3. Çalışma Alanı ve GEE’de Kullanılan Görüntü

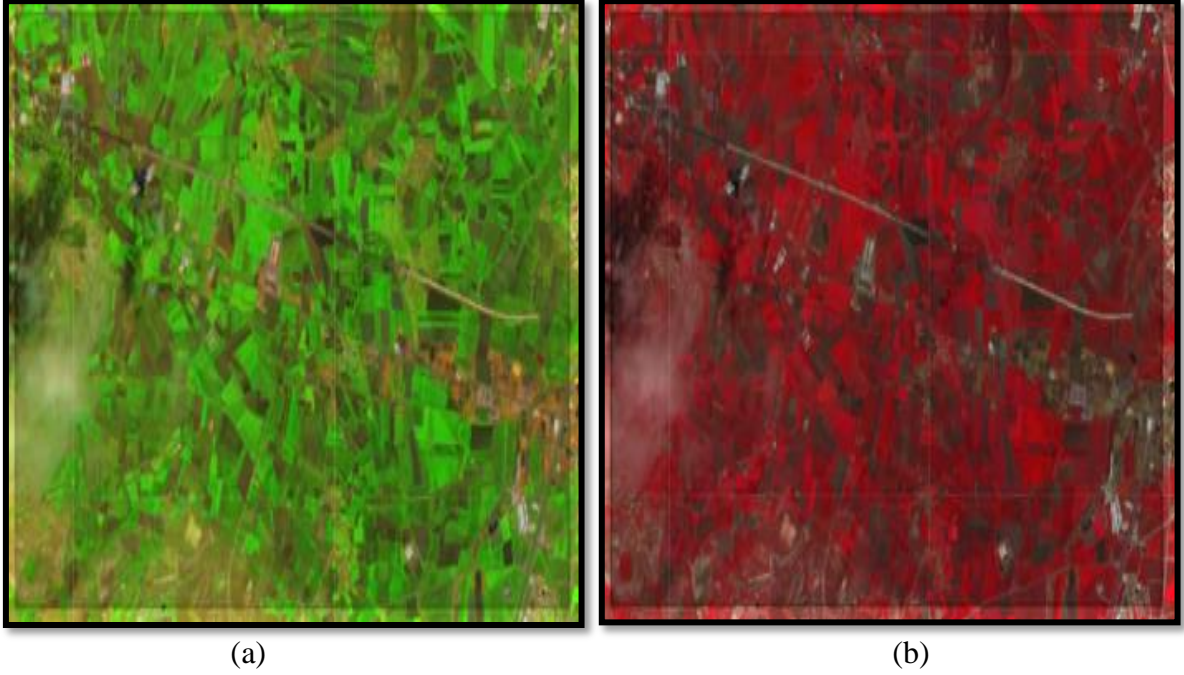
İnceleme alanının coğrafi konumu ve Sentinel-2 görüntüsü Şekil 3’te verilmiştir. 25 Band uydu görüntüsü üzerinde 2020 yılı için sınıflandırma çalışması yapılarak bant kombinasyonları ile bitkilerin yoğunlukları ve bitki sağlığı tespit edilmiştir. Bitkilerin değişimlerini belirlemek için 2021 yılına ait yedi farklı indeks değeri hesaplanmış, tarım arazilerindeki bitki örtüsü, nem ve su içerikli değişimler değerlendirilmiştir. İkinci aşamada, NASA tarafından geliştirilmiş Terra ve Aqua uydularına sahip spektrometrik MODIS görüntüleri analiz edilmiştir. MOD11A2 uydusu görüntüleri ile çalışma alanının 2020 yılına ait arazi ısı değişimleri incelenmiştir. Üçüncü ve son aşamada, 2020 yılına ait TerraClimate iklim verileri değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

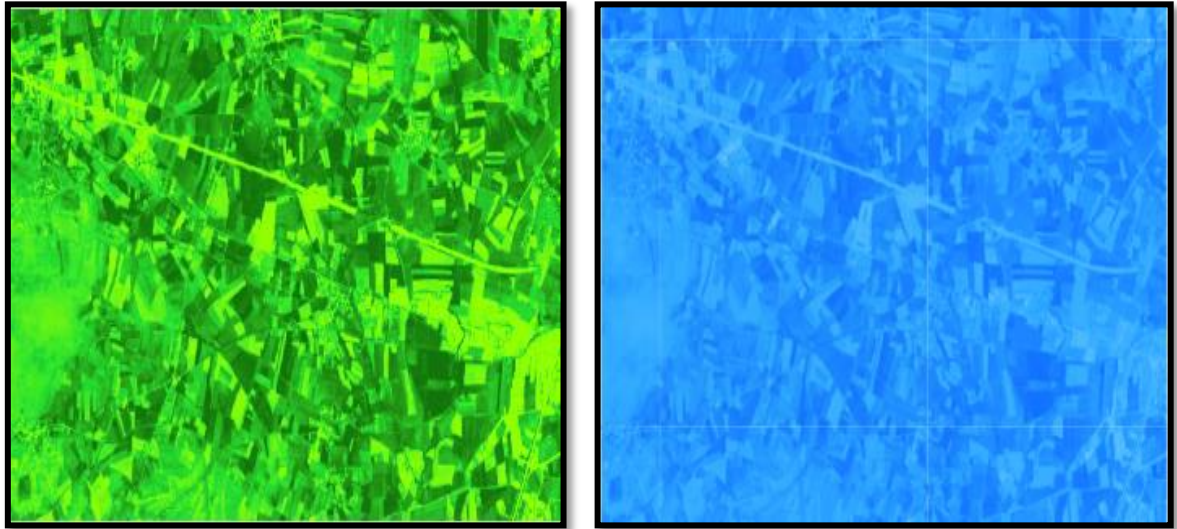
Sentinel-2 A ve B bant kombinasyonları ile tarım arazilerine ilişkin özelliklerin daha iyi anlaşılması sağlanmıştır. Tarım bantı kombinasyonunda mahsullerin sağlığını izlemek için SWIR-1 (B11), yakın kızılötesi (B8) ve mavi (B2) bantları kullanılmıştır. Renkli kızılötesi bant kombinasyonunda ise sağlıklı ve sağlıklı bitki örtüsünün vurgulanması sağlanmış ve yakın kızılötesi (B8) bantı kullanarak klorofil içeriği incelenmiştir. Tarım bantı kombinasyonu ve renkli kızılötesi bant kombinasyonu ile elde edilen görüntüler Şekil 4’te gösterilmiştir. Bu kombinasyonlarda yoğun bitki örtüleri koyu renkler ile vurgulanmaktadır.

Şekil 5’te, spektral dönüştürme işlemleri ile NDVI ve NDWI piksel değerlerine göre zenginleştirilerek oluşturulmuş inceleme bölgesinin görüntüsü görülmektedir. Bitki ve su alanı

yoğunlukları açık renkten koyu renge doğru artmaktadır. Görüntü içerikleri bölgede bitki yoğunlunun azaldığını ve toprak su tutma kapasitesinin de düşük olduğunu göstermektedir.



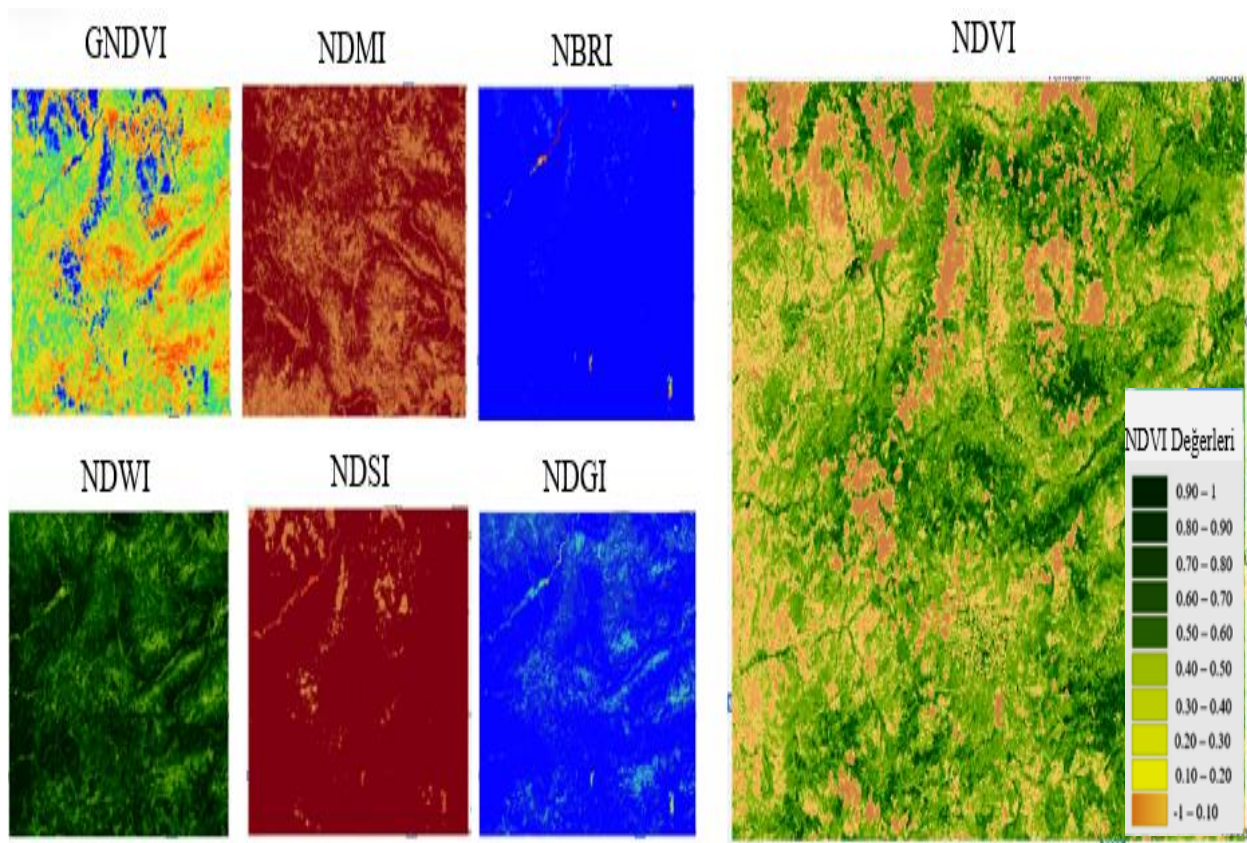
Şekil 4. Sentinel-2 Bant Kombinasyonları Elde Edilen Görüntüler (a) Tarım Bandı Kombinasyonu, (b) Renkli Kızılötesi Bant Kombinasyonu



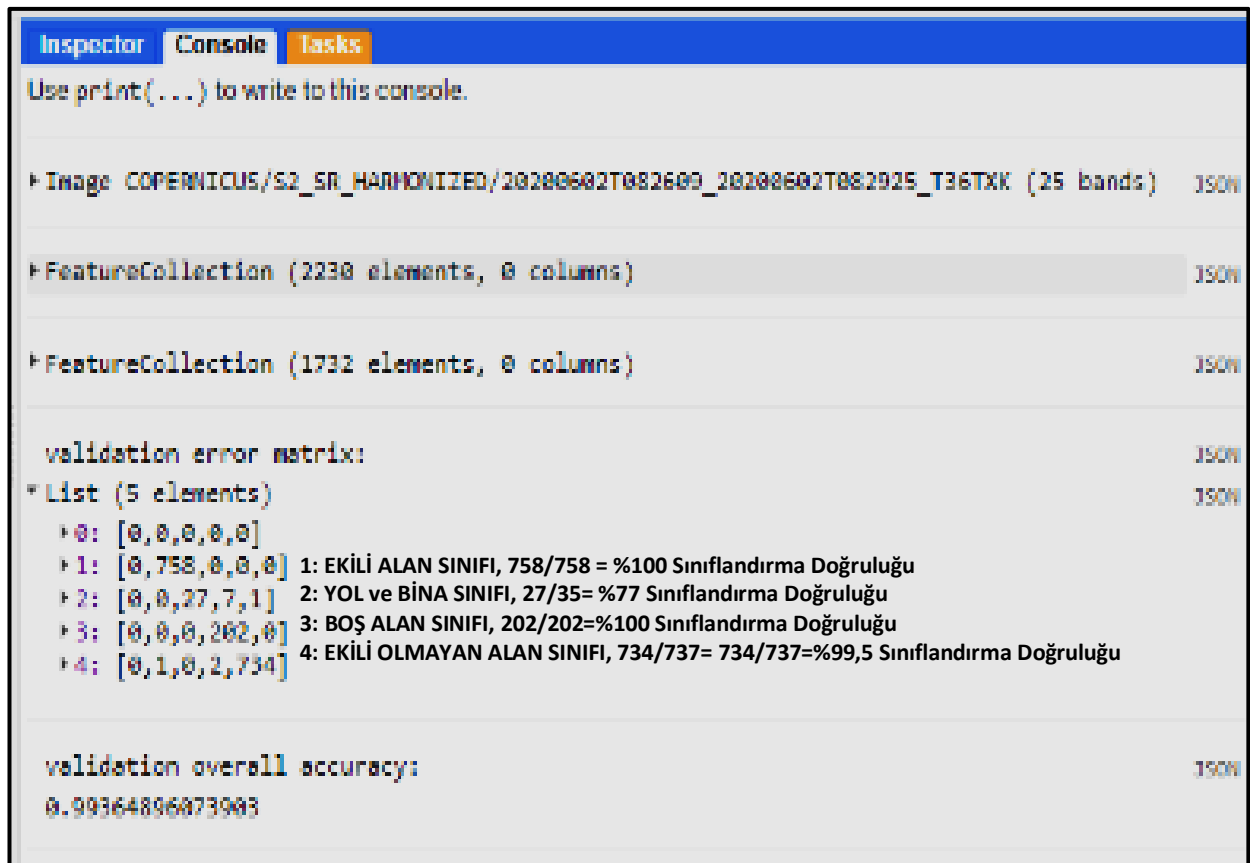
Şekil 5. Çalışma Alanının (a) NDVI, (b) NDWI Görüntüsü

İkinci alışmada Sentinel-2 A ve B verileri kullanılarak 2021 yılına ait uydu görüntüsü üzerinden bitki indeksleri hesaplanmıştır. 2021 yılına ait NDGI, NDVI, GNDVI, NDMI, NDWI, NDSI ve NBRI indekslerinin aylara göre elde edilen değişim değerleri izelge 1’de, bitki indeks haritaları ise Şekil 6’da gösterilmiştir.

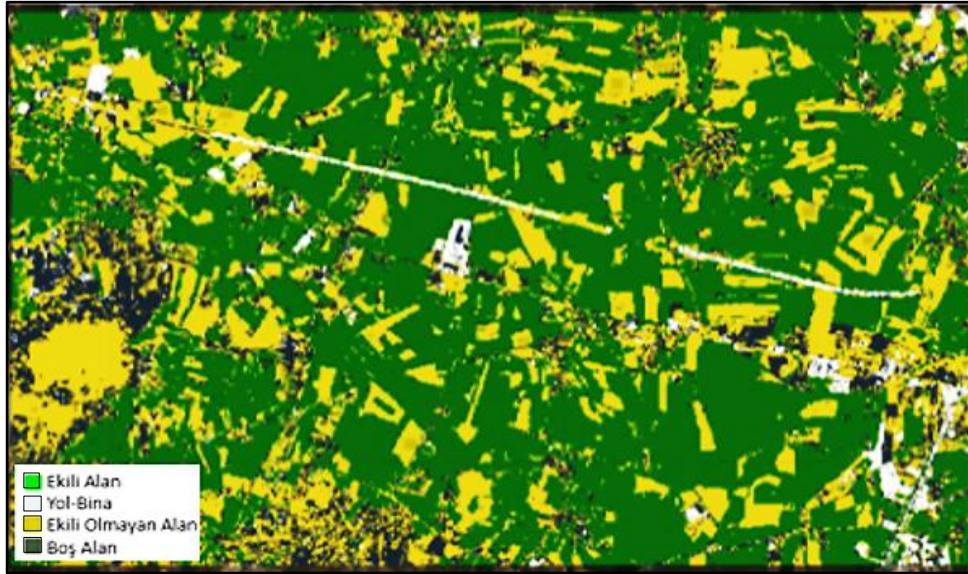
Bölgenin arazi sınılandırma çalışması için yapılan uygulamada filtrasyondan sonraki nihai sınıflamada %99 genel doğrulukla sınılandırma değerlendirmesi yapılmıştır. Sınılandırma doğruluğu için çıktı düzensizlik matrisi Şekil 7’de, arazi sınılandırma haritası Şekil 8’de gösterilmiştir. Düzensizlik matrisinde doğru sınılandırılan piksel sayısı, matrisin köşegen değerlerinin toplamı olup $758+27+202+734=1721$ pikseldir ve sınılandırmanın genel doğruluğu $1721/1732= %99,36$ olarak bulunmuştur. Bu değer sınılandırma haritasının çok yüksek doğrulukla elde edildiğini göstermektedir



Şekil 6. İnceleme Bölgesindeki Tarım Arazileri İçin Bitki İndeks Haritaları



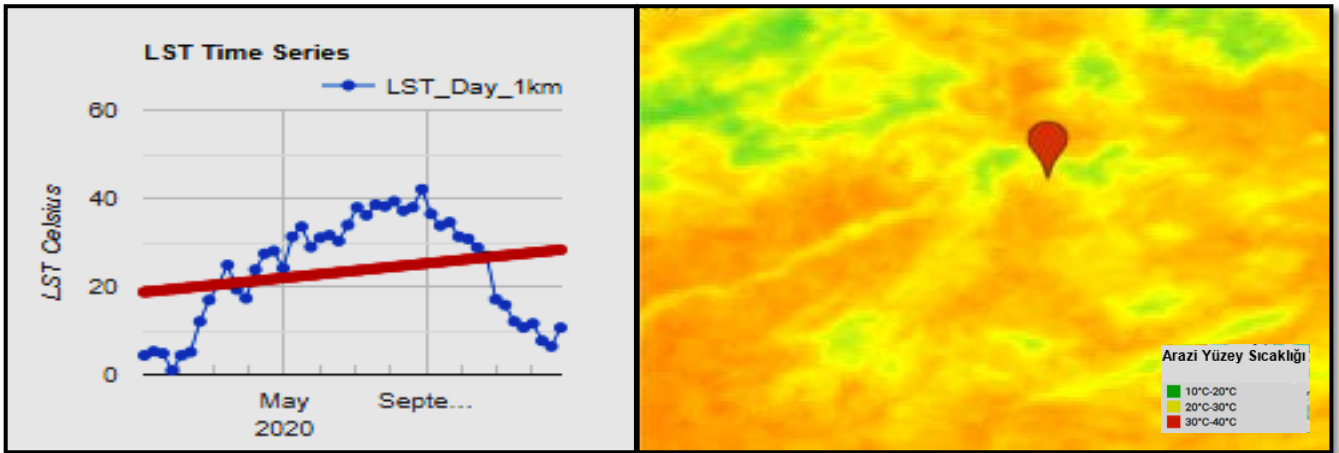
Şekil 7. GEE Uygulaması Hata Matrisi Ve Doğruluk Değerleri



Şekil 8. Bölgenin Arazi Sınıflandırma Haritası

MOD11A2 uydusu görüntüleri ile çalışma alanının 2020 yılına ait arazi ısı değişimlerinin incelenmesi sonucu elde edilen zaman serisi grafiği Şekil 9'da verilmiştir. Çalışmada en büyük sıcaklığın Eylül ayında, en düşük sıcaklığın ise Şubat ayında gerçekleştiği saptanmıştır.

2020 yılına ait TerraClimate verileriyle yapılan çalışmada da bölgenin iklim verileri değerlendirilmiştir. TerraClimate, küresel karasal yüzeyler için aylık iklim ve iklimsel su dengesi veri setidir. WorldClim veri kümesinden yüksek uzamsal çözünürlüklü klimatolojik normalleri, daha kaba uzamsal çözünürlükle, ancak zamana göre değişen verilerle birleştiren iklimsel destekli enterpolasyon kullanır. Uygulamadan elde edilen bulgular Çizelge 2'de gösterilmiştir.

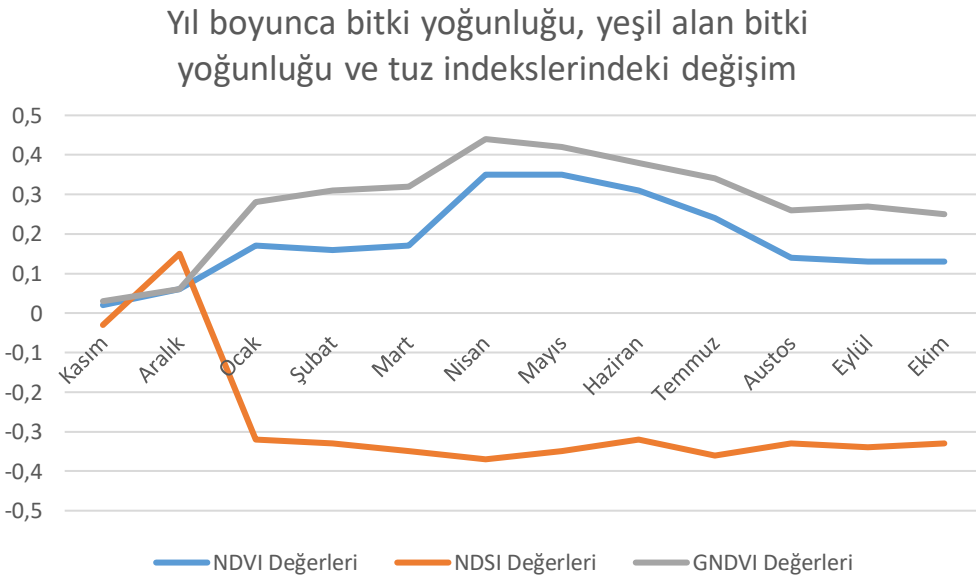


Şekil 9. Bölgenin 2020 yılı Arazi Yüzeyi Sıcaklık Değişimi Zaman Serisi Grafiği ve Haritası

Çalışma bölgesi alanında bitki örtüsü yoğunluğunu oluşturan tarımsal ürünler buğday, nohut ve soğan olup büyük çoğunluğu buğday tarlalarıdır (Anonim, 2022). GEE ile inceleme alanında; tarımsal nitelikli arazilerde belirtilen tarımsal ürünlerin bitki örtüsü yoğunluğu, bitki sağlığı, arazi ısı değişimi ve iklimsel özelliklerin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen bulgular şu şekilde değerlendirilmiştir:

- Sentinel-2'nin sınıflandırma çalışmaları sonucu elde edilen görüntüden, tarım arazileri içerisinde ekim yapılmayan alanlarda artış olduğu belirlenmiştir.
- NDGI indeks değerleri analiz edildiğinde, bitki örtüsü gelişimi için indeksin negatif değerlerde ve bitki gelişiminin düşük seviyede olduğu görülmektedir.

- NDGI indeks değerleri analiz edildiğinde, bitki örtüsü gelişimi için indeksin negatif değerlerde ve bitki gelişiminin düşük seviyede olduğu görülmektedir.
- NBRI analizi ile bölgenin NBRI değerinin yıl boyu çok düşük değerlere sahip olduğu, bunun çıplak arazi varlığının artması ya da sağlıklı bitki örtüsüne sahip tarım arazilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.
- NDMI analizi sonucu, bitki örtüsü alanlarındaki nem değişimlerini belirlemek için NIR ve SWIR bantları kullanıldığında düşük nem değişimi tespit edilmiştir. Değerler yıl boyunca tarımsal alanlardaki toprak neminin düşük seviyelerde olduğunu göstermektedir.
- Buğday, Nohut ve soğanın özellikle fide devresinde tuza karşı daha duyarlı bitkiler olduğu bilimsel araştırmalar ile gösterilmiştir (Bayraklı, 1998). Bu tür bitkiler için tuzluluğun etkisini 14 ile 16 hafta arasında gösterdiği ve bitkide stres oluşturduğu ve hatta bitkinin ölmesine yol açtığı belirtilmektedir (Sönmez ve ark., 2015). İnceleme bölgesi için yapılan araştırmada, tuz oranının en az olduğu Kasım ve Aralık aylarında ekimi yapılan buğdayın ilk 16 hafta olan Nisan'a kadar bitki yoğunluğu ve yeşillenmede artışla beraber tuz indeks değeri olan NDSI değerlerinde de düşüş dolayısıyla tuz oranlarında artış belirlenmiştir (Çizelge 1 ve Şekil 10). Bu durumun, bölgedeki tarım arazilerindeki bitkilerin 2021 Mayıs ayına kadar düşük seviyede yoğunluk artışına neden olduğu ve 2021 Mayıs sonrasında da yoğunluğunda azalma yarattığı görülmüş olup, bunun stres kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca 2021 Ocak, Şubat ve Mart aylarında bitki yeşillik indeks değerlerinin ve bitki yoğunluk indeks değerlerinin oldukça düşük olması, bitkilerin sağlıklı olduğunu ya da bu alanlarda bitki yetiştirme dönemlerinde bitkinin erken evre dönemini göstermektedir.



Şekil 10. İnceleme Bölgesindeki NDVI, GNDVI ve NDSI Değerlerinin 2021 Yılı İçin Karşılaştırma Grafiği

- NDWI analizi sonuçları, bölgedeki tarım arazilerinin yıl boyu toprak su tutma kapasitesinin düşük olduğunu, sadece Aralık ayında su tutma seviyesinin bir miktar yükseldiğini göstermektedir. NDVI değerleri yıl içerisinde çok sapma göstermemekle beraber sifıra yakın değerler göstermesi, bölgede yeşil alan varlığının oldukça az olduğunu, mevcut olanların da sağlıklı ve zayıf olduğunu göstermektedir. Bölgenin NDVI değerleri buğday bitkisinin büyüme evresinde 2021 Nisan, Mayıs, Haziran aylarında bir miktar yükselirken, 2021 Ekim, Kasım, Aralık aylarında düşüş göstermektedir.

• Arazi yüzey sıcaklık değişimleri incelendiğinde, 2021 Nisan ayından 2021 Eylül'e kadar arazi yüzey sıcaklığında artış görülerek 2021 Eylül'de 40°C üzerinde pik yaptığı ve en düşük arazi yüzey sıcaklık değerinin belirlendiği 2021 Şubat ayına kadar da azalışta olduğu görülmektedir.

• Çalışma bölgesindeki NDWI spektral indeks analizinden elde edilen bulgular zemin su içeriğinin oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Buna paralel olarak Terra Climate iklim verileri de yağış değerlerinin, bölgenin iklim özellikleri de göz önüne alındığında, yaz aylarında oldukça düşük, kış aylarında ise yüksek olduğunu göstermektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2021 yılı iklim raporuna göre 2020 yılı Türkiye geneli sıcaklık ortalaması 14.9°C iken (Anonim, 2020), çalışma alanında ortalama sıcaklık 19.01°C olarak saptanmıştır.

Çizelge 1. İnceleme Bölgesinin 2021 Yılı İçin Elde Edilen Bitki Endeksi Değerleri

2021	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
NDGI (Normalize Edilmiş Yeşillik İndeksi)	-0.11	-0.16	-0.15	-0.11	-0.10	-0.10	-0.11	-0.12	-0.15	-0.12	-0.02	0
GNDVI (Yeşil alan Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)	0.28	0.31	0.32	0.44	0.42	0.38	0.34	0.26	0.27	0.25	0.03	0.06
NDMI (Normalize Edilmiş Fark Nem İndeksi)	-0.05	-0.02	-0.03	0.08	0.10	0.06	-0.02	-0.10	-0.10	-0.10	0	0.2
NDWI (Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi)	0.08	0.05	0.04	0.20	0.22	0.19	0.11	-0.01	0.01	0	0.06	0.23
NDSI (Normalize Edilmiş Fark Tuzluluk İndeksi)	-0.32	-0.33	-0.35	-0.37	-0.35	-0.32	-0.36	-0.33	-0.34	-0.33	-0.03	0.15
NBRI (Normalize Edilmiş Yanma Oranı İndeksi)	-0.28	-0.31	-0.32	-0.44	-0.42	-0.38	-0.34	-0.26	-0.27	-0.25	-0.03	-0.06
NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)	0.17	0.16	0.17	0.35	0.35	0.31	0.24	0.14	0.13	0.13	0.02	0.06

Çizelge 2. İnceleme alanının 2020 yılı Terra Climate iklim analizi değerleri

2020	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Gerçek Evapotranspirasyon Su	10.50	34.10	51.50	43.00	50.20	66.40	5.90	3.60	6.40	14.50	9.60	18.00
Palmer Endeksi	0.00	0.00	18.00	48.00	77.60	86.50	191.40	170.70	123.80	69.40	25.60	1.70
Potansiyel Evapotranspirasyon	-2.26	-2.17	-2.93	-3.93	-4.61	-3.89	-4.21	-4.44	-4.74	-5.25	-5.63	-6.38
Yağış Akış	10.5	34.1	69.5	91.0	127.8	152.9	197.3	174.3	130.2	83.9	35.2	19.7
Nem	39	53	21	22	45	66	4	2	5	14	9	19
Radyasyon Yüzeysel Sulu Kar	1	5	1	1	2	3	0	0	0	1	1	1
En Yüksek Sıcaklık	54.60	79.80	48.90	26.50	19.00	15.00	12.40	10.60	9.30	8.30	7.50	7.30
En düşük Sıcaklık	67.6	102.5	151.7	223.7	258.7	299.4	333.6	305.2	225.9	171.3	102.2	75.2
Buhar Basıncı	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rüzgâr Hızı	5.0	8.5	14.5	16.2	23.0	27.0	31.0	29.8	29.2	23.8	11.5	8.6
	-3	-1.2	2.5	2.9	8.8	11.8	14.7	13.2	13.2	10.0	0.5	1.1
	0.48	0.50	0.60	0.76	1.02	1.27	1.42	1.39	1.16	0.92	0.69	0.58
	1.5	2.3	2.4	2.5	2.2	2.0	2.8	2.5	2.2	1.6	1.4	1.0

SONUÇ

Her geçen gün artan nüfus, tarımsal ürünlere ve içilebilir su kaynaklarına olan ihtiyaçların artmasına neden olmakta ve dünya üzerinde dengesiz arazi kullanım değişimleri meydana gelmekte, özellikle tarım alanlarının kontrolsüzce tahrip olmasına neden olmaktadır. Meydana gelen bu değişimlerin belirlenebilmesi ve gözlemlenebilmesi UA ve CBS'nin önemini ortaya çıkarmıştır. UA verilerinin CBS ile analiz edilebilmesiyle, arazi yönetimi için gerekli olan büyük alanların stratejik planlamaların yapılması olanaklı hale gelmiştir. Bu alanda GEE, yoğun verilere dayalı analizlerle arazi yönetimi açısından üst düzey performans ortaya koymaktadır. UA'ya yönelik bant kombinasyonlarının sınıflandırılması ve farklı indekslerde görüntüler ve haritalar üretilebilmesi GEE'nin güçlü yanıdır. GEE, bulut teknolojisinin kullanıldığı güçlü veri tabanı sayesinde araştırmacılara hızlı ve güvenilir birçok veriyi sunmaktadır. Aynı zamanda veri madenciliği ve webCBS için kod bloklarının yazabileceği bir platform da sunmaktadır. Ayrıca, arazi kullanım planlamalarına altlık oluşturan geçmişten günümüze değişimin tespit edilmesi ile sürdürülebilir arazi kullanım planlamalarına önemli katkılar sağlamaktadır.

Orta Karadeniz Bölgesinde belirlenen inceleme alanı için veri madenciliği ile elde edilen görüntüler ve sayısal verilerin analizine yönelik GEE uygulamasının, tarım arazilerindeki değişimin belirlenmesi amacıyla uygun olarak makro düzeyde arazi yönetimine katkı sağlayabileceği gösterilmiştir. Uygulamada, ekim yapılmayan tarım arazilerinde artış olduğu belirlenmiştir. Bölgede arazi yüzey sıcaklık değerinin 40°C 'yi aştığı saptanmıştır. Araştırma sonucu belirlenen indeks parametreleri bitki yoğunluğunun, yeşillenmenin ve bitki neminin ilkbaharda bir miktar yükselirken, sonbaharda düşüş olduğunu göstermektedir. Bu durum bölgedeki bitki örtüsü yoğunluğunun sağlıklı ve zayıf yapıda olduğunu göstermektedir. Ayrıca, özellikle bitki erken evresinde ve ilkbaharda bitki gelişimi ile beraber toprak tuzluluğunun da artması bitkilerin strese maruz kalabileceğinin de bir göstergesidir. Bununla beraber, toprak su tutma kapasitesinin yıl boyu düşük seviyede olduğu saptanmıştır. İklim verileri incelendiğinde, yağış değerlerinin bölgenin iklim özellikleri de göz önüne alındığında yaz aylarında oldukça düşüş gösterdiği, kış aylarında yükseldiği görülmüştür. Bölgenin 19.01°C'lik sıcaklık ortalaması ile Türkiye ortalama sıcaklığının üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen incelemelerle elde edilen parametreler ve arazi yüzey sıcaklığı trend analizi ileriki yıllarda bölgede kuraklık olabileceğinin sinyallerini vermektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve diğer verileri parasal karşılığı olmadan sağladığı için GEE' ne teşekkürlerini sunar.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., & Hegewisch, K. C. 2018. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. *Scientific Data*, 5, 1–12.
- Aghlmand, M., Kalkan, K., Onur, M. İ., Öztürk, G., & Ulutak, E. 2021. Google Earth Engine ile arazi kullanımı haritalarının üretimi. *Niğde Ömer Halis demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 38-47.

- Anonim, 2016. T.C. Çorum Valiliği İl Gıda Tarım Ve Hayvancılıkmüdürlüğü Çorum İli Tarımsal Verileri, https://corum.tarimorman.gov.tr/Belgeler/ÇORUM_İL_GIDA_TARIM_VE_HAYVANCILIK_MÜDÜRLÜĞÜ_BİLGİ_NOTU_2016.pdf (Erişim Tarihi: 02.01.2023)
- Anonim, 2019. Çorum İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/corum_2019_-cdr-20201117201349.pdf (Erişim tarihi: 15.04.2022).
- Anonim, 2020. Türkiye 2020 Yılı İklim Değerlendirmesi, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2020-iklim-raporu.pdf> (Erişim tarihi: 15.04.2022).
- Bayraklı, F., 1998. *Toprak Kimyası*. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 26, 1. Baskı, Samsun, 214s.
- Çağlayan EB., Erel F, Samur EB., Deniz M, Mobariz MA, Kaplan G, 2020. Uzaktan Algılama Teknikler ile Akşehir Gölü'ndeki Alansal Değişiminin İzlenmesi, *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2); 70-76.
- Çelik MA, Karabulut M, 2014. Farklı İndeks Modelleri (EVI, NDVI, VCI) Kullanılarak Resul Osman Dağı (Kilis) Bitki Örtüsünün İncelenmesi. Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi, (s. 373-379), Muğla.
- Dereli MA, 2018. Web Tabanlı Google Earth Engine ile NDVI Zaman Serisi Analizi: Şanlıurfa il Merkezi Örneği. 6 th International GAP Engineering Conference, (s. 374-377), Şanlıurfa.
- EMGM, 2019. *Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2019-2030*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara-Türkiye.
- GEE, 2022. *Google Earth Engine*. Erişim adresi: <https://earthengine.google.com/>
- GEE Code Editörü, 2022. *Google Earth Engine Code Editörü*. Erişim adresi: <https://code.earthengine.google.com/>
- GEE FAQ, 2022. *Google Earth Engine FAQ*. Erişim adresi: <https://earthengine.google.com/faq/>
- Hardisky M, Klemas V, Smart R, 1983. The Influences of Soil Salinity, Growth Form, and Leaf Moisture on the Spectral Reflectance of Spartina Alterniflora Canopies. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49: 77-83.
- Liu, Y., Wang, Y., & Zhang, J. 2012. New machine learning algorithm: Random forest. In International Conference on Information Computing and Applications. (pp. 246-252). Springer, Berlin, Heidelberg.
- MODIS 2022. Erişim Adresi: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>
- Mirelva PR, Nagasawa R, 2019. Application of Sentinel-1 data for classifying croplands using Google Earth Engine. *Int. J. Geoinformatics*, 15(3):21-31.
- McFeeters SK, 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7):1425-1432.
- Nedkov R, 2017. Normalized Differential Greenness Index For Vegetation Dynamics Assessment. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 70, No 8:1143-1146.
- Pettorelli N, Vik JO, Mysterud A, Gaillard JM, Tucker CJ, Stenseth NC, 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9): 503-510.
- Sarp G, Temurçin K, Aldırmaz Y, Baydoğan E, 2018. Spatial Analysis of Forest Fires Using Remote Sensing Technologies; A Case of 2017 Mersin-Anamur Forest Fire. Innovation and Global Issues Congress IV, (s. 300-308), Antalya.
- Sönmez NK, Aslan GE, Kurunç A, 2015. Farklı Tuz Stresi Altındaki Domates Bitkisinin Spektral Yansıma İlişkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21 (2015): 585-595.
- Suhet, 2013. *SENTİNEL-2 User Handbook 1*: 9.
- Talebpour B, 2016. *Şeker Pancarı Tarımında Değişken Oranlı Gübreleme Olanakları* (Doktora Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>.
- Yılmaz OS, Oruç MS, Ateş AM, Gülgen F, 2020. Orman Yangın Şiddetinin Google Earth Engine ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Analizi: Hatay-Belen Örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 1519-1532.