



Geomatik

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



Yersel referans verilerinin doğruluğunun çok zamanlı Sentinel-2 uydu görüntüleri ile araştırılması: Arpa ve Buğday örneği

Oğuzhan Yaşar¹, Ali Levent Yağcı^{*1}

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Uzaktan Algılama
Sentinel-2
Python
Bulut maskeleyme
NDVI

Araştırma Makalesi

Geliş: 28.11.2022
Revize: 20.01.2023
Kabul: 23.01.2023
Yayınlanma: 19.04.2023



Öz

Ülkemizde uzaktan algılama görüntüleri ve yöntemleri ile tarım ürün deseni belirlemek amaçlı birçok çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda sınıflandırma algoritmasının eğitilmesi ve sonuçlarının doğrulanması için çeşitli kaynaklardan oluşturulan yersel referans veriler kullanılmaktadır. Ancak, bazı çalışmalarda bu referans veri setlerinde hatalar bulunduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmada, Yozgat ili Merkez ilçesi için bir firmadan alınan yersel referans verilerinin güvenilirliği Sentinel-2A ve Sentinel-2B uydu görüntüleri kullanılarak araştırılmıştır. Geliştirilen yöntemde, uydu görüntülerinden oluşturulan parsel zaman serileri her ürünün ortalama karakteristik Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI) eğrisi ile iteratif olarak karşılaştırılmaktadır. Daha sonra, korelasyon ve ortalama en kısa mesafe değerleri kullanılarak hatalı etiketlenen tarım ürünleri bulunmaktadır. Yöntem, arpa ve buğday tarım ürünleri ile test edilmiştir ve tüm hatalı etiketlenen parseller başarılı bir şekilde bulunmuştur. Yöntem, kullanıcıya herhangi bir eğitim verisi seçimi yaptırmadan otomatik olarak karar vermektedir. Bundan dolayı, veri indirme ve parsel sınırlarını düzeltilmesi dışındaki tüm işlemlerin otomasyonu Python programlama dili ve çeşitli açık kaynaklı kütüphaneler ile sağlanmıştır.

Investigation of the accuracy of ground reference datasets using multi-temporal Sentinel-2 satellite images: A case study with barley and wheat crops

Keywords

Remote Sensing
Sentinel-2
Python
Cloud masking
NDVI

Research Article

Received: 28.11.2022
Revised: 20.01.2023
Accepted: 23.01.2023
Published: 19.04.2023

Abstract

There have been many studies regarding agricultural crop classification using remotely sensed imagery in Türkiye. In such studies, crop reference datasets are needed to train classification models and validate the model results. However, some studies reported that there are some inaccuracies in these crop reference datasets. In this study, the accuracy of the crop reference dataset collected by a commercial company in the central district of Yozgat Province was investigated using the imagery acquired by Sentinel-2A and Sentinel-2B satellites. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) time series of each agricultural parcel were constructed and iteratively compared to the average NDVI time series for a given crop. Later, statistic metrics such as correlation and average minimum distance were used to identify incorrectly labeled agricultural parcels. The method is fully automated and doesn't need any user intervention except for the steps such as the data download and the modification of parcel boundaries. Therefore, The automation of the method steps was carried out in Python programming language using various open-source Python libraries.

*Sorumlu Yazar

^{*}(oguzhan.yasar2017@gtu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0120-9186
(alyagci@gtu.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1094-9204

Kaynak Göster (APA)

Yaşar, O. & Yağcı, A. L. (2023). Yersel referans verilerinin doğruluğunun çok zamanlı Sentinel-2 uydu görüntüleri ile araştırılması: Arpa ve Buğday örneği. *Geomatik*, 8(3), 277-292

<https://doi.org/10.29128/geomatik.1210252>

1. Giriş

Tarımda minimum maliyet ile maksimum fayda alınmasının en büyük faktörlerinden biri teknolojik gelişmelerin kullanılmasıdır. Tarım için bu teknolojik gelişmelere en iyi örnek uzaktan algılama gösterilebilir. Landsat uydu misyonuna nazaran Sentinel-2 uydu programıyla, yeryüzü üzerinde toplanan gözlemlerde mekânsal ve zamansal çözünürlükte artışlar olmuştur. Bundan dolayı, Sentinel-2 programı tarım alanında en yaygın kullanılan uydu misyonu olmuştur. Ayrıca, kutupsal yörüngeli yeryüzü gözlemi toplayan uydular ile elde edilen görüntüler, tarımın yanı sıra hidroloji, meteoroloji, jeoloji ve şehircilik gibi birçok farklı alanda etkin bir biçimde kullanılmaktadır (Yağcı, 2023; Yağmur ve ark., 2020; Sawadogo ve ark., 2020).

Ülkemizde, daha önce uydu görüntüleri ve görüntü işleme metotları kullanılarak tarım alanında çok çeşitli çalışmaları yapılmasına rağmen, uydu görüntülerinden tarım ürün deseninin belirlenmesi uzaktan algılamanın en yaygın tarımsal uygulamalarından biridir. Örneğin, RADARSAT-2 uydu görüntüleriyle Konya ilinin Sarayönü ilçesi sınırlarında yer alan yem bitkisi, mısır, patates, ayçiçeği ve buğday gibi tarım ürünlerinin deseni çıkarılmıştır (Üstüner ve ark., 2020). Benzer şekilde Konya ili Karapınar ilçesinde mısır, ayçiçeği, buğday-arpa, pancar ve yonca-fiğ tarım ürünlerinin deseni Sentinel-2 uydu görüntüleriyle belirlenmiştir (Torunlar ve ark., 2021). Pamuk ve mısır ekili parsellerin analizi, Landsat 5 uydusu üzerinden bulunan Thematic Mapper (TM) sensörünün ürünleri ile Şanlıurfa ilinin, Harran ilçesinde yapılmıştır (Aydoğdu ve ark., 2011). Mardin İli, Artuklu, Kızıltepe ve Derik ilçelerinde mısır, buğday, pamuk, nohut ve mercimek ürünlerin tarım ürün deseni Sentinel-2 uydu görüntüleri sınıflandırılarak çıkarılmıştır (Altun ve Türker, 2021). Ek olarak, Denizli ilinin Baklan, Çal ve Çivril ilçelerinde hububat, mısır, şeker pancarı, ayçiçeği, haşhaş, üzüm, meyve ağacı ve yem bitkileri gibi tarım ürünlerinin desenleri çok zamanlı Sentinel-2 ürünleri kullanılarak çıkarılmıştır (Şimşek ve Durduran, 2023). Bir diğer çalışmada ise, GÖKTÜRK-2 uydusunun görüntüleri kullanılarak buğday, mısır ve pamuk ürünlerinin deseni Harran Ovası'nda çıkarılmıştır (Teke ve Yardımcı, 2016). Bitlis ilinin Adilcevaz ilçesinde, yonca, buğday ve korunga tarım ürünlerinin deseni Hyperion ve Landsat-8 görüntüleri kullanılarak çıkarılmıştır (Teke ve Yardımcı, 2015). Komsat-2 ve Envisat ASAR verileri kullanılarak Bursa ilinin Karacabey ovasındaki mısır, pirinç, şeker pancarı, domates ve buğday ürünlerinin deseni çıkarılmıştır (Ok Özdarıcı ve Akyürek, 2013). Amasya ilinde, Sentinel-2 görüntüleri kullanılarak kenevir, fiğ, buğday, yonca, şekerpancarı ve soğan gibi farklı tarım ürünlerinin deseni çeşitli sınıflandırma yöntemleri ile çıkarılmıştır (Tunca ve Köksal, 2021).

Uzaktan algılama görüntüleri ve sınıflandırma algoritmaları kullanılarak tarım ürün desenlerinin çıkarılması yaygın bir uygulamadır. Sınıflandırma algoritmalarının performansını etkileyen önemli faktörlerden biri de bu algoritmaların yersel referans verileri ile eğitim aşamasıdır. Sınırlandırma algoritmaları

hatalı referans verileri ile eğitilmesi durumunda üretilen tarım ürün deseni haritalarının doğruluğu da düşmektedir.

Ülkemizde yapılan tarım ürün deseni belirlemeye yönelik çalışmalarda yersel referans verisi olarak Çiftçi Kayıt Sistemi'ne (ÇKS) kayıtlı parseller (Şimşek ve Durduran, 2023; Simsek ve ark., 2016; Altun ve Türker, 2021; Aydoğdu ve ark., 2011; Teke ve Yardımcı, 2015), Tarım Sigortaları Havuzu'na (TARSİM) kayıtlı sigortalı parseller (Şimşek ve Durduran, 2023), Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne (TİGEM) veya Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne (TAGEM) bağlı araştırma enstitülerine ait parseller (Kaya ve Polat, 2021; Narin ve ark., 2021; Tunca ve Köksal, 2021) ve araştırmacıların kendi yaptığı arazi çalışmalarıyla topladıkları parsel bilgileri (Ok Özdarıcı ve Akyürek, 2013; Torunlar ve ark., 2021; Üstüner ve ark., 2020) kullanılmıştır.

Yukarıda anlatılan çalışmalarda, ÇKS beyanlı parsellerden oluşturulan Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI) zaman serileri incelendiğinde beyan edilen tarım ürünlerinin kendi türüne ait olan karakteristik NDVI eğrisi ile uyuşmadığı görülmüştür ve uyuşmayan parseller sınıflandırma için kullanılacak yersel referans veri setinden çıkarılmıştır (Altun ve Türker, 2021; Şimşek, 2016; Şimşek ve Durduran, 2023). Benzer şekilde bu çalışma kapsamında özel bir firmadan alınan ve arpa ve buğday parseli olarak ifade edilen parsellerin NDVI zaman serileri incelendiğinde beyan edilen ile gerçekte görülen arasında farklar olduğu görülmüştür.

Arpa ve buğday, tahıllar arasında dünya üzerinde en çok üretimi yapılan tarım ürünlerinden olup, Türkiye'de 2021 yılında en çok yetiştirilen tahıl ürünlerindedir. 2021 yılında buğday ve arpanın tüm üretilen tahıl ürünleri arasında payının toplamı %73'ü bulmuştur. (TÜİK, 2021a). Türkiye'de en çok arpa üretimi yapılan iller sırasıyla Konya, Ankara, Afyonkarahisar, Aksaray ve Aydın illeri olurken en çok buğday üretimi yapılan ilk 5 il ise sırasıyla Şanlıurfa, Konya, Mardin, Kahramanmaraş ve Diyarbakır illeridir (TÜİK, 2021b).

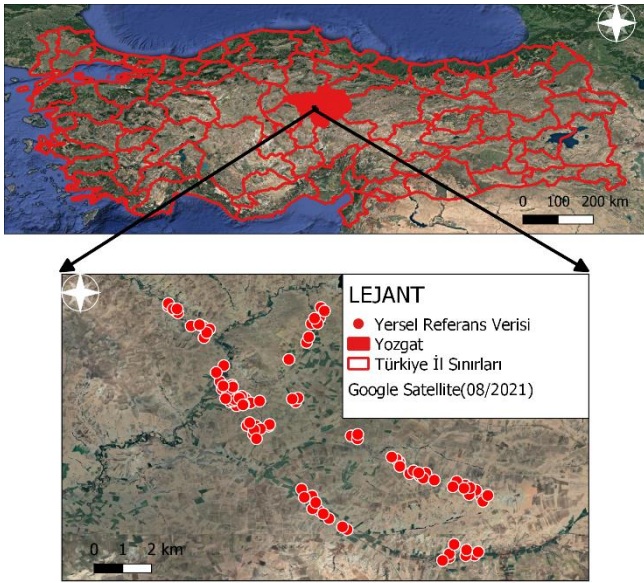
T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, çiftçilere arpa ve buğday ürünleri için çeşitli maddi desteklerde bulunmaktadır. Bu desteklerin verilmesinde çiftçilerin beyanı temel alınmaktadır. Tarımsal desteklerinin usulüne uygun kullanıldığının kontrolü, destek alan çiftçi sayısının fazlalığı, personel eksikliği, zaman ve maliyet gibi nedenlerden dolayı mümkün olmamaktadır. Ancak, parsel bazlı olarak tarımsal desteklerin denetlenmesi uydu görüntüleri ve görüntü işleme metotları ile mümkündür.

Bu çalışmada Yozgat ili Merkez ilçesinde bulunan arpa ve buğday ekili parsellerin, Sentinel-2A ve Sentinel-2B uydu görüntüleriyle zamansal olarak incelenmesi yapılmıştır. Bu kapsamda, saha çalışmaları ile toplanan yersel referans verilerinin doğruluğunun bulunması ve hatalı olarak etiketlenen parsellerin belirlenmesinin yapılabilirliği uydu görüntüleri kullanılarak belirli kurullar dahilinde araştırılmıştır. Ayrıca, işlem adlarının kullanıcıdan minimum girdi olarak bir programlama dilinde otomasyonunun nasıl gerçekleştirilebileceği ortaya konmuştur.

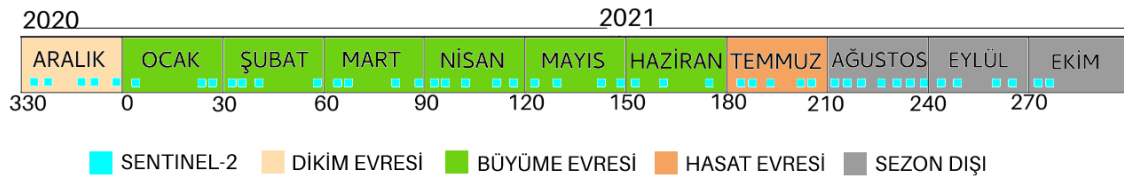
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı Yozgat iline ait Merkez ilçesidir ([Şekil 1](#)). Çalışma alanı sınırları 34°58' ve 35°06' doğu meridyenleri ile 39°29' ve 39°36' kuzey paralelleri arasındadır. Bu alanda Merkez ilçesine bağlı olarak Battal, Bayatören, Osmanpaşa, Özlüce, Sarınınören ve Yudan köyleri bulunmaktadır. Çalışma alanının rakımı yaklaşık olarak 1030 metredir. Köppen – Geiger iklim sınıflandırmasına göre Yozgat ili, Dsb tipi iklimine sahiptir ([Peel ve ark., 2007](#)). Bu iklim tipine sahip olan bölgelerde yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir.



Şekil 1. Çalışma Alanı (Merkez, Yozgat, Türkiye)



Şekil 2. Çalışma için temin edilen Level-2 Sentinel-2 uydu görüntülerinin arpa ve buğday bitkilerinin fenolojik evrelerine göre dağılımı. Sayılar yılın gününü ifade etmektedir.

2.2.2. Yersel referans verileri

Yersel referans verileri, çalışma alanında daha önce saha çalışmaları ile veri toplayan ticari bir firmadan TÜBİTAK 2209A projesi kapsamında satın alınmıştır. Referans verileri firma tarafından nokta formatında vektör verisi olarak ([Şekil 1](#)) sağlanmaktadır. Yersel referans verileri, her bir noktanın konumu dışında öznitelik verisi olarak gözlem tarihi, tarım ürününün ismi, toplanan bölgenin il, ilçe ve mahalle bilgilerini içermektedir. Çalışma kapsamında, firmadan nokta formatında 42 adet arpa ve 56 adet buğday ürün verisi olmak üzere toplamda 98 adet veri alınmıştır.

Daha sonra Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün (TKGM) parsel sorgu uygulaması kullanılarak yersel referans verilerinin konumu ile çıkışan parsellerin

2.2. Materyal

2.2.1. Sentinel-2 uydu görüntüleri

Sentinel-2 programı yeryüzü üzerinde sık gözlem toplaması için geliştirilmiştir ve iki uydudan oluşmaktadır. Sentinel-2A uydusu, 23 Haziran 2015'te ESA tarafından fırlatılmış ve 10 günlük bir tekrar döngüsü ile güneşle senkronize bir yörüngede çalışmaktadır. İkinci bir özdeş uydu olan Sentinel-2B 7 Mart 2017'de fırlatılmıştır. Birlikte her 5 günde bir Dünya'nın tüm kara yüzeylerini, büyük adalarını, iç ve kıyı sularını kapsayacak şekilde görüntüler edinmektedirler ([URL-1](#)). Ülkemizde Sentinel-2 uydu görüntüleri farklı illerde birçok tarım ürününün desenini çıkartmak için yoğun bir şekilde kullanılmıştır ([Altun ve Türker, 2021](#); [Tunca ve Köksal, 2021](#); [Narin ve ark., 2018](#); [Bostancı ve ark., 2021](#); [Apaydın ve Abdikan, 2021](#)).

Yozgat ilinde arpa ve buğday ekimine ekim ayı ortalarında başlanıp en geç kasım ayı ortalarında bitirilmektedir. Hasat işlemi ise temmuz ayının ilk haftası ve ortasında yapılmaktadır ([URL-2](#)). Kasım ayı arpa ve buğday dikim ayı olması nedeniyle çalışma zamanının başlangıcı aralık ayı olarak seçilmiştir. Arpa ve buğday kış dönemi ürünü olduğu için diğer yaz dönemi ürünlerinden kolay ayırt edilmesi amacıyla çalışmanın bitiş zamanı ise ekim ayının ortası olarak seçilmiştir. Bu nedenle 4 Aralık 2020 – 10 Ekim 2021 tarihleri arasında çalışma alanını içeren T36SXJ çerçevesindeki Level-2 Sentinel-2 uydu görüntüleri Copernicus Open Access Hub'tan indirilmiştir. Toplamda bulutluluk oranı %90'dan az olan 46 tane Sentinel-2 uydu görüntüsü indirilmiştir. Temin edilen uydu görüntülerinin tarihsel yayılımı [Şekil 2](#)'de gösterilmiştir.

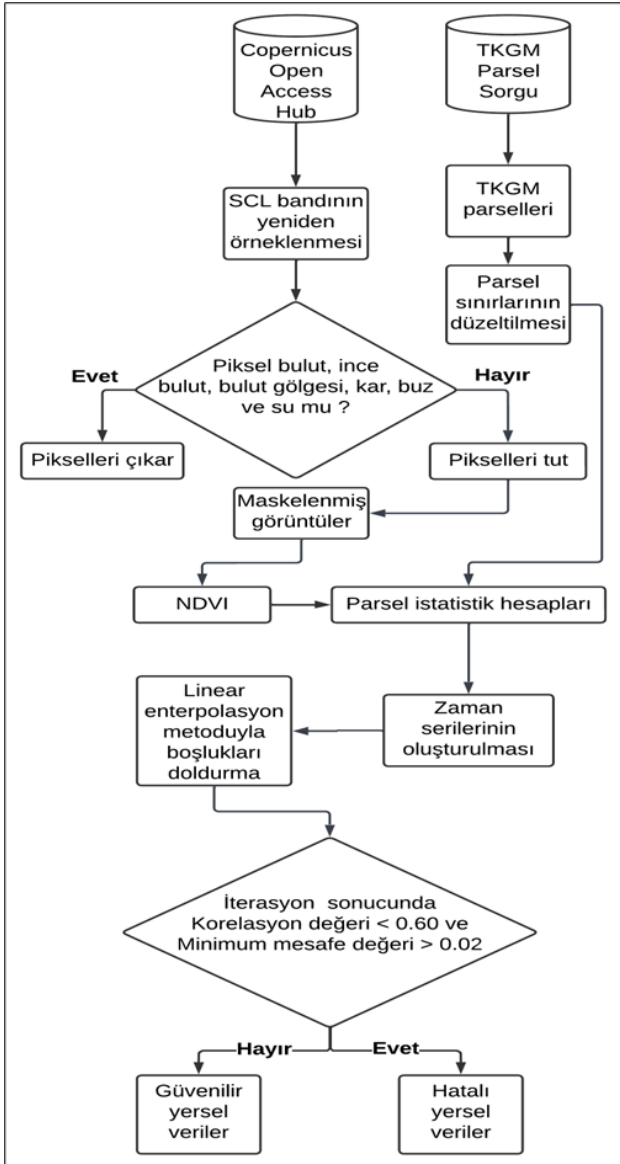
sınırları indirilmiştir. Toplamda 98 tane poligon formatında parsel sınırı indirilmiştir.

2.3. Yöntem

İlk aşamada %90'dan az bulutlu görüntüler Copernicus Open Access Hub'tan indirildikten sonra bir dizin altında toplanmaktadır. Bu dizin içerisindeki tüm görüntülerin 3., 4. ve sahne sınıflandırma katmanı (SCL) bantları her bir tarih için bulunduktan sonra, 3. ve 4. bantlar SCL bandından oluşturulan bulut maskesi ile maskelenmektedir. Daha sonra maskelenmiş bantlar ile NDVI hesabı yapılmaktadır ve sonuç bilgisayara yazdırılmaktadır. Dizindeki tüm NDVI hesapları bittikten sonra parsel sınır dosyası kullanılarak her bir parsel için NDVI zaman serileri oluşturulmaktadır. Daha sonra

maskeleye nedeniyle oluşan parsel zaman serilerindeki boşluklar lineer enterpolasyon yardımı ile doldurulmaktadır. En son aşamada, iterasyon yöntemi ile arpa ve buğday için ayrı ayrı güvenilir parseller belirlenmektedir. İterasyon, belirlenen kurallar dahilinde atılacak parseller kalmayınca kadar devam etmektedir. İterasyon sonlandığında güvenilir olmayan parsellerin numaralarını diğer istatistik bilgileri ile ekranda göstermektedir.

Çalışmanın iş akışı Şekil 3'te verilmiştir. Bu iş akışında verilerin indirilmesi ve parsel sınırlarının düzeltilmesi dışındaki tüm adımların Python programlama dilinde yazılan programlar ile otomasyonu sağlanmıştır. SCL bandının yeniden örneklenip, bulutlu alanların maskelenmesi ve NDVI hesabı gün başına 1 dakikadan toplamda 46 dakika (46 gün x 1 dakika) sürmektedir. Toplam 98 parsel için 46 günlük görüntüden zaman serilerinin oluşturulması, bu serilerdeki boşlukların doldurulması, arpa ve buğday için iterasyon ile hatalı etiketlenen parsellerin bulunması toplam 30 dakika sürmektedir. Verilerin indirilmesi ve parsel sınırlarının düzeltilmesi dışındaki tüm iş akışı yaklaşık olarak 1 saatin az üzerinde sürmektedir.



Şekil 3. Çalışmanın iş akışı

2.3.1. Uydu görüntülerinin ön işlenmesi

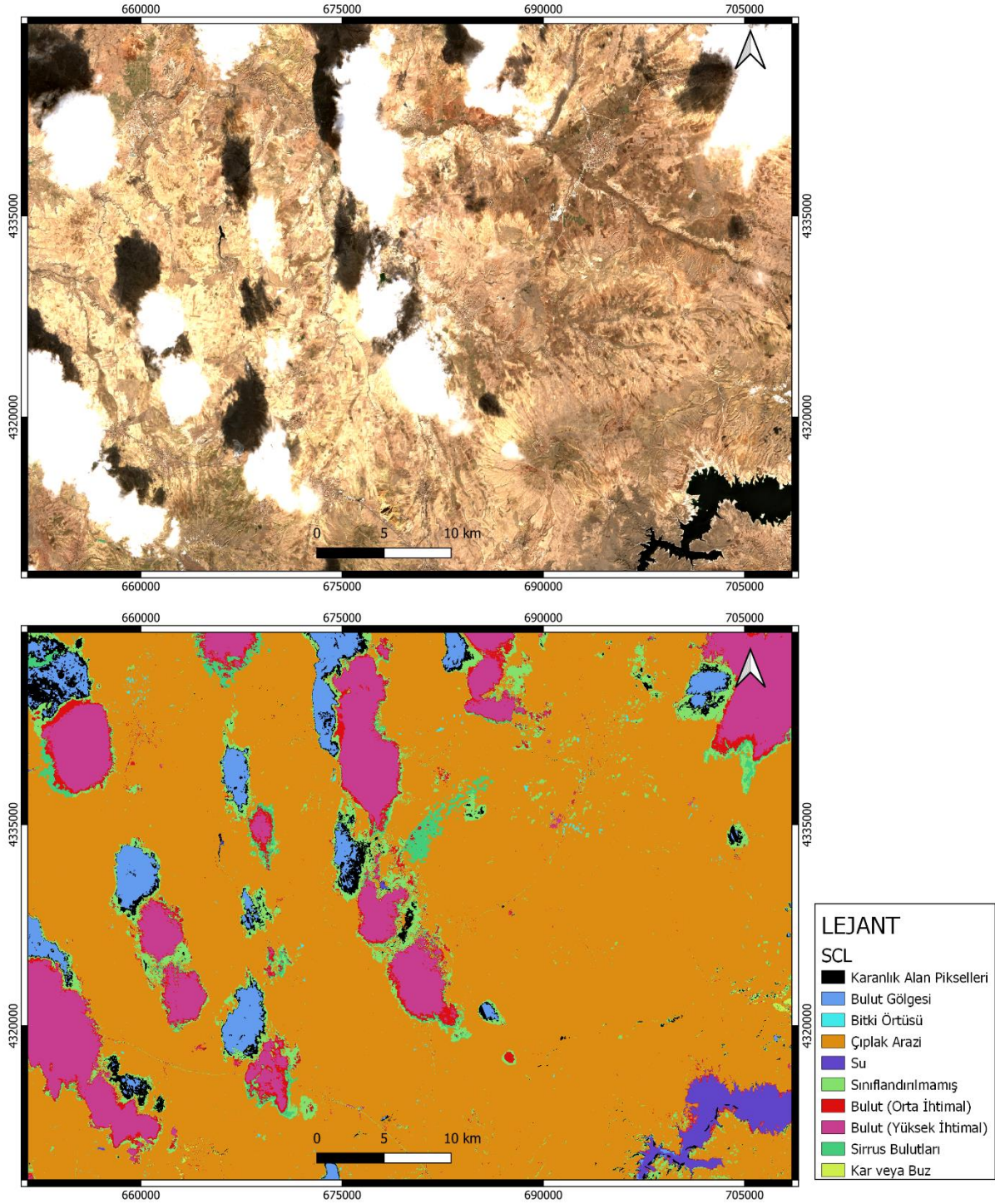
Bu aşamada Sentinel-2 bantlarının ön işlenmesi yapılmıştır. Bu ön işleme iki adımda gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, çalışmanın mekânsal çözünürlüğü 10m olduğu için 20m çözünürlüğündeki SCL bandı en yakın komşuluk algoritması (nearest neighbor) kullanılarak 10m çözünürlüğe örneklenmiştir. Bu işlem için Python dilinde Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) kütüphanesi kullanılmıştır (Even ve ark., 2022). Ayrıca, jp2 uzantılı SCL bandının okunması ve elde edilen sonucun tif uzantılı bir dosyaya yazdırılması için Rasterio (Gillies, 2013) kütüphanesi kullanılmıştır.

İkinci aşamada, 10m'lik SCL bandı kullanılarak 3. ve 4. bantların maskeleyesi yapılmıştır. SCL bandında her piksel, bulut, sirus bulutu, bulut gölgesi, kar, buz, su, karanlık alanlar, bitki örtüsü, çıplak arazi ve sınıflandırılmamış alanlar gibi sınıflar ile etiketlenmiştir (Şekil 4). Çalışma kapsamında sadece SCL bandındaki bitki örtüsü ve çıplak arazi olarak etiketlenen pikseller kullanılmıştır. Bitki örtüsü ve çıplak arazi olmayan tüm pikseller, 3. ve 4. bantlarda -9999 değeri verilmiştir. Daha sonra bu -9999 değeri, 3. ve 4. Bant için veri olmayan piksel (nodata value) olarak tanımlanmıştır ve sonuçlar tif uzantılı dosyalara yazdırılmıştır. Bu işlem adımında bantların okunması ve sonuçların bilgisayara yazılması için Rasterio kütüphanesi kullanılmıştır. Bitki örtüsü ve çıplak arazi olmayan piksellerin çıkarılması ise Numpy (Harris ve ark., 2020) kütüphanesi ile yapılmıştır. Ön işleme aşamasının sonunda, bulutlarından arındırılmış 3. ve 4. bantların tif uzantılı dosyaları oluşturulmuştur.

2.3.2. TKGM parsel sınırlarının düzeltilmesi

Yersel referans verileri özel firma tarafından nokta formatında verildiğinden dolayı, ilgili olduğu tarım parselinin sınırlarına ihtiyaç duyulmuştur. Yersel referans verilerinin konumu kullanılarak parsel sınırları TKGM Parsel Sorgu uygulaması elde edilmiştir. Ancak, bu parsel sınırlarını düzeltme yapmadan kullanmak iki nedenden dolayı uygun değildir. İlki, çiftçilerin her zaman tüm parselde yayılacak şekilde ekim yapmamaları (Şekil 5) veya tek bir parselde birden fazla çeşit tarım ürünü dikmeleridir (Şimşek ve Durduran, 2023). İkinci durum ise, verilerin mekânsal çözünürlüğü 10m olduğu için parsel sınırı ile çakışan pikseller, parseldeki ürün sinyalinin yanı sıra komşu parseldeki ürünün sinyali ve iki parsel sınırında dikili olan ağaç veya çalıkların da sinyalini içermektedir. Ayrıca, bitişik nizam olmayan parsellerde sınır pikselleri yaklaşık 2.5-3m genişliğinde olan yolların sinyalini de içermektedir. Bu nedenlerden dolayı parsel sınırlarının yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Şekil 5'te sınırları düzenlenmiş bir parsel örneği görülmektedir. TKGM parsel sınırları üst haritada 2021 yılına ait doğal renkli kompozit görüntü ile alt haritada ise 13 Mayıs 2021 tarihli NDVI haritası ile çakıştırılmıştır. Buna göre tüm parsel alanının sürülmediği ve sürülmeyen alanlarda herhangi bir ürün gelişim olmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4. 12 Şubat 2021 tarihli doğal renkli kompozit görüntü (üst harita) ve Sentinel-2 SCL bandı görüntüsü (alt harita)

2.3.3. Normalize edilmiş bitki indeksi

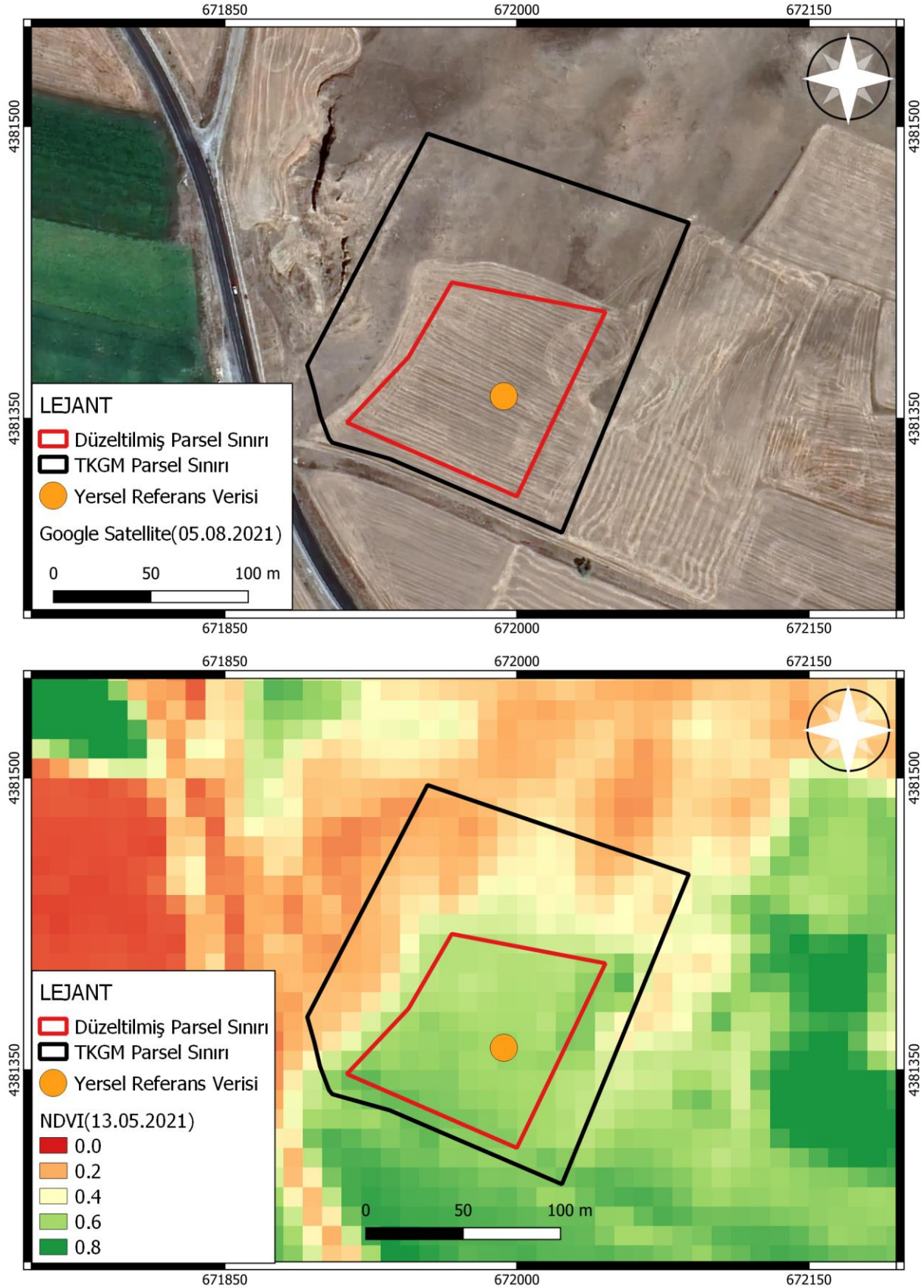
Ülkemizde daha önce arpa ve buğday üzerine yapılan çalışmalarda da yaygın olarak NDVI bitki indeksi kullanılmıştır (Gündoğdu, 2018; Gündoğdu ve Bantchina, 2018; Kaya ve Polat, 2021; Tuğaç, 2019). NDVI Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Bu formülde NIR ve RED sırasıyla kızılötesi ve kırmızı görünür bandı ifade etmektedir. NDVI değerleri -1 ile +1

arasında değişmektedir. Bitki örtüsü arttıkça indeks değerleri 1'e doğru yaklaşırken, bitki örtüsünün azaldıkça indeks değerleri düşmektedir.

Bu çalışmada 46 gün için Sentinel 2 uydusunun 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip kırmızı ve kızılötesi bantları ile NDVI hesabı yapılmıştır. Üretilen NDVI haritalarından, SCL bandında çıplak arazi ve bitki örtüsü olmayan tüm bölgeler çıkarılmıştır. Örnek olarak, 12 Şubat 2021 tarihli bulut, bulut gölgeli ve saydam bulutlu (cirrus) kısımların çıkarıldıktan sonraki durum Şekil 6'da gösterilmektedir. Görüntülerin okunması, NDVI hesabı ve sonuçların bilgisayara yazılmasında Numpy ve Rasterio kütüphaneleri kullanılmıştır.



Şekil 5. TKGM parcel sorgudan indirilen parcel sınırlarının ve düzeltilen parcel sınırlarının 2021 tarihli doğal renkli kompozit görüntü (üst harita) ve tarihli NDVI görüntüsü ile gösterimi (alt harita)

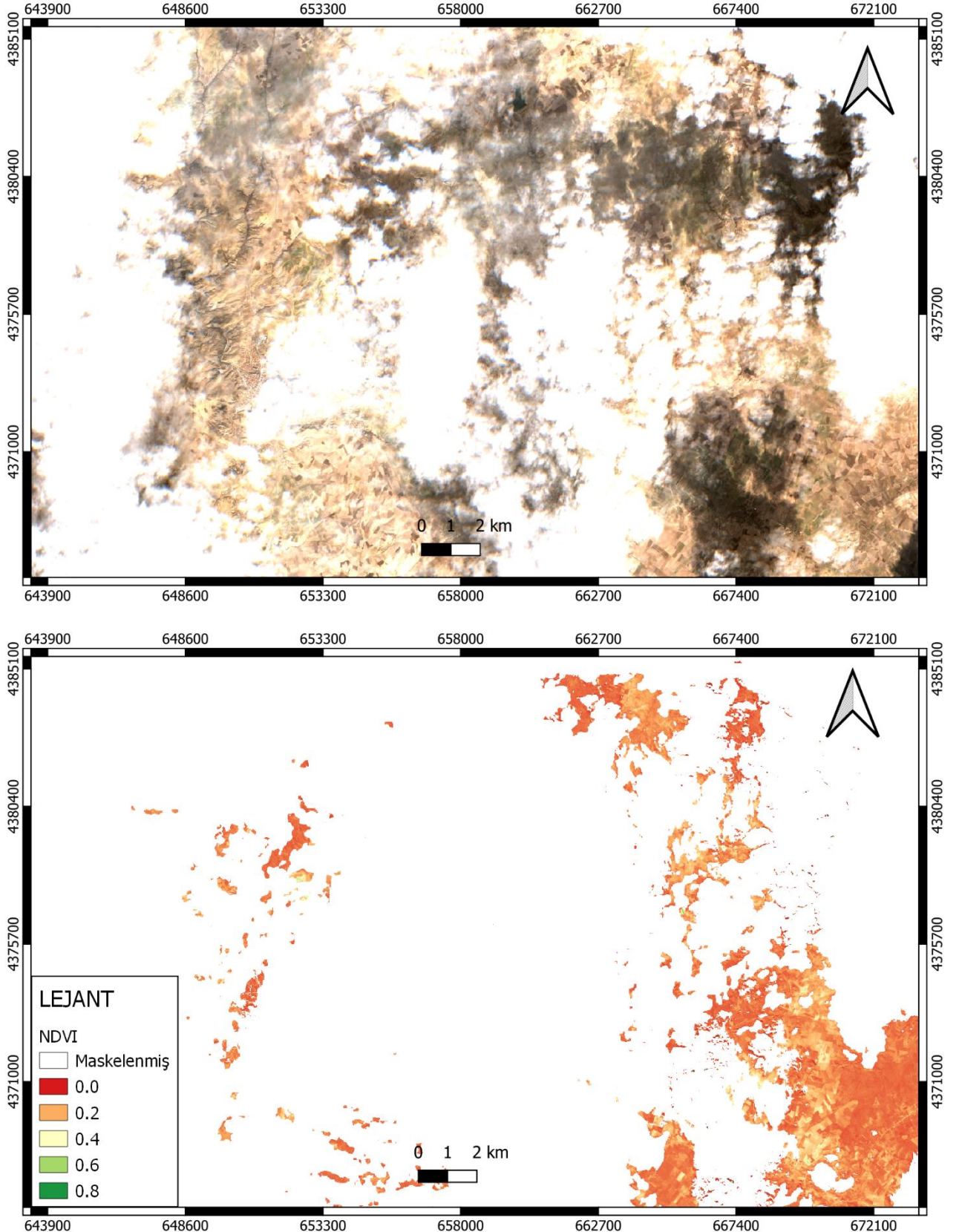
2.3.4. Zaman serilerinin oluşturulması ve değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında %90'dan az bulutlu toplam 46 tane görüntü bulunduğu için toplamda 46 tane NDVI

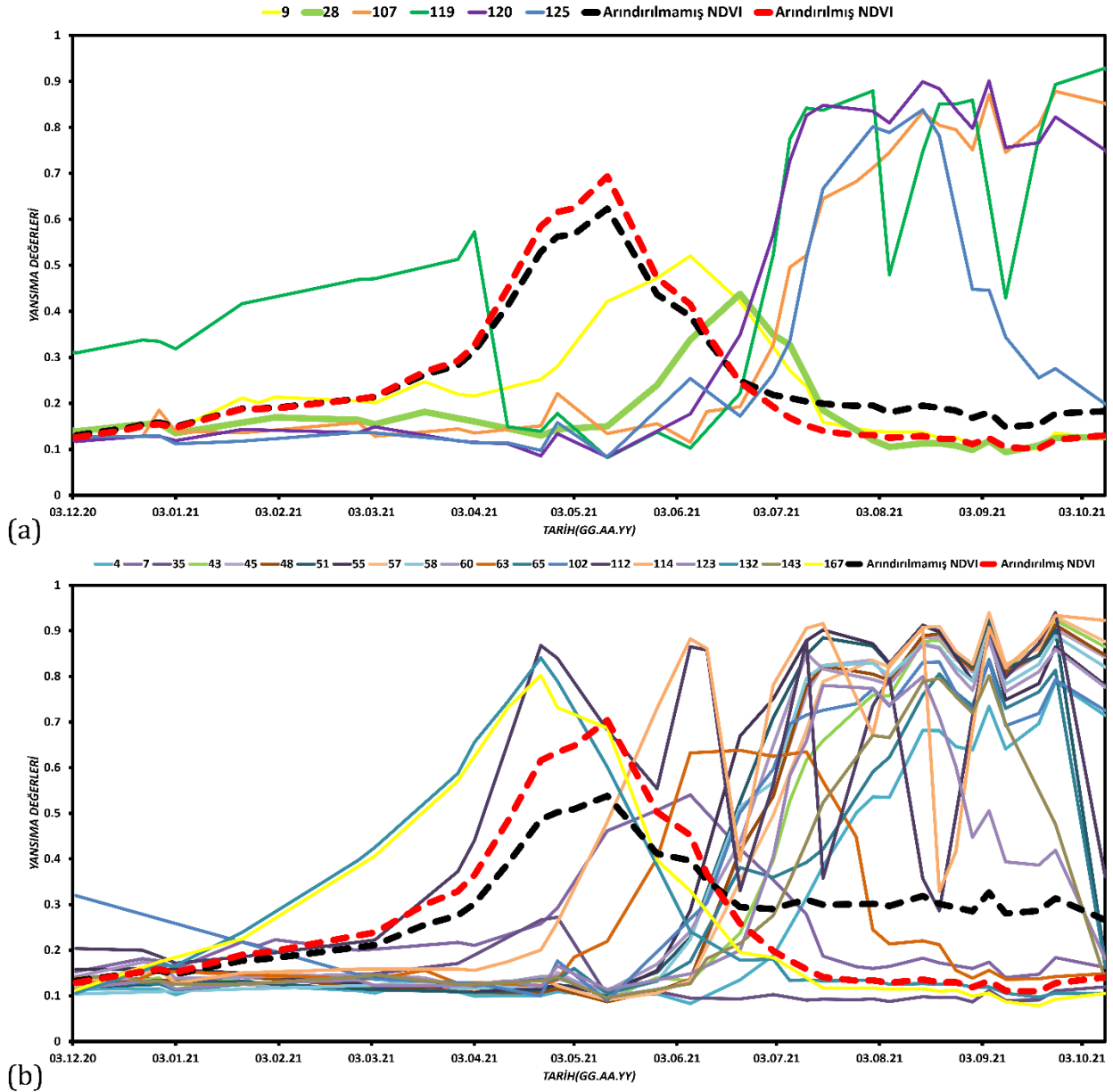
haritası üretilmişti. Parsel sınırları kullanılarak bu 46 NDVI haritasından her parselin parsel-ortalama NDVI değerleri çıkarılmıştır. 310 gün uzunluğundaki çalışma zamanı (4 Aralık 2020 ile 10 Ekim 2021) düşünüldüğünde toplamda 62 tane NDVI haritası olması

gereklidir. Ayrıca, verisi bulunan günlerdeki NDVI haritalarında maskeleme işleminden dolayı da boşluklar bulunmaktadır. Bundan dolayı zaman serilerinde oluşan boşluklar, her parselin 5 günde bir NDVI değeri olacak şekilde lineer enterpolasyon yöntemi ile doldurulmuştur. Doldurma işleminden sonra her parsel

için 62 tane NDVI değeri bulunan toplam 92 tane zaman serisi elde edilmiştir. Son olarak, buğday olarak etiketlenen 42 parselin zaman serilerinden ortalama arpa NDVI (Şekil 7a) ve 56 parselin zaman serilerinden de ortalama buğday NDVI (Şekil 7b) zaman serileri oluşturulmuştur.



Şekil 6. 12 Şubat 2021 tarihli doğal renkli kompozit görüntü (üst harita) ve SCL bandına göre maskelenmiş NDVI görüntüsü (alt harita)



Şekil 7. Referans veride arpa(a) ve buğday(b) dikili olarak belirtilen seçili parsellerinin NDVI zaman serileri

Parsellerin NDVI zaman serilerini ortalama ürün NDVI zaman serileri ile karşılaştırmak için Pearson korelasyon katsayısı (r) ve ortalama en yakın mesafe hesabı (d) olmak üzere iki farklı istatistik değeri kullanılmıştır. Çalışma alanında iklim koşullarına göre arpa ve buğday için ekim ve hasat zamanları birbirine yakın tarihler olduğu için ürünler fenolojik evrelere benzer zamanlarda ulaşacaktır. Bundan dolayı aynı ürün dikilen parseller arasında yüksek r değeri ortaya çıkacaktır. Ancak, çalışma alanında dikilen diğer kış ürünleri de ısınan hava ile arpa ve buğday NDVI zaman serileri benzer hareket göstereceği için r değeri tek başına yeterli gelmeyebilir. Farklı ürünler benzer fenolojik evrelere ulaştığında kanopi farklılığından dolayı farklı NDVI değerlere sahip olmaktadır. Bundan dolayı NDVI zaman serileri arasındaki mesafe, bu iki zaman serisini ayırt etmek için kullanılması gereklidir. Bu nedenden dolayı, d değeri de değerlendirmeye dahil edilmiştir. Özet olarak, benzer tarım ürünlerinin zaman serileri arasında aynı anda r değeri yüksek ve d değeri düşük olacağı beklenmektedir.

Buğday olarak etiketlenen parsellerin (56 tane) NDVI eğrilerinin ortalaması alınarak ortalama buğday NDVI eğrisi çıkarılmıştır. Daha sonra, her buğday parselinin NDVI zaman serisi teker teker bu ortalama buğday NDVI eğrisi ile r ve d değerleri kullanılarak karşılaştırılacaktır. Ancak, buğday olarak etiketlenen parsellerde hatalı parseller bulunduğu için ortalama buğday NDVI eğrisi tam anlamda buğday parsellerinden oluşmayacaktır ve zaman serileri arasındaki karşılaştırmadan hesaplanan r ve d değerleri üzerinde etkisi olacaktır. Bunun etkisini azaltmak için iterasyon ile sistematik olarak buğday ortalama NDVI eğrisi hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Burada, başlangıç koşullarında 56 tane parselden hesaplanan ortalama buğday NDVI eğrisi ile en kötü r değerine sahip parsel bulunmaktadır ve bu parsel değerlendirmeden çıkarılmaktadır. İkinci iterasyon öncesi, ortalama buğday NDVI eğrisi, geriye kalan 55 tane buğday parselden hesaplanmaktadır. İkinci iterasyon sonunda, yine en düşük r değerine sahip parsel değerlendirilmeden çıkarılmaktadır. Bir sonraki iterasyonda, ortalama buğday NDVI eğrisi 54 tane

buğday parselinde hesaplanarak üçüncü iterasyona geçmektedir. Buğday için bu iterasyon, r değeri belli bir eşik değerine ulaşınca kadar devam etmektedir. En son iterasyonda herhangi bir parsel atılmayınca iterasyon sonlanmaktadır. Buğday için, aynı şekilde d değeri içinde iterasyon yapılmaktadır ve her iterasyon sonunda en yüksek d değerine sahip parsel iterasyondan atılmaktadır. Sonuçta d ve r değerleri için yapılan iterasyonlarda atılmayan parseller güvenilir buğday parseli olarak değerlendirilmektedir. Aynı işlemler arpa için yapılarak güvenilir arpa parselleri bulunmaktadır.

Parsellerin NDVI haritalarından parsel-ortalamaların çıkarılmasında Rasterstats kütüphanesi kullanılmıştır (Perry, 2015). Daha sonra NDVI zaman serilerinin oluşturulması ve doldurulması Pandas kütüphanesi (The Pandas Development Team, 2023) ile yapılmıştır. İstatistiksel hesaplar ise Numpy kütüphanesi ile yapılmıştır.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular iki başlık altında anlatılmıştır. İlk aşamada, elde edilen parsel zaman serilerinin görsel analizi yapılmıştır ve arpa ve buğday olmayacak parseller belirlenmiştir. İkinci aşamada ise, çalışma kapsamında geliştirilen yöntemde elde edilen sonuçlar ortaya koyulmuştur ve yöntemin doğruluğu hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Zaman serilerinin görsel olarak analizi

Daha önce ÇKS'ye kayıtlı parseller, görüntü sınıflandırma yöntemleri ile tarım ürünü deseni çıkarma çalışmalarında yersel referans verisi olarak kullanılmıştır (Altun ve Türker, 2021; Şimşek, 2016; Şimşek ve Durduran, 2023). Bu çalışmalarda ÇKS parsellerindeki ürün beyanlarının doğruluğu, parsellerin NDVI zaman serilerinin çalışma alanında ilgili tarım ürününün karakteristik NDVI eğrisi ile uyuşup uyuşmadığı kontrol edilerek belirlenmiştir. Karakteristik NDVI eğrisiyle uyuşmayan parseller kullanılacak yersel referans veri setinden çıkarılmıştır.

Bu çalışmalara paralel olarak, çalışma alanında arpa ve buğdayın karakteristik NDVI eğrileri oluşturulmuştur. Arpa ve buğday ürünlerinin karakteristik eğrileri sırasıyla tüm arpa ve buğday parsellerinin ortalaması bulunarak oluşturulmuştur (Şekil 7). Ayrıca, çalışma alanında arpa ve buğday tarım ürünlerinin yaklaşık ekim (Kasım ayı içinde) ve hasat zamanları (Temmuz başı ile ortası) da bilinmektedir (URL-2). Bir parseldeki ürünün büyüme başlangıcı kabaca parselin NDVI değeri 0,2'yi aştığındaki ilk tarih ve hasat edildiği zaman ise parselin NDVI değeri 0,2'nin altına düştüğündeki ilk tarih olarak kabul edilmiştir.

Bu bilgiler ışığında, karakteristik NDVI eğrilere yakın olmayan arpa parsellerinin NDVI zaman serileri Şekil 7a'da ve buğday için Şekil 7b'de gösterilmiştir. Her parseli anlatımı kolay olması açısından ID'ler verilmiştir. Karakteristik NDVI eğrilere yakın olan parsellerin NDVI zaman serileri Şekil 7'de gösterilmemiştir. Şekil 7a'ya göre, 107, 119, 120 ve 125 no'lu parsellere arpa yerine yaz tarım ürünleri ekildiği görülmüştür. Bu parsellerde, mayıs ve haziran aylarında herhangi bir bitki gelişimi

olmamıştır. Parseller en yüksek NDVI değerlerine temmuz ve agustos aylarında erişmiştir.

28 nolu parselin ise arpa olmayan bir kış ürünü olduğu görülmüştür. Bu parselde NDVI en yüksek değere, çalışma alanı için arpa hasat zamanına çok yakın tarihte ulaşmıştır. Ayrıca, büyüme evresi arpa ürününe göre çok daha kısadır.

9 no'lu parselin NDVI zaman serisi ile ortalama arpa NDVI eğrisi arasında yaklaşık 2 hafta gecikmeli ilişki görülmektedir. Bu parselin yaklaşık hasat zamanı, zaman serilerinden temmuz ortası olarak belirlenmiştir ve çalışma alanında görülen arpa hasat zamanı (Temmuz başı ve ortası) ile uygundur (URL-2). Ayrıca, büyüme evresinin uzunluğu, çalışma alanı için arpa ürününün karakteristik büyüme evresinin uzunluğu ile de benzerdir. Bundan dolayı, 9 no'lu parsel geç ekim arpa olarak değerlendirilmiştir.

En son olarak, başlangıçta üretilen ve arpa olmayan parselleri de içeren ortalama arpa NDVI eğrisi (arındırılmamış NDVI) ile karşılaştırmak için 28, 107, 119, 120 ve 125 no'lu parselleri içermeyen ortalama arpa NDVI eğrisi (arındırılmış NDVI) hesaplanmıştır ve her iki eğri Şekil 7a'da gösterilmiştir. Arpa olmayan parsellerin çıkarılmasından sonra çalışma alanındaki ortalama arpa NDVI eğrisinin değiştiği görülmüştür. Bu eğriye göre, 2021 yılında çalışma alanında arpa'nın gelişimi mart ayı başında başlamıştır ve mayıs ortasında en yükseğe çıkmıştır. Ortalama hasat zamanı ise temmuz başı olarak görülmüştür.

Arpa ürününe benzer şekilde, buğday olmayan parseller görsel olarak belirlenmiştir. 4, 43, 45, 48, 51, 55, 57, 58, 60, 63, 65, 102, 123, ve 143 no'lu parsellerin zaman serileri incelendiğinde NDVI değerlerinin nisan ve mayıs ayları yerine temmuz ve ağustos aylarında en yüksek değere ulaştığı görüldüğü için bu parsellere buğday yerine yaz tarım ürünü ekildiği anlaşılmıştır (Şekil 7b).

35 no'lu parselde herhangi bir bitki büyümesi görülmediği için bu parselin nadasa bırakıldığı görülmektedir. Bu parselde en yüksek NDVI değeri 0.27 olarak kaydedilmiştir.

112 ve 114 no'lu parsellerin zaman serileri incelendiğinde NDVI değerlerinin belli bir yüksek değerden düşüp bir ay sonra tekrar aynı yüksek değere yükseldiği görülmektedir. Bu durum parsel zaman serilerinde dört kez yaşandığı için bu parsellerde büyüme sezonu içinde birçok kez hasat yapıldığı anlaşılmaktadır. Zaman serilerinin hareketlerinden bu parsellerde yonca, fiğ ve korunga gibi yem bitkisi ekili olduğu değerlendirilmiştir.

7 no'lu parsel zaman serileri incelendiğinde, çalışma alanındaki ortalama buğday hasat zamanından 2 hafta sonra temmuz ortası gibi hasat edildiği görülmektedir. Aynı zamanda, büyüme sezonunun uzunluğu ortalama buğday büyüme sezonu uzunluğu ile çok benzer olduğu için 7 no'lu buğday parseli olarak değerlendirilmiştir.

132 ve 167 no'lu parselleri en yüksek NDVI değerine nisan ayının 3. haftası gibi ulaşmıştır ve parsellerde hasat yaklaşık olarak haziranın 3. haftasında yapıldığı görülmektedir. Ortalama buğday parsellerine kıyasla, bu parsellerdeki buğday 2 hafta öncesinde en yüksek NDVI değerine ulaştığı ve 1 hafta erken hasat edildiği görülmektedir. Benzer büyüme evresi uzunluğu da

dikkate alındığında bu iki parselde ekilen tarım ürünü, erken ekim buğday olarak değerlendirilmiştir.

En son olarak, buğday olmayan parsellerin NDVI değerleri ortalamadan çıkartılarak çalışma alanı için ortalama buğday NDVI eğrisi (arındırılmış NDVI) hesaplanmıştır ve buğday olarak etiketlenen tüm parsellerin NDVI ortalama eğrisi (arındırılmamış NDVI) ile **Şekil 7b**'de birlikte gösterilmiştir. Buğday verisinde hatalı parsellerin çokluğu nedeniyle arındırılmamış NDVI ile arındırılmış NDVI arasında arpa parsellerine göre daha büyük fark görülmektedir. Çalışma alanında, arpa'ya benzer şekilde buğday gelişimi mart ayı başında başlamıştır ve mayıs ortasında en yükseğe çıkmıştır. Ortalama hasat zamanı ise temmuz başı olarak görülmüştür.

Özetle, zaman serileri görsel olarak incelendiğinde arpa olarak etiketlenen 42 parselin 5'inde arpa ve buğday olarak etiketlenen 56 parselin 17'sinde buğday ekilmediği görülmüştür. 28, 107, 119, 120 ve 125 no'lu parsellerde ve 4, 35, 43, 45, 48, 51, 55, 57, 58, 60, 63, 65, 102, 112, 114, 123, ve 143 no'lu parsellerde buğday ekilmediği belirlenmiştir. Arpa için yersel verilerin doğruluk oranı %88 olmasına karşın buğday için bu oran %70 olarak hesaplanmıştır.

3.2. Yöntemin değerlendirilmesi ve doğrulanması

Çalışma alanında her ürün için ortalama NDVI eğrileri oluşturulmuştu ve **Şekil 7**'de arındırılmamış NDVI eğrisi olarak isimlendirilmişti. Ancak bu ortalama eğri hatalı parselleri de içerdiği için hatalı parseller çıkarıldıktan sonra hesaplanan ortalama NDVI eğrileri arasında büyük farklar görülmüştü (**Şekil 7**). Bundan dolayı, çalışma kapsamında, yersel referans verilerin doğruluğunun değerlendirilmesi için iki farklı yöntem kullanılmıştır. İterasyonsuz olarak adlandırılan yöntemde her parselin NDVI eğrileri teker teker arındırılmamış NDVI olarak adlandırılan ortalama ürün eğrisi ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada ortaya çıkan r ve d değerleri sırasıyla arpa ve buğday için **Tablo 1** ve **Tablo 2**'de verilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen iterasyon eleme yönteminin sonuçları da sırasıyla arpa ve buğday için **Tablo 1** ve **Tablo 2**'de verilmiştir. Her iki yöntemden elde edilen r ve d değerlerinin sayısal gösterimi ise arpa için **Şekil 8**'de ve buğday için **Şekil 9**'da verilmiştir.

Parsellerin gerçekte arpa ve buğday dikili olduğunu belirlemek için çalışma alanındaki ortalama NDVI eğrileri ile r ve d değerleri hesaplanmıştır. Kullanılacak olan r ve d için eşik değerleri sırasıyla 0.6 ve 0.02 olarak belirlenmiş ve **Şekil 8** ve **Şekil 9**'daki gibi parsellerin r ve d değerleri ile birlikte gösterilmiştir. Bu eşik değerlerin belirlenmesinde görsel analiz ile hatalı olarak etiketlenen

arpa ve buğday parselleri kullanılmıştır. Her istatistik için bir eşik değeri belirlenmiş ve her iki ürün için bu değerler test edilmiştir.

Arpa parselleri için iterasyonsuz ile iterasyonlu yöntem sonuçları arasında herhangi bir fark görülmemiştir (**Tablo 1**). Görsel analizde hatalı olarak belirlenen 28, 107, 119, 120 ve 125 no'lu parsellerin r değerleri eşik değerinin (0.6) çok altında ve d değerleri ise eşik değerinin (0.02) çok üstünde değerler aldığı için kolayca ayırt edilmektedirler. Diğer parsellerin r ve d değerleri sırasıyla 0.9'un üstünde ve 0.015'in altındadır. Diğer arpa parsellerine göre geç hasat edilen 9 no'lu arpa parselinin r ve d değerleri sırasıyla 0.7 ve 0.012 olarak hesaplanmıştır.

Buğday parselleri için iki yöntem ile farklı sonuçlar elde edilmiştir (**Tablo 1**). Görsel analizde buğday ekili olarak belirlenen 105, 106, 108, 140, 141, 132, 163, 167 no'lu parseller, iterasyonsuz yöntem ile değerlendirme sonucu buğday ekili değil diye sınıflandırılmıştır (**Tablo 2**). Bunlardan, 105, 106, 108, 140 ve 163 no'lu parsellerin d değerleri eşik değeri aşması nedeniyle buğday ekili değil diye değerlendirilmiştir. 132, 141 ve 167 no'lu parseller ise hem d değerlerinin eşik değerden büyük hem de r değerlerinin eşik değerden küçük olması nedeniyle iterasyonsuz yöntemde buğday ekili değil diye değerlendirilmiştir. Ancak bu parseller görsel analizde erken ekim buğday olarak bulunmuştu. Ayrıca, görsel analizde yem bitkisi diye etiketlenen 112 no'lu parsel, iterasyonsuz yöntemde r değeri eşik değerinin üstünde ve d değeri 0.02'den yüksek çıkmıştır. Sadece r değeri kullanılarak yöntemde karar verilseydi bu parsel buğday ekili olarak değerlendirilecekti. Ancak, son aşamada her iki istatistik değeri karar vermede kullanıldığı için bu parsel buğday ekili değil diye bulunmuştur.

Buğday parsellerinde iterasyonsuz yöntemde karşılaşılan tüm hatalar iterasyonlu karşılaştırma yönteminde giderilmiştir (**Şekil 9**). Görsel analizde buğday olmayan parsellerin başarılı bir şekilde buğday olmadığı belirlenmiştir. Erken ekilen ve gelişim gösteren buğday parselleri iterasyonsuz yöntemde olduğu gibi buğday değil diye yanlışlıkla atılmamıştır. Ayrıca, iterasyonlu yöntemde buğday parsellerinin r değerleri iterasyonsuz yöntemdeki r değerlere göre daha yüksektir ve eşik değerinin çok üstündedir. Aynı şekilde, d değerleri iterasyonsuz yöntemde göre daha düşük ve eşik değerinin çok altındadır. Buğday olmayan parsellerde ise bu durumun tersi görülmüştür. İterasyonlu yöntemde buğday olmayan parsellerin r değerleri düşmüş ve d değerleri yükselmiştir (**Şekil 9**). Özetle, iterasyonlu yöntemde her parselin r ve d değerleri eşik değerlerden uzaklaştığı için karar vermek daha kolaylaşmıştır.

Tablo 1. Arpa dikili parsellerin iki farklı metot kullanılarak doğruluğunun belirlenmesi

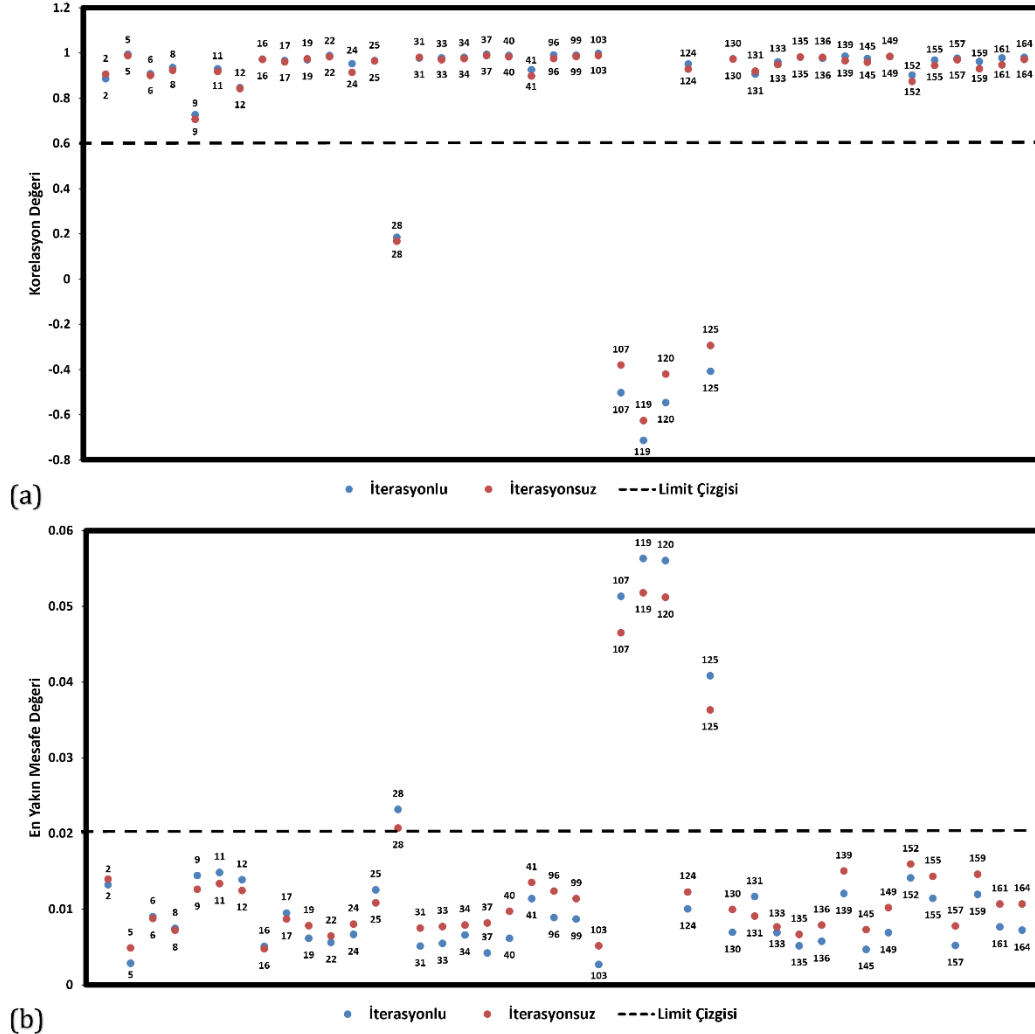
Parsel ID	Korelasyon		En Yakın Mesafe	
	İterasyonsuz	İterasyonlu	İterasyonsuz	İterasyonlu
9				
28	x	x	x	x
107	x	x	x	x
119	x	x	x	x
120	x	x	x	x
125	x	x	x	x

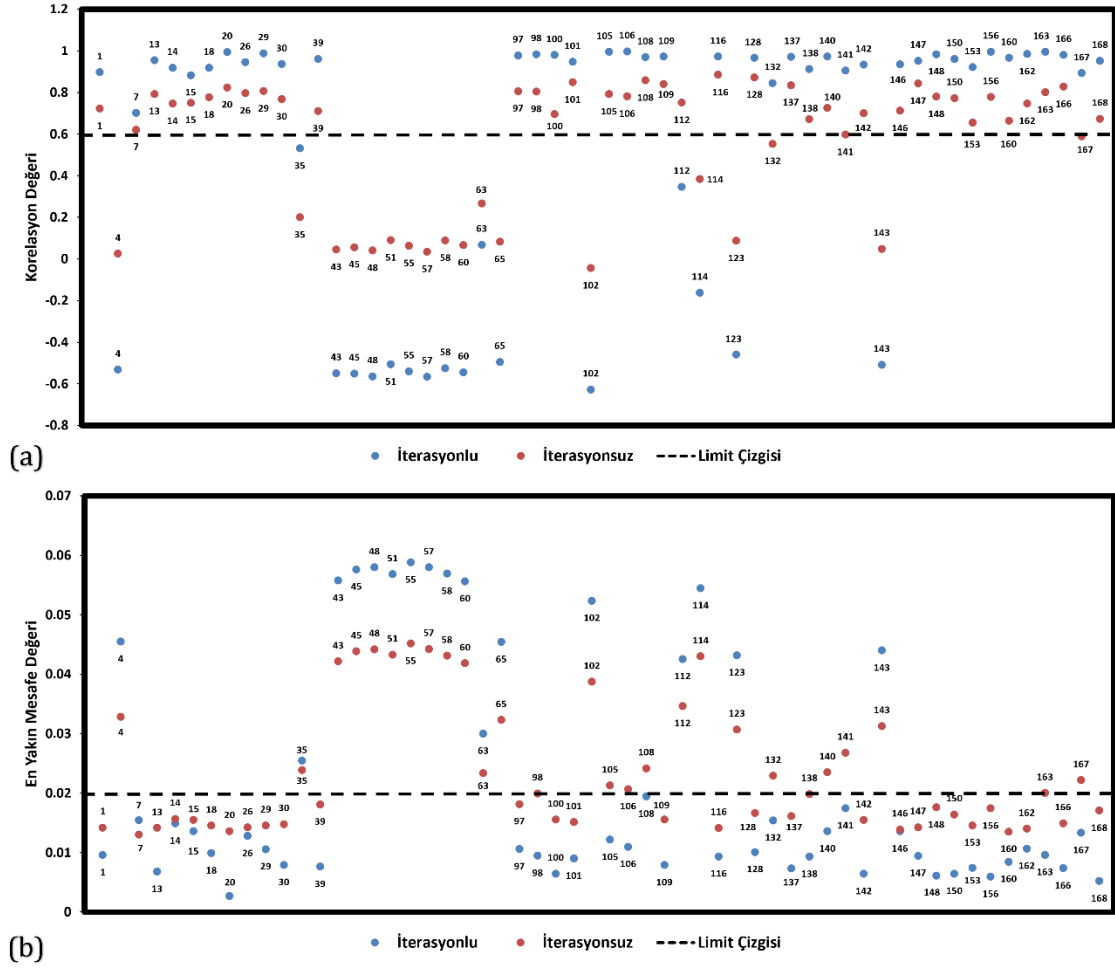
Referans veriden çıkarılan parseller x ile gösterilmiştir.

Tablo 2. Buğday dikili parsellerin iki farklı metot kullanılarak doğruluğunun belirlenmesi

Parsel ID	Korelasyon		En Yakın Mesafe	
	İterasyonsuz	İterasyonlu	İterasyonsuz	İterasyonlu
4	X	X	X	X
7				
35	X	X	X	X
43	X	X	X	X
45	X	X	X	X
48	X	X	X	X
51	X	X	X	X
55	X	X	X	X
57	X	X	X	X
58	X	X	X	X
60	X	X	X	X
63	X	X	X	X
65	X	X	X	X
102	X	X	X	X
105			X	
106			X	
108			X	
112		X	X	X
114	X	X	X	X
123	X	X	X	X
132	X		X	
140			X	
141	X		X	
143	X	X	X	X
163			X	
167	X		X	

Referans veriden çıkarılan parseller x ile gösterilmiştir

**Şekil 8.** Arpa olarak etiketlenen parsellerin metot türüne göre korelasyon (a) ve en yakın mesafe (b) değişimleri



Şekil 9. Buğday olarak etiketlenen parsellerin metot türüne göre korelasyon (a) ve en yakın mesafe (b) değişimleri

4. Tartışma

Ülkemizde uydu verileri ile yapılan daha önceki çalışmalarında arpa ve buğday parselleri birbirinden ayrılmayarak ya arpa-buğday (Torunlar ve ark., 2021) ya da hububat olarak sınıflandırılmıştır (Şimşek ve Durduran, 2023). Şekil 10a 'ya göre arpa ve buğday parsellerinden hatalı etiketlenen parseller ayrılmadan önce arpa ve buğdayın büyüme evrelerinin ortası (Nisan-Mayıs) kullanılarak ayrılabilmesi gibi bir izlenim yaratmaktadır. Ancak, hatalı etiketlenen parsellerin ayrılması ile (Şekil 10b) arpa ve buğdayın NDVI eğrileri arasında çok küçük bir ayrışım görünmektedir ve bu iki ürünün birbirinden ayırt edilmesinin çok zor olduğu görülmektedir. Bu duruma paralel olarak, bitki indeksi zaman serileri kullanılarak buğday, kolza tohumu ve sarımsak ekili parselleri birbirinden ayrılmayarak kış ürünleri olarak haritalandırılmıştır (Tian ve ark., 2019). Aynı şekilde, arpa, çavdar, buğday ve tritikale ürünleri kış bitkileri altında toplanarak sadece kolza tohumundan ayrılması üzerine çalışmalar yapılmıştır (Huang ve ark., 2022). Benzer olarak, buğday ve arpa ekili parseller tek bir sınıf altında tahıl olarak haritalandırılmıştır (Belgiu ve Csillik, 2018). Buna karşın, başka bir çalışmada arpanın buğdaya göre yaklaşık 2 hafta erken büyüme evresine geçtiği ve hasat edildiği gözlemlendiği için arpa ve buğday olarak ayrı sınıflandırılmıştır (Foerster ve ark., 2012). Ancak, bu çalışmada kullanılan arpa ve buğday zaman serileri çalışılan bölgenin ortalama eğrileri olduğu

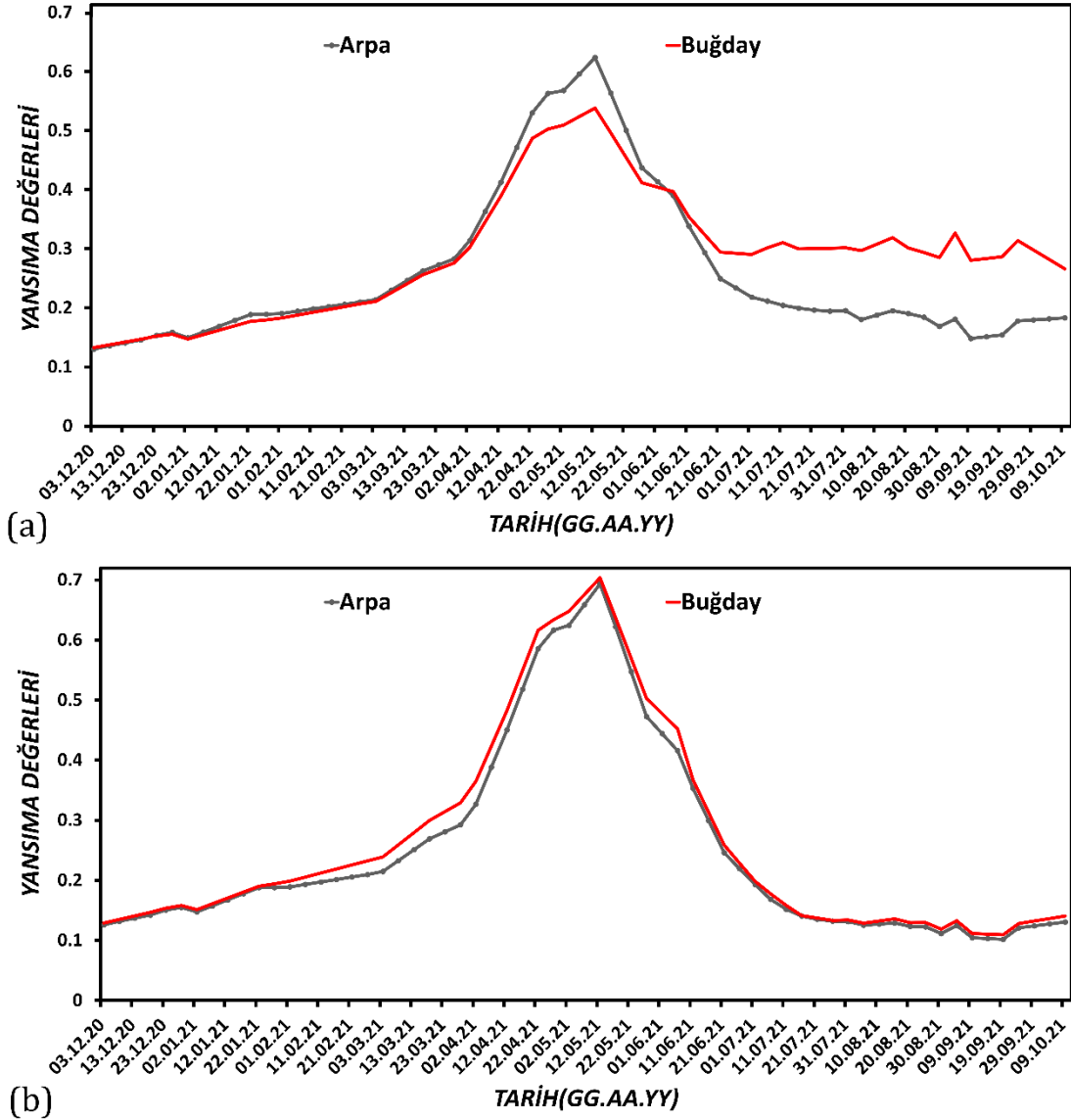
düşünmemekteyiz. Bunun nedeni ise kendi çalışma alanımızda bazı arpa (9 no'lu parsel) ve buğday parsellerin (132 ve 167 no'lu parseller) NDVI eğrileri arasında iki haftalık bir büyüme farkı gözlemlenmiştir ancak bu durum sadece tek tük parseller için geçerlidir. Tüm arpa ve buğday parsellerin (Şekil 10b) ortalama NDVI eğrisi hesaplandığında bu fark ortadan kalkmıştır. Ondan dolayı, ilgili arpa ve buğday sınıflandırma çalışmasında %65 gibi çok düşük bir doğruluk elde edilmiştir (Foerster ve ark., 2012).

Yem bitkisi olarak değerlendirilen 112 no'lu parselin ilk hasat öncesindeki büyüme evresi ile buğday büyüme evresi yaklaşık olarak çakıştığı için (Şekil 11) bu parselin NDVI eğrisi ile çalışma alanındaki ortalama buğday NDVI eğrisi (arındırılmamış NDVI) arasında eşik değerinde 0.75 r değeri vermiştir. Ancak, iki zaman serisi, yüksek korelasyon değerine karşın eşik değerinde d değeri vermiştir. Burada önemli olan, karar verme aşamasında kriter olarak iki istatistiğin birlikte kullanılması gerekliliğidir.

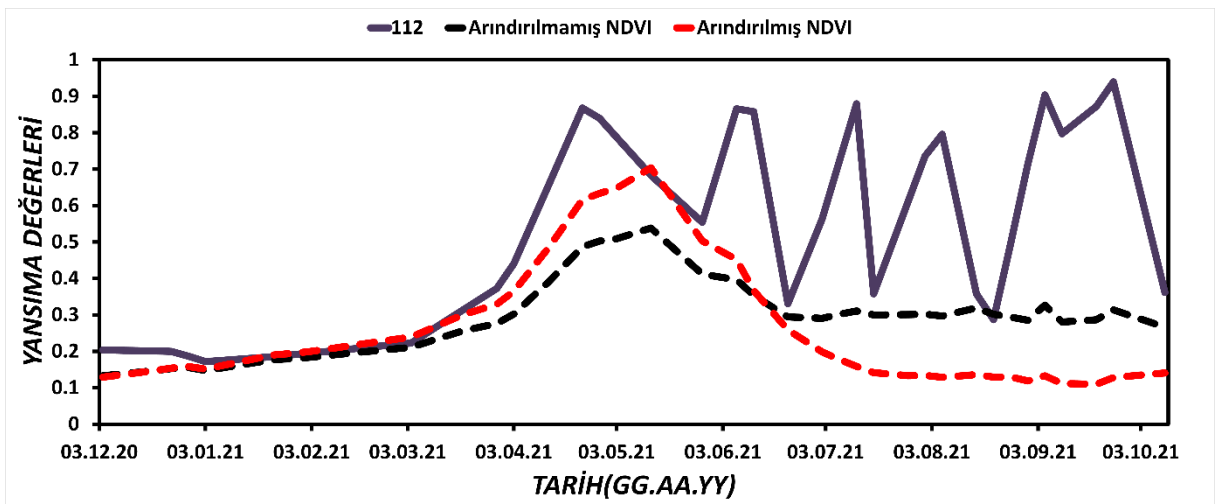
Çalışmanın zaman aralığı hem yaz ürünlerinin hem de kış ürünlerinin büyüme evresini kapsayacak şekilde 4 Aralık 2020 ile 10 Ekim 2021 tarihleri arası olarak seçilmiştir. Bunun için çalışma zaman aralığını arpa ve buğday ekim ve hasat zamanı arasındaki tarihlerle (4 Aralık 2020 ile 17 Temmuz 2021) sınırlandırdığında elde edilen sonuçlarda bir farklılık olup olmadığını araştırılmıştır. Diğer bir deyişle kullanılan uydu görüntülerinin sayısı azaltılmasının sonuçlara etkisi

incelenmiştir. Bu durumda arpa ve buğday parsellerinin ayırt edilmesi her iki yöntemde de zorlaşmıştır. Örneğin, 112 no'lu parselin arındırılmamış NDVI ve arındırılmış NDVI ile olan r değeri sırasıyla 0.88 ve 0.75'e çıkmıştır ve

her iki yöntemde buğday olarak değerlendirilmiştir. Ondandır dolayı, çalışma zamanı kış ve yaz tarım ürünlerinin büyüme sezonlarını kapsayacak uzunlukta olması gerektiği değerlendirilmiştir.



Şekil 10. Çalışma alanındaki tüm arpa ve buğday parselleri kullanılarak elde edilen ortalama arpa ve buğday NDVI eğrileri (a) ve hatalı parseller çıkartıldıktan sonra oluşturulan ortalama NDVI eğrileri (b)



5. Sonuçlar

Bu çalışmada saha çalışmaları ile toplanmış olan arpa ve buğday parsellerine ait yersel referans verilerin ön işleme ve kontrolü Sentinel-2 görüntüleri ile sağlanmıştır. Uydu görüntüsü indirme ve parsel sınırlarının düzeltilmesi aşamaları hariç tüm adımların otomasyonu Python dilinde yazılan kodlar ile sağlanmış olup başlangıç olarak kullanıcının veri seti içerisinde herhangi bir parseli elle seçim veya kodun çalışma esnasında akışa herhangi bir müdahalesi gerekmemektedir.

Bu çalışma kapsamında zaman serisi yöntemleri kullanılmıştır. Zaman serilerindeki zamansal çözünürlüğü arttırmak adına, bulutlu ve bulutsuz olan tüm Sentinel-2 görüntüleri kullanılmıştır. Daha sonra, görüntüdeki bulutlu ve bulut gölgeli kısımların analizden çıkarılması ile oluşan boşluklar lineer interpolasyon yardımı ile doldurulmuştur. Böylelikle parsel başına her 5 günde bir NDVI değeri elde edilmiştir. En son olarak, zaman serileri arasında iteratif olarak korelasyon ve en kısa mesafe kullanılarak yersel referans verilerindeki hatalı olarak etiketlenen parseller bulunup veri setinden çıkarılmıştır. Ayrıca, geliştirilen metodoloji ile arpa ve buğday olarak beyan edilip ama herhangi bir ürün dikilmeyen parseller de yerel referans veri setinden çıkarılmıştır.

Çalışma kapsamında, parsel sınırları ile dikkat edilmesi gereken bazı durumlar gözlemlenmiştir. Bunlardan en önemlisi TKGM parsel sorgudan indirilen parsel sınırlarının herhangi bir düzeltme yapılmadan uydu görüntülerinden bitki indeksi zaman serileri çıkarılması için kullanımının uygun olmadığı görülmüştür. Bunun nedenlerinden ilki, çiftçilerin her zaman tüm parseli yayılacak şekilde ekim yapmamaları veya tek bir parseli birden fazla çeşit tarım ürünü ekmeleridir (Şimşek ve Durduran, 2023). İkincisi ise parsel sınırları ile çakışan Sentinel-2 uydu görüntüsünde piksellerin tarım ürünü sinyalinin dışında farklı arazi örtüsü (yol gibi) sinyalinin içermesidir.

Bu çalışmanın ana amacı, saha çalışmaları ile toplanan yersel referans verilerinin ön kontrolünün belli kurallar dahilinde otomatik olarak gerçekleştirilmesidir. Ancak, arpa ve buğday desteklerinden yararlanan çiftçilerin herhangi bir sınıflandırma algoritması kullanmadan ÇKS'ye beyanlarının kontrolü için de kullanılabilir olduğunu düşünmekteyiz. Bu doğrultuda, ileriki çalışmalarda tarım ürünleri için yeni yersel referans verileri elde ettiğimizde, geliştirilen metodolojinin farklı veri setleri ile test edilmesi planlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında saha çalışmaları ile toplanan parselin noktasal konumu kullanılarak TKGM parsel sorgudan parsellerin sınırları bulunmuştur. Daha sonra, Sentinel-2 NDVI görüntüsü kullanılarak ekim alanına göre parsellerin sınırlarının elle düzeltilmesi yapılmıştır. Sadece bundan sonraki aşamaların otomasyonu sağlanmıştır. İleri çalışma olarak, parsel sınırlarının mevcut verileri kullanılarak otomatik olarak düzeltilmesi üzerine çalışmalar yapılması planlanmaktadır. Ayrıca, metodoloji kısmına ek kriter olarak fenolojik parametrelerin eklenmesi ileri çalışma olarak planlanmıştır. Copernicus Open Access Hub sitesindeki depolama kısıtlaması nedeniyle yoğun bulutlu Level-2

görüntüler sipariş edildikten sonra indirildiği için bu aşamanın otomasyonu ileri çalışma olarak düşünülmektedir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Projede kullanılan yersel referans verileri, Gebze Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü öğrencisi Yüsrhan Tanrıverdi'nin "Arpa ve Buğday Parsellerinin Uzaktan Algılama Veri ve Metodlarıyla Haritalanması" adlı TÜBİTAK 2209A projesi kapsamında (Proje danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ali Levent Yağcı) temin edilmiştir.

Araştırmacıların katkı oranı

Oğuzhan Yaşar: Literatür taraması, bilgisayar kod yazımı, analiz, makale yazımı, **Ali Levent Yağcı:** Kurgu, literatür taraması, bilgisayar kod kontrolü, sonuçların yorumlanması, makale yazımı

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Altun, M., & Türker, M. (2021). Çoklu zamanlı Sentinel-2 görüntülerinden tarımsal ürün tespiti: Mardin-Kızıltepe örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(4), 881-899. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.890436>
- Apaydın, C., & Abdikan, S. (2021). Fındık bahçelerinin Sentinel-2 verileri kullanılarak piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleriyle belirlenmesi. *Geomatik*, 6(2), 107-114. <https://doi.org/10.29128/geomatik.705988>
- Aydoğdu, M., Akçar, H. T. ve Çullu, M. A. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri CBS ve Uzaktan Algılama UA Kullanılarak Çiftçi Kayıt Sistemi ÇKS Verilerinin Analizi ile Pamuk ve Mısır Primlerinin Ödenmesi Şanlıurfa-Harran İlçesi Örneği. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (104.1), 47-52.
- Belgiu, M. & Csillik, O. (2018). Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. *Remote Sensing of Environment*, 204, 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.005>
- Bostancı, E., Kabaş, Ö. & Aksoy, E. (2021). Uzaktan Algılama ve CBS Teknikleri Kullanılarak Mısır Bitkisinin Bitki İndeks Değerleri ile Hasat Arasındaki İlişkinin Antalya/Aksu Örneğinde Ele Alınması. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(3), 576-592. <https://doi.org/10.52520/masjaps.112>
- Even, R., Frank, W., Kurt, S., Andrey, K., Howard, B., Mateusz, Ł., ... Nyall, D. (2022). GDAL. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5884351>
- Foerster, S., Kaden, K., Foerster, M., & Itzerott, S. (2012). Crop type mapping using spectral-temporal profiles and phenological information. *Computers and Electronics in Agriculture*, 89, 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.07.015>

- Gillies, S. (2013). Rasterio: Geospatial raster I/O for Python programmers. Python, Mapbox. <https://github.com/rasterio/rasterio>
- Gündoğdu, K. S. (2018). Buğday Ekili Parsellerde NDVI Değerlerinin Konumsal ve Zamana Bağlı Değişiminin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4), 492-499. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.364749>
- Gündoğdu, K. S., & Bantchina, B. B. (2018). Landsat uydu görüntülerinden NDVI değer dağılımının parsel bazlı değerlendirilmesi, Uludağ üniversitesi ziraat fakültesi çiftlik arazisi örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 45-53.
- Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., ... Oliphant, T. E. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585(7825), 357-362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- Huang, X., Fu, Y., Wang, J., Dong, J., Zheng, Y., Pan, B., ... Yuan, W. (2022). High-Resolution Mapping of Winter Cereals in Europe by Time Series Landsat and Sentinel Images for 2016–2020. *Remote Sensing*, 14(9), 2120. <https://doi.org/10.3390/rs14092120>
- Kaya, Y. & Polat, N. (2021). Bitki İndeksleri Kullanarak Buğday Bitkisinin Rekolte Tahmini. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(1), 99-110. <https://doi.org/10.24012/dumf.860325>
- Narin, Ö. G., Delen, A. & Abdikan, S. (2018). Sentinel-2A Verisi Kullanarak Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi. VII. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu Uzal-CBS. Eskişehir Teknik Üniversitesi. <http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7286>
- Narin, Ö. G., Noyan, Ö. F. & Abdikan, S. A. (2021). Monitoring Vegetative Stages of Sunflower and Wheat Crops with Sentinel-2 Images According to BBCH-Scale. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 38(1), 46-52. <https://doi.org/10.13002/jafag4681>
- Ok, A. Ö. & Akyürek, Z. (2013). Çok tarihli optik ve mikrodalga görüntüleri kullanılarak tarım alanlarında yetiştirilen ürünlerin bölüt tabanlı sınıflandırılması üzerine bir yaklaşım. *Havacılık ve Uzak Uzay Teknolojileri Dergisi*, 6(1), 31-43.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. ve McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Perry, M. T. (2015). Rasterstats. Python. <https://pythonhosted.org/rasterstats/>
- Sawadogo, A., Tim, H., Gündoğdu, K. S., Demir, A. O., Ünlü, M. & Zwart, S. J. (2020). Comparative Analysis of The PySEBAL Model and Lysimeter For Estimating Actual Evapotranspiration Of Soybean Crop In Adana, Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 5(2), 60-65. <https://doi.org/10.26833/ijeg.573503>
- Şimşek, F. F., Teke, M., & Altuntaş, C. (2016). Uzaktan algılama tekniği ile tarım arazilerinde çiftçi ürün beyanlarının kontrolü, Harran Ovası örneği. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-Cbs 2016)*.
- Şimşek, F. F. (2016). Uzaktan algılama tekniği ile tarım arazilerinde çiftçi ürün beyanlarının kontrolü: Harran Ovası örneği. YL Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Şimşek, F. F. & Durduran, S. S. (2023). Açık kaynak kodlu Eo-learn kütüphanesi ve çok zamanlı Sentinel-2 görüntüleri ile tarımsal ürün sınıflandırması. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 10(1), 45-62. <https://doi.org/10.9733/JGG.2023R0004.T>
- Teke, M., & Yardımcı, Y. (2015, July). Classification of crops using multitemporal hyperion images. In *2015 Fourth International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-geoinformatics)* (pp. 282-287). IEEE. <https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2015.7248091>
- Teke, M., & Yardımcı, Y. (2016). Göktürk-2 Zaman Serisi Görüntüleri ile Ürün Sınıflandırma. In *24th Signal Processing and Communication Application Conference* (Vol. 16, p. 19). <https://doi.org/10.1109/SIU.2016.7496049>
- The Pandas Development Team. (2023). pandas-dev/pandas: Pandas. Python, Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3509134>
- Tian, H., Huang, N., Niu, Z., Qin, Y., Pei, J. & Wang, J. (2019). Mapping Winter Crops in China with Multi-Source Satellite Imagery and Phenology-Based Algorithm. *Remote Sensing*, 11(7), 820. <https://doi.org/10.3390/rs11070820>
- Torunlar, H., Tuğaç, M. G. & Duyan, K. (2021). Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yönteminde Sentinel-2A Uydu Görüntüleri Kullanılarak Tarımsal Ürün Desenlerinin Belirlenmesi; Konya—Karapınar Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 3(2), 36-46. <https://doi.org/10.51489/tuzal.932912>
- Tuğaç, M. G. (2019). Buğday Verimi ve Biyokütlesi ile Uzaktan Algılama Vejetasyon İndisleri Arasındaki İlişkilerin Tarımsal İklim Bölgeleri Bazında Değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi*, 177-186. <https://doi.org/10.21657/topraksu.655617>
- Tunca, E. & Köksal, E. (2021). Sentinel 2 Uydu Görüntülerinden Bitki Türlerinin Makine Öğrenmesi ile Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 189-200. <https://doi.org/10.33202/comuagri.842202>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2021a). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2021b). Merkezi Dağıtım Sistemi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>
- URL-1. (2022, 6 Ekim). https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/ES_A_and_the_EU
- URL-2. (2021, 19 Ekim). <https://yozgat.tarimorman.gov.tr/Menu/18/Tarim-Takvimi>
- Üstüner, M., Abdikan, S., Bilgin, G. & Şanlı, F. B. (2020). Hafif Gradyan Artırma Makineleri ile Tarımsal Ürünlerin Sınıflandırılması. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 1(2), 97-105.
- Yağcı, A. L. (2023). Bolu Yeniçağa'da evapotranspirasyonun Landsat uydu görüntüleri ve trapezoid model ile izlenmesi. *Geomatik*, 8(1), 18-26. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1076442>

Yağmur, N., Tanik, A., Tuzcu, A., Musaoğlu, N., Erten, E. & Bilgilioglu, B. (2020). Opportunities provided by remote sensing data for watershed management:

Example of Konya Closed Basin. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 5(3), 120-129. <https://doi.org/10.26833/ijeg.638669>



© Author(s) 2023. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>