

Orman Zararlılarının Verdiği Zararın Google Earth Engine Kullanılarak İzlenmesi

Monitoring the Damage in the Forest Caused by Forest Pests via Google Earth Engine

Şule Yaman^{1*}, Esra Tunç Görmüş¹

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon/Türkiye.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

Şule Yaman
suleyaman98@hotmail.com

doi: 10.48123/rsgis.1116907

Yayın süreci

Geliş tarihi: 15.05.2022
Kabul tarihi: 11.08.2022
Basım tarihi: 18.09.2022

Özet

Ormanlar çeşitli nedenlerle yok olma eğilimindedir. Böcekler; üreme ve yayılma hızlarının çok yüksek olması, yayılış yönlerinin tahmin edilememesi ve böceklerle mücadelede hızlı müdahalede bulunulamaması gibi problemlere sahiptir. Bu nedenle orman kayıplarına neden olan birçok faktörün başında zararlı böcekler gelmektedir. Çalışma için kayın ağaçlarını etkileyen, kızıl kuyruklu kayın tırtılından (*Calliteara pudibunda*) etkilenmiş olan Bursa-İnegöl Tahtaköprü mevki çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, Google Earth Engine (GEE) ara yüzünde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı için 2017-2021 dönemine ait Sentinel-2A ve Landsat-8 uydu verileri kullanılarak 6 farklı bitki indeksi; NDVI, EVI, SAVI, RVI, TVI, NPCRI hesaplanmış ve zararlılardan en çok etkilenen dönemin 2019 Ekim ayı olduğu tespit edilmiştir. 2019 Ekim ayı için ayrıca bu indeksler hesaplanmış olup makine öğrenme tabanlı sınıflandırma yöntemlerinden olan Rastgele Orman Sınıflandırma Algoritması ve Destek Vektör Makineleri yöntemleri kullanılarak, 5 farklı sınıfta (hastalıklı, sağlıklı, yol, elektrik hattı, yerleşim), dörder farklı veri kombinasyonu için sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma sonucu Landsat-8 ve Sentine-2A için karşılaştırılmış ve en iyi sonuç Sentinel-2A uydu verisi için tüm bitki indekslerinin dahil edildiği kombinasyon olup, genel doğruluk 98.48 ve kappa katsayısı 97.68 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Orman zararlıları, GEE, İzleme, Kontrollü sınıflandırma, Uzaktan algılama

Abstract

Forests tend to disappear for various reasons. Insects have problems such as very high reproduction and spread rates, unpredictable distribution directions, and inability to intervene quickly in the fight against insects. For this reason, harmful insects are at the beginning of many factors that cause forest loss. For the study, Bursa-İnegöl Tahtaköprü location, which was affected by the red-tailed beech caterpillar (*Calliteara pudibunda*) affecting beech trees, was determined as the study area. This study was carried out on the Google Earth Engine (GEE) interface. For the study area, using Sentinel-2A and Landsat-8 satellite data for the period 2017-2021, 6 different plant indexes; NDVI, EVI, SAVI, RVI, TVI, NPCRI were calculated and it was determined that the most affected period from pests was October 2019. These indices were also calculated for October 2019, and classification was made for four different data combinations in 5 different classes (diseased, healthy, road, power line, settlement) using the Random Forest Classification Algorithm and Support Vector Machines methods, which are machine learning-based classification methods. The classification result was compared for Landsat-8 and Sentine-2A, and the best result was the combination including all plant indices for Sentinel-2A satellite data, and the overall accuracy was calculated as 98.48 and the kappa coefficient as 97.68.

Keywords: Forest pest, GEE, Monitoring, Supervised classification, Remote sensing

1. Giriş

Ormanlar temiz oksijen kaynağı olup yağışları ve iklim değişikliklerini dengeler, fauna ve florayı korur, hava kirliliğini ve doğal afetleri önlemeye yardımcı olur. Ülkemizin yaklaşık %29'luk kısmını oluşturmakta olan ormanlar gün geçtikçe azalma eğilimindedir. Bunun başlıca sebeplerinden birisi zararlı böceklerdir. Böceklerin üreme hızlarının çok yüksek olması sebebiyle kısa bir sürede bütün bir ormana yayılarak verdiği zararın, yangınların verdiği zarardan çok daha fazla olduğu bilinmektedir (Eroğlu, 2017).

Sürekli olarak gelişim halinde olan uzaktan algılama yöntemlerinin, orman zararlılarının izlenmesinde ve zararlılarla mücadeledeki yeri göz ardı edilemeyecek ölçüde büyüktür. Uydu verileriyle orman alanları görüntülenerek kısa sürede orman meşcere tipleri belirlenebilmekte (Uça Avcı vd., 2014), hasar ve hastalık tespiti yapılarak orman sağlığı izlenebilmektedir (Wang vd. 2010). Spektral yansımaların spektrumun görünür ve kızıl ötesi bölgede yaptığı spektral yansımaların analizleriyle ve bitki indeksleri kullanılarak orman alanlarında sağlıklı ve sağlıksız alan tespiti yapılarak haritalar üretilmektedir. Bu haritalar yardımıyla böcek türlerinin verdiği zarar izlenerek gerekli önlemler alınabilmektedir.

Orman zararlılarını izlemek için kullanılan birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden bazıları; orta ve yüksek çözünürlüklü uydu verileri kullanılarak yapılan izleme (Sunar Erbek vd., 2005; Rullan-Silva vd., 2013), GPS ile uzaktan video konumlandırma sistemi kullanılarak yapılan izleme (Wang vd., 2014), hava fotoğrafları, dronlar kullanılarak yapılan izleme (Sarıkaya vd., 2019), spektral analizler ve bitki örtüsü analizleri kullanılarak yapılan izleme yöntemleridir (Anwer ve Singh, 2019). Ancak bu yöntemlerin veri depolamada büyük yerler kaplaması, hızlı işlem ve analiz yapmakta zorlanması, veri kaynaklarına tek bir yerde hemen ulaşamaması, geniş tarih aralıklı verilerin her zaman bulunamaması gibi ortak problemleri vardır. Bu problemleri ortadan kaldırmak için bulut tabanlı hesaplama platformu olan Google Earth Engine (GEE)'nin kullanımı daha doğru bir karardır.

GEE, web tabanlı uzaktan algılama ara yüzü olup gereksiz veri depolamasının önüne geçen, veri işlem hızını bilgisayardan bağımsız tutup hızlı analiz ve karar verme yeteneğine sahip olan bulut platformudur (Dereli, 2018). Ayrıca oldukça zengin bir veri setine sahiptir. Sentinel, Landsat, MODIS gibi farklı uydulara ait geniş tarih aralıklı birçok uydu verisine ulaşmak mümkündür (You vd., 2020).

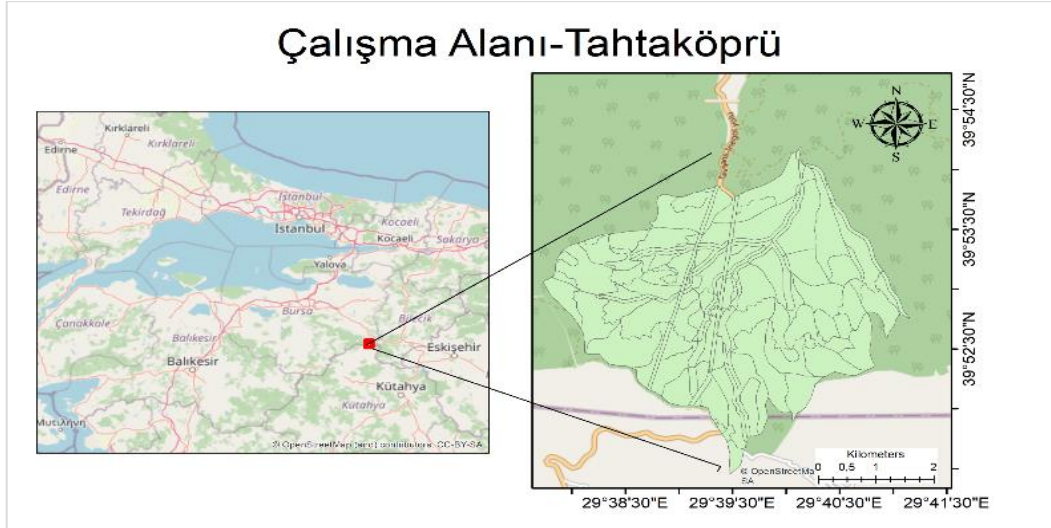
Orman zararlılarının izlenmesinde, bitki indekslerinin kullanılması, orman sağlığı izlenmesini ve zararlıların tespitini kolaylaştırmaktadır. Çalışmanın amacı, bitki indekslerini kullanarak orman zararlılarının izlenmesini GEE platformunda gerçekleştirmek ve ayrıca farklı veri kaynaklarına ait sonuçları kıyaslamaktır. Bu nedenle çalışmada, Landsat-8 ve Sentinel-2A uydu verileri kullanılmıştır. GEE'de 01/10/2017 ve 31/12/2021 dönemine ait Landsat uydusu için mevcut olan 163 adet, Sentinel-2A uydusu için 200 adet uydu görüntüsü işleme alınmıştır. İşlem sonrası zararlılardan en çok etkilenen dönemin 2019 Ekim ayına ait olduğu uydu verilerinin manuel olarak incelenmesiyle tespit edilmiştir. Yine bu döneme ait NDVI, EVI, SAVI, RVI, TVI, NPCRI bitki indeksleri hesaplanmış ayrıca sınıflandırmada da kullanılmıştır. Sınıflandırma eğitim verileri, zararlılardan en çok etkilenen dönem olan 2019 Ekim ayı üzerinden seçilmiştir. GEE'de Rastgele Orman Sınıflandırma Algoritması (RO) ve Destek Vektör Makineleri (DVM) sınıflandırma yöntemleri kullanılarak her iki uydu verisi için dörder farklı veri kombinasyonu oluşturulmuş ve sınıflandırma yapılmıştır. Ayrıca genel doğruluk ve kappa katsayısı hesaplanarak Landsat-8 ve Sentinel-2A için iki farklı veri kaynağına ait sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma, farklı veri kaynakları, farklı bitki indeksleri, farklı sınıflandırma yöntemleri gibi aşamalı, büyük depolama yerleri kaplayan ve uzun zaman alan işlemleri GEE gibi tek bir platformda kısa sürede gerçekleştirmesiyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

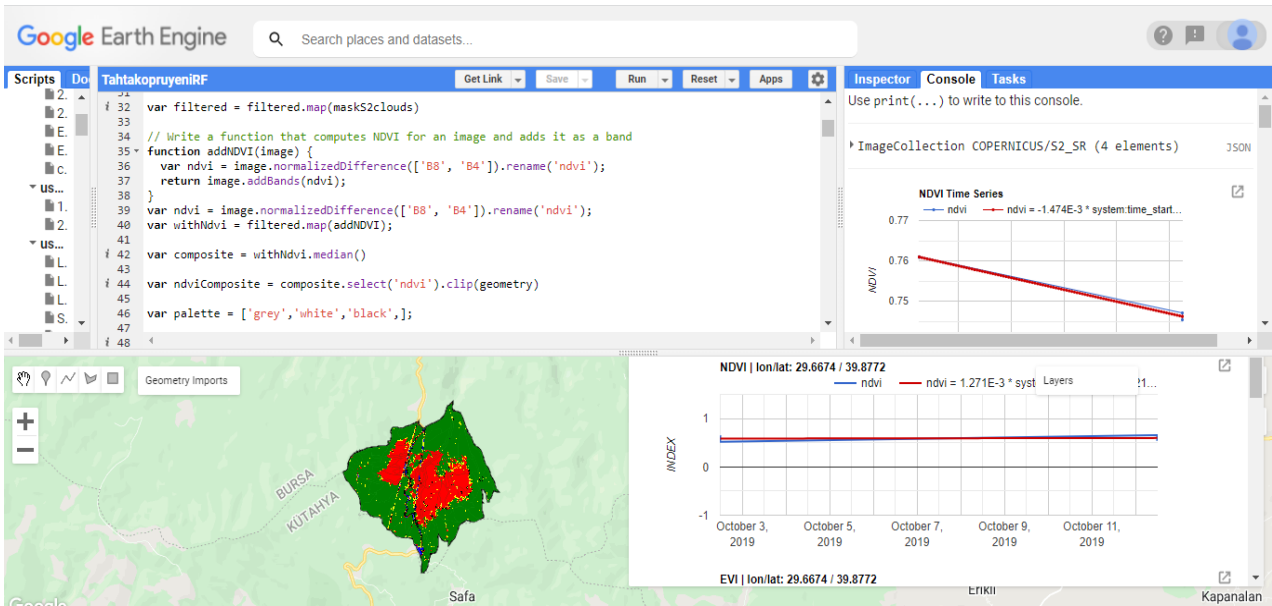
Çalışma alanı olarak Bursa-İnegöl ve Kütahya-Domaniç sınırında bulunan yaklaşık 1225 ha'lık bir alana sahip olan Tahtaköprü mevki seçilmiştir (Şekil 1). Tahtaköprü mahallesi, 39° 56' 46.82" enlem, 29° 38' 38.84" boylam coğrafi koordinatlarına sahiptir. Bölgenin başta kayın ağaçları olmak üzere çeşitli orman türlerine sahip olması çalışma alanı olarak belirlenmesinin nedenlerindedir. Ayrıca kayın ağaçlarına zarar veren orman zararlısı kızıl kuyruklu kayın tırtılı (*Calliteara pudibunda*)'nın bu bölgede önemli ölçüde zarara neden olduğu yapılan araştırmalar sonucunda tespit edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

2.2. Google Earth Engine (GEE)

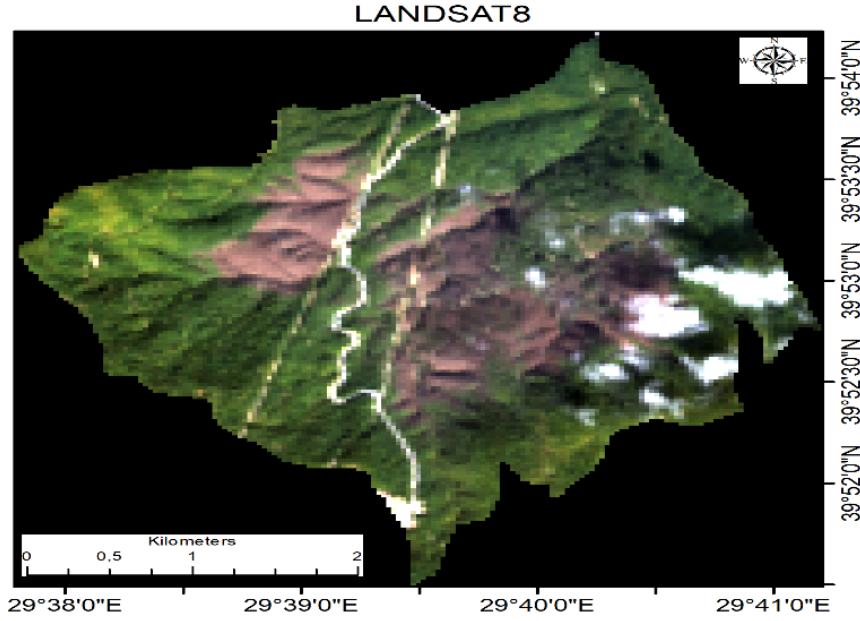
GEE, bulut tabanlı coğrafi veri işleme platformu olup bu platformda yapılan tüm analizleri kısa sürede gerçekleştirmektedir (Şekil 2). Verilerini açık kaynaklı sunarak herkese ücretsiz veri erişimi sağlamaktadır. GEE, son 40 yıla ait küresel ölçekli birçok veriye sahiptir (Aghmand vd., 2021). Kullanıcıya hazır kod kullanma ve kod yazma imkanı sunan GEE'nin, herhangi bir ön işleme süreci gerektirmeyen verileri istenilen analizlerde kullanılabilir.



Şekil 2. Google Earth Engine arayüzü

2.3. Landsat-8

GEE'de, Landsat-8 uydu verileri yüzey yansıtımı, atmosfer üstü yansıtım ve ham görüntüler olmak üzere 3 ayrı ön işleme formatında bulunmaktadır. Çalışmada bu 3 ayrı ön işleme formatından olan "USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance" adlı atmosfer üstü yansıtım uydu verileri kullanılmıştır. Çalışma alanına ait 01/10/2017 - 31/12/2021 dönemleri içerisinde bulunan 163 adet görüntünün medyanı alınarak bulut maskesi uygulanmıştır. Şekil 3'te Landsat 8 uydusuna ait görüntü verilmiştir. Landsat-8'in sahip olduğu 30 m çözünürlüklü Band 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 ve 11 bantları kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Landsat-8'in sahip olduğu bant bilgisi Tablo 1'de verilmiştir.



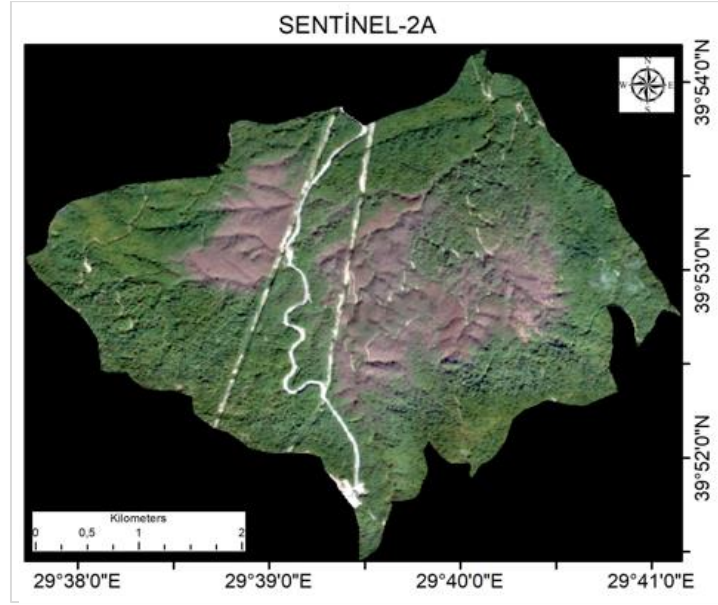
Şekil 3. Orman zararlılarından etkilenmiş alana ait Landsat 8 uydu görüntüsü (12.10.2019)

Tablo 1. Landsat 8 Collection 1 tier 1 TOA reflectance bant bilgisi

Spektral Aralık	Dalgaboyu	Çözünürlük
Band 1 - Kıyı/ Aerosol	0.433 - 0.453 μm	30 m
Band 2 - Mavi	0.450 - 0.515 μm	30 m
Band 3 - Yeşil	0.525 - 0.600 μm	30 m
Band 4 - Kırmızı	0.630 - 0.680 μm	30 m
Band 5 -Yakın Infrared	0.845 - 0.885 μm	30 m
Band 6 - Kısa Dalga Infrared	1.560 - 1.660 μm	30 m
Band 7 - Kısa Dalga Infrared	2.100 - 2.300 μm	30 m
Band 8 - Pankromatik	0.500 - 0.680 μm	15 m
Band 9 - Sirkülasyon	1.360 - 1.390 μm	15 m
Band 10- Termal Infrared 1	10.60 - 11.19 μm	30 m
Band 11- Termal Infrared 2	11.50 - 12.51 μm	30 m

2.4. Sentinel-2A

Sentinel uydu verileri yüksek çözünürlüğe, geniş görüş alanına ve multi spektruma sahip olması nedeniyle orman zararlılarının izlenmesinde kullanılmaktadır (Dizdaroğlu, 2019). Çalışmada, GEE’de bulunan Level-1C ve Level-2A formatlarından Level-2A formatı seçilmiştir. Şekil 4’te kırmızı kuyruklu kayın tırtılından (*Calliteara pudibunda*) etkilenmiş kayın ağaçlarına ait Sentinel-2A görüntüsü görülmektedir. 01/10/2017 - 31/12/2021 tarihleri arasında bulunan 200 görüntünün medyanı alınarak bulut maskeleyesi yapılmıştır. Sınıflandırma esnasında Sentinel-2A uydusunun 10 m çözünürlüklü Band-2,3,4 ve 8 bantları kullanılmıştır. Sentinel-2A uydusuna ait bant bilgisi Tablo-2’de verilmiştir.



Şekil 4. Orman zararlılarından etkilenmiş alana ait Sentinel-2A uydu görüntüsü (12.10.2019)

Tablo 2. Sentinel-2A bant bilgisi

Spektral Aralık	Dalgaboyu	Çözünürlük
Band 1- Kıyılar ve Aerosol (Coastal/Aerosol)	0.433 – 0.453	60
Band 2- Mavi (B)	0.458 – 0.523	10
Band 3- Yeşil (G)	0.543 – 0.578	10
Band 4- Kırmızı (R)	0.650 – 0.680	10
Band 5- Vegetasyon Red Edge	0.698 – 0.713	20
Band 6- Vegetasyon Red Edge	0.733 – 0.748	20
Band 7- Vegetasyon Red Edge	0.773 – 0.793	20
Band 8- NIR (Yakın Kızıl Ötesi)	0.785 – 0.900	10
Band 8A- Narrow NIR (Daraltılmış Yakın Kızıl Ötesi)	0.855 – 0.875	20
Band 9- Su buharı (Water vapour)	0.935 – 0.955	60
Band 10- SWIR – Cirrus (Kısa Dalga Kızıl Ötesi)	1.365 – 1.385	60
Band 11- SWIR-1 (Kısa Dalga Kızıl Ötesi-1)	1.565 – 1.655	20
Band 12- SWIR-2 (Kısa Dalga Kızıl Ötesi-2)	2.100 – 2.280	20

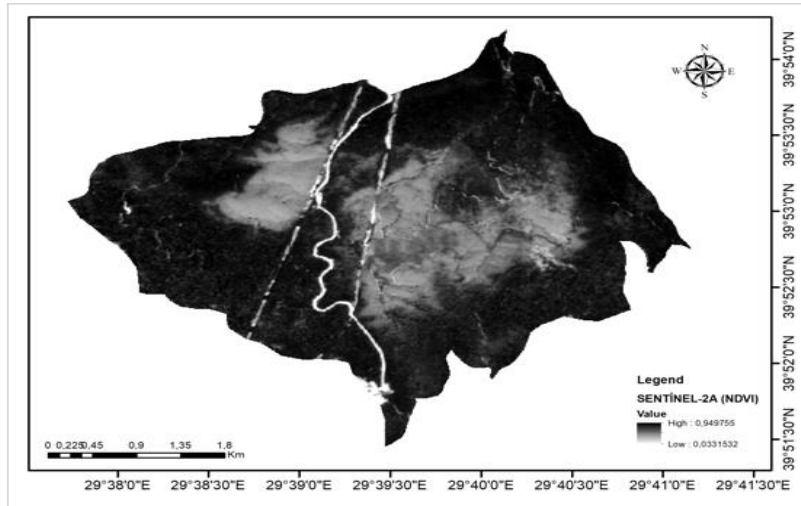
2.5. İndeksler

Çalışmada kullanılan bitki indeksleri Aghlmand vd. (2021), Yılmaz ve Öztürk (2019), Cruz vd. (2020)'nin çalışmaları incelenerek orman zararlılarını izlemeye uygun olma kriterine dikkat edilerek seçilmiştir. Seçilen bitki indeksleri; NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi), EVI (Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi), SAVI (Toprak Ayarlı Bitki İndeksi), RVI (Oran Bitki İndeksi), TVI (Dönüştürülmüş Bitki İndeksi), NPCRI (Normalize Pigment Klorofil Oranı İndeksi) indeksleridir. Landsat-8 ve Sentinel-2A için orman zararlılarından etkilenmiş olan 2019 Ekim ayına ait 4'er görüntü bulunmaktadır.

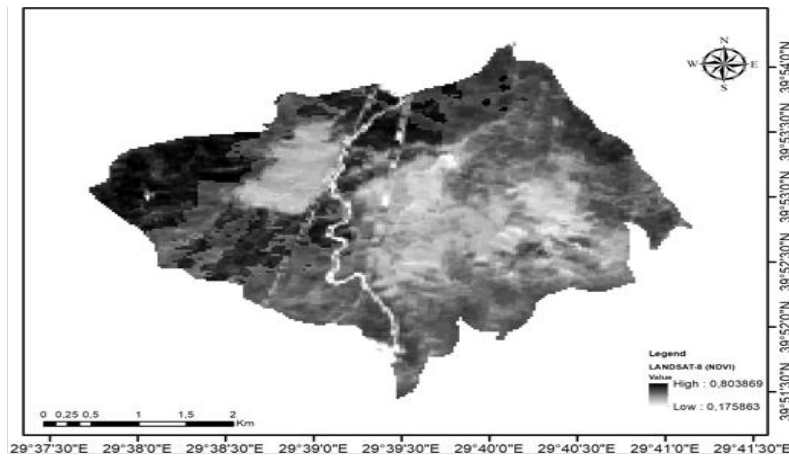
Görüntülerin medyanı alınarak bitki indeksleri hesaplanmıştır. Daha sonra bitki indeksleri de bir bant kabul edilerek sınıflandırmaya dahil edilmiştir. Bitki indekslerine ait formüller Tablo 3'te verilmiştir. Şekil 5'te Sentinel-2 uydusu kullanılarak hesaplanan NDVI sonuçları görülmektedir ve Şekil 6'da ise Landsat-8 uydusu kullanılarak hesaplanan NDVI sonuçları görülmektedir.

Tablo 3. Kullanılan bitki indeksleri ve formülleri

İndeks tanımı	İndex	Formül
Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi (Rouse vd., 1973; Hu vd., 2016)	NDVI	$(NIR-RED) / (NIR+RED)$
Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi (Justice, 1998; Matsushita vd., 2007)	EVI	$(G * ((NIR - RED) / (NIR + C1 * RED - C2 * BLUE + 1)))$
Toprak Ayarlı Bitki İndeksi (Huete, 1988)	SAVI	$((NIR-RED)/(NIR+RED+L)) * (1 + L)$
Oran Bitki İndeksi (Richardson, 1975; Major vd., 1990)	RVI	RED / NIR
Dönüştürülmüş Bitki İndeksi (Deering vd., 1975)	TVI	$\sqrt{NDVI} + 0.5$
Normalize Pigment Klorofil Oranı İndeksi (Peñuelas vd., 1994; Cruz vd., 2020)	NPCRI	$(RED-BLUE) / (RED + BLUE)$



Şekil 5. Sentinel-2A –NDVI



Şekil 6. Landsat-8 –NDVI

2.6. Sınıflandırma Yöntemi

Sınıflandırma, karar verme yöntemlerinden birisidir. Uzaktan algılama alanında kullanılan sınıflandırmanın genel amacı ise uydu görüntülerinde bulunan her bir pikseli spektral özelliklerine göre gruplandırmak ve pikselleri yansıtma değerlerine göre yeryüzünde ait olduğu gruba atamaktır (Caf, 2020).

Sınıflandırma, birçok platformda yapılabileceği gibi GEE üzerinden de yapılabilmektedir. GEE’de, Minimum Mesafe (Minimum Distance), Sınıflandırma ve Regresyon ağaçları (CART), Karar Ağacı (Decision Tree), Rastgele Orman Sınıflandırma Algoritması (RO) ve Destek Vektör Makineleri (DVM) gibi makine öğrenme tabanlı sınıflandırma yöntemleri bulunmaktadır. Ancak daha yüksek doğruluklu sonuçlar vermesi nedeniyle en sık kullanılan iki sınıflandırma yöntemi RO ve DVM’dir (Akar ve Güngör, 2012; Apaydın ve Abdikan, 2021).

RO, kontrollü sınıflandırma algoritmasından olup iki aşamalı olarak çalışmaktadır. İlk aşamada, basit bir algoritma ile rastgele orman oluşturmaktadır. İkinci aşamada ise ilk aşamada oluşturulan rastgele orman üzerinden sınıflandırma yapmaktadır (Yılmaz ve Öztürk, 2019). DVM’nin ise Maksimum Olabilirlik gibi diğer geleneksel yöntemlere kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiği bilinmektedir (Aghlmand vd., 2021; Mantero vd., 2005; Mountrakis vd., 2011). Benzer şekilde Kavzoğlu vd. 2010’da yaptığı çalışmada DVM yöntemlerinin en çok benzerlik yöntemine kıyasla daha yüksek doğruluklu sonuçlar ürettiği saptamıştır. DVM, daha çok sınıflandırma problemlerinde kullanılsa da regresyon problemlerinde de kullanılan kontrollü bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Bu algoritma, iki sınıfı birbirinden ayırmakta oldukça iyi olan hiper-düzlemi kullanarak sınıflandırma yapmaktadır (Cruz vd., 2020). Çalışmada DVM’ler için GEE’ye ait “ee.Classifier.libsvm” sınıflandırıcısı kullanılmış olup kernelType parametresi için “RBF”, gamma parametresi için “0.5” ve cost parametresi için “10” değerleri seçilmiştir.

Bu çalışmada, ilk olarak 5 farklı sınıfa ait eğitim verileri belirlenmiştir. Sınıflar, orman zararlılarından etkilenmiş olan hastalıklı alan, sağlıklı alan, yollar, elektrik hattı ve yerleşim yeridir. Her bir sınıf için sırasıyla 338, 366, 72, 57, 27 eğitim verisi seçilmiştir. Bu verilerin seçimi Landsat 8’e göre daha yüksek çözünürlüklü uydu verilerine sahip olan Sentinel-2A üzerinden yapılmıştır. Daha sonra seçilen verilerin %70’i eğitim verisi için ve %30’u ise test grubu için sınıflandırmada kullanılmıştır (Tablo 4). RO için sınıflandırmada kullanılan ağaç sayısı 10 olarak seçilmiştir.

Tablo 4. Sınıflandırma bilgileri ve nokta sayıları

No	Sınıf Adı	Eğitim Noktaları	Test Noktaları
1	Hastalıklı Alan	237	101
2	Sağlıklı Alan	256	110
3	Yollar	50	22
4	Elektrik Hattı	40	17
5	Yerleşim	19	8

3. Bulgular ve Tartışma

Sentinel-2A ve Landsat-8 uyduları hem RO hem de DVM kullanılarak ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçların iyileştirilmesi amacıyla Aghlmand vd. (2021), Yılmaz ve Öztürk (2019), Cruz vd. (2020)’nin yapmış oldukları çalışmalar referans alınmış ve diğer bitki örtüsü kombinasyonları eklenmiştir. Tüm kombinasyonlara ait genel doğruluk ve kappa katsayısı hesaplanarak Tablo 5 ve Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 5. RO ile tüm kombinasyonlar için genel doğruluk ve kappa katsayısı sonuçları

	Rastgele Orman Sınıflandırma Algoritması (RO)		
	Kombinasyon	Genel Doğruluk (%)	Kappa Katsayısı (%)
1	Sentinel-2A (S2)	90.34	85.10
2	Landsat-8 (L8)	85.70	77.39
3	S2+NDVI+SAVI+TVI+RVI+ NPCRI+EVI	90.81	85.79
4	L8+NDVI+SAVI+TVI+RVI+ NPCRI+EVI	85.58	77.33

Tablo 6. DVM ile tüm kombinasyonlar için genel doğruluk ve kappa katsayısı sonuçları

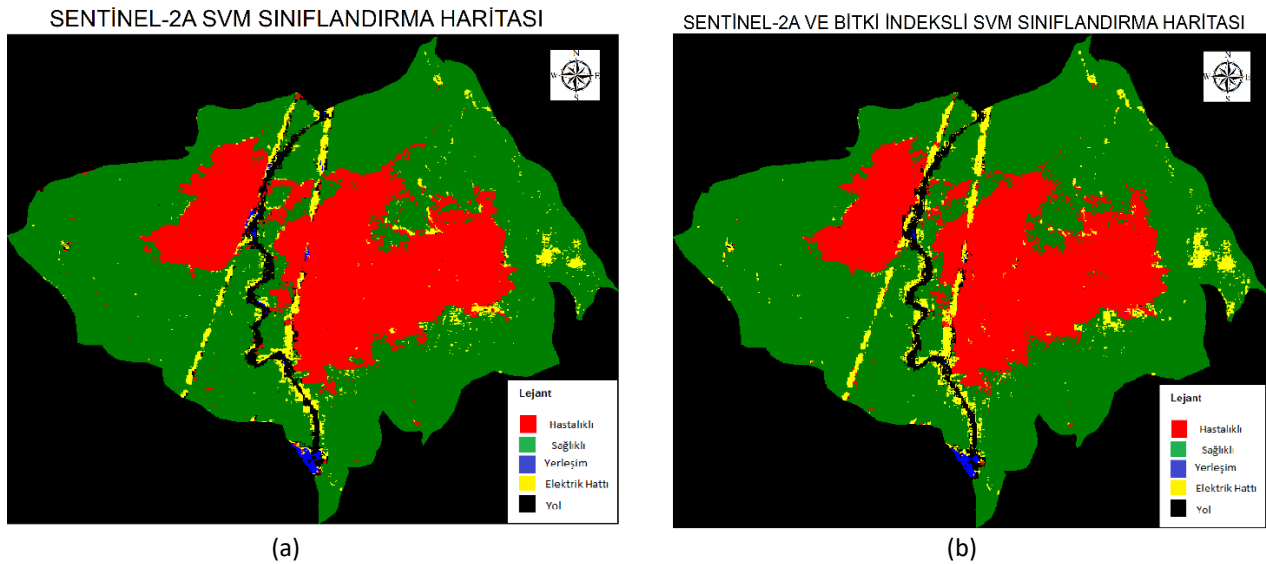
	Destek Vektör Makineleri (DVM)		
	Kombinasyon	Genel Doğruluk (%)	Kappa Katsayısı (%)
1	S2	97.78	96.60
2	L8	75.90	59.76
3	S2+NDVI+SAVI+TVI+RVI+NPCRI+EVI	98.48	97.68
4	L8+NDVI+SAVI+TVI+RVI+NPCRI+EVI	84.88	75.37

Tablo 5, incelendiğinde RO yöntemi ile yapılmış olan sınıflandırmada sadece Sentinel-2A verileri kullanıldığında genel doğruluk 90.34 ve kappa katsayısı 85.10 olarak hesaplanmaktadır. Sadece Landsat-8 uydu verileri kullanıldığında ise genel doğruluk 85.70, kappa katsayısı 77.40 olmaktadır. Tablo 6'ya göre ise sınıflandırma da DVM yöntemi kullanıldığında Sentinel-2A verileri için genel doğruluk 98.14 ve kappa katsayısı 97.13 iken Landsat-8 verileri için genel doğruluk 75.90 ve kappa katsayısı 59.76'dır.

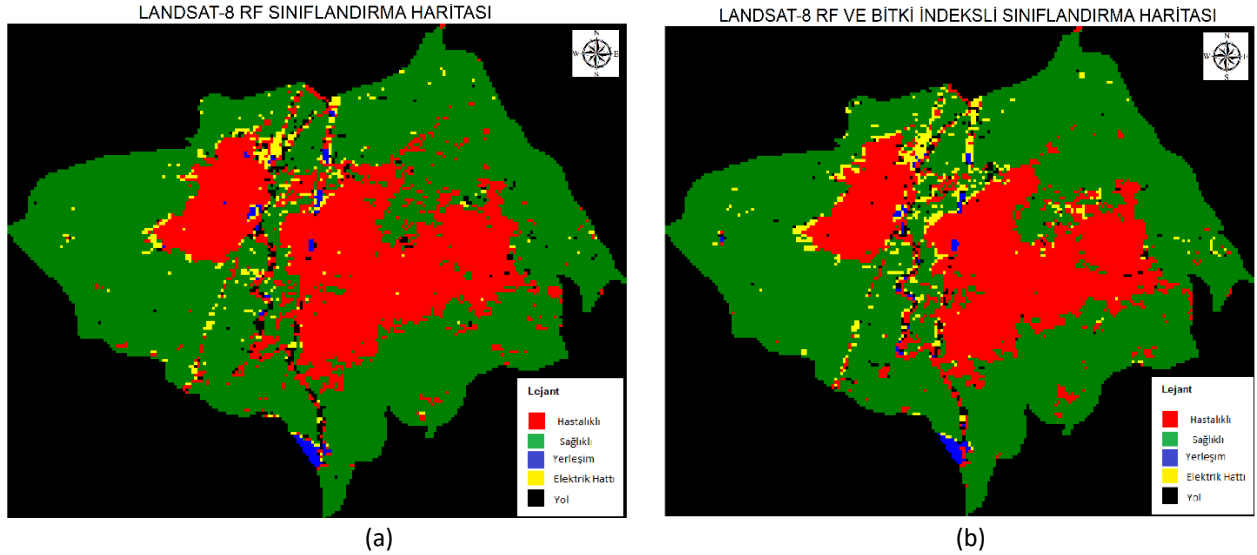
Sınıflandırmada, bitki indekslerini kullanmanın sınıflandırma kalitesini arttırdığı bilinmektedir (Dereli, 2018). Bu nedenle 6 farklı indeks (NDVI, EVI, SAVI, RVI, TVI, NPCRI) hesaplanarak sınıflandırmaya dahil edilmiştir. Eklenen bitki indekslerinden sonra tablolar incelendiğinde RO yönteminde Sentinel-2A verilerinin genel doğruluğu 90.81 ve kappa katsayısı 85.79'a yükselirken DVM yönteminde genel doğruluk ve kappa sırasıyla 98.48 ve 97.68'e yükselmektedir. Ancak Landsat-8 uydu verileri için durum biraz farklıdır. Tablo 6'ya bakıldığında DVM yöntemi için Landsat-8 verisinin genel doğruluğu 84.88, kappa katsayısının ise 75.37'ye yükseldiği görülürken Tablo 5'e bakıldığında RO yöntemi için genel doğruluğun 85.58 ve kappa katsayısının 77.33'e düştüğü görülmektedir. Bu düşüşün nedeni olarak 2019 Ekim ayı için elde edilen Landsat-8 görüntülerinin sisli oluşu gösterilebilir.

Tablolar incelendiğinde, orman zararlılarının verdiği zararın Sentinel-2A uydusu için en iyi DVM yöntemi ile (Şekil 7), Landsat-8 uydu verisi için ise en iyi RO yöntemi ile izlendiği görülmektedir (Şekil 8).

Sınıflandırma sonuçlarından sonra her bir sınıfa ait kullanıcı ve üretici doğruluk değerleri hesaplanarak bu değerlere ilişkin sonuçlar Tablo 7 ve Tablo 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Sentinel-2A (S2) uydu verisi için DVM yöntemi ile sınıflandırma (a) Sentinel-2A bitki indeksiz sınıflandırma haritası (b) Sentinel-2A bitki indeksli sınıflandırma haritası



Şekil 8. Landsat-8 (L8) uydu verisi için RO yöntemi ile sınıflandırma (a) Landsat-8 bitki indeksiz sınıflandırma haritası (b) Landsat-8 bitki indeksli sınıflandırma haritası

Tablo 7. Sentinel-2A DVM ve Sentinel-2A Bitki İndeksli DVM sınıflandırma sonuçları için her bir sınıfa ait kullanıcı ve üretici doğruluk değerleri

Sentinel-2A DVM			Sentinel-2A Bitki İndeksli DVM		
Sınıflar	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Sınıflar	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)
Hastalıklı	99.11	99.41	Hastalıklı	100	100
Sağlıklı	98.91	99.18	Sağlıklı	98.90	98.63
Yerleşim	90.91	97.22	Yerleşim	97.10	93.05
Elektrik Hattı	89.80	77.19	Elektrik Hattı	83.60	89.47
Yol	96.30	100	Yol	100	100

Tablo 8. Landsat-8 RO ve Landsat-8 Bitki İndeksli RO sınıflandırma sonuçları için her bir sınıfa ait kullanıcı ve üretici doğruluk değerleri

Landsat-8 RO			Landsat-8 Bitki İndeksli RO		
Sınıflar	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Sınıflar	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)
Hastalıklı	86.22	94.38	Hastalıklı	86.48	94.67
Sağlıklı	90.93	95.90	Sağlıklı	92.06	95.08
Yerleşim	67.44	40.27	Yerleşim	62.16	31.94
Elektrik Hattı	60.87	24.56	Elektrik Hattı	62.5	35.08
Yol	63.16	88.88	Yol	58.14	92.59

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışmanın temel amacı GEE kullanılarak orman zararlılarının izlenmesidir. Bu amaçla çalışma alanı olarak Bursa ve Kütahya sınırında bulunan Tahtaköprü mevkiine ait kayın ormanlarından oluşan bir alan seçilmiş ve bu alanda zarara neden olan kızıl kuyruklu kayın tırtılı (*Calliteara pudibunda*) izlenmesi yapılmıştır. İlk aşamada orman zararlılarının verdiği zararı izlemek için Landsat-8 ve Sentinel-2 uydularına ait 2017-2021 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Bu yıllar arasında 2019 Ekim ayına ait veriler dikkat çekmiş olup RO ve DVM yöntemleri ile sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Ayrıca sınıflandırmaya bitki indeksleri de dahil edilerek her sınıflandırma için genel doğruluk ve kappa değeri hesaplanmıştır. GEE platformu üzerinde bu işlemler gerçekleştirildikten sonra sonuçlar karşılaştırılmış ve en iyi sınıflandırma sonucunun S2+ NDVI+ SAVI+ TVI+ RVI+ NPCRI+ EVI kombinasyonuna ait olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, orman zararlılarının verdiği hasar, Sentinel 2A uydusu için en iyi DVM yöntemi ile, Landsat-8 uydusu için ise en iyi RO yöntemi ile izlenmiştir.

GEE üzerinde yapılan tüm işlemler, bu işlemleri yapmak için geliştirilen programlarla kıyaslandığında işlemlerin çok daha kısa sürede gerçekleştiği görülmüştür. Aynı zamanda işlemleri gerçekleştirmek için veri sıkıntısı yaşanmamıştır. Bu durumda göstermektedir ki GEE açık kaynaklı, hızlı ve düşük maliyetli bir platformdur.

Kaynaklar

- Aghlmand, M., Kalkan, K., Onur, M. İ., Öztürk, G., & Ulutak, E. (2021). Google Earth Engine ile arazi kullanımı haritalarının üretimi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 38-47.
- Akar Ö., & Güngör, O. (2012). Rastgele orman algoritması kullanılarak çok bantlı görüntülerin sınıflandırılması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 106, 139-146.
- Anwer, A., & Singh, G. (2019). Geo-spatial technology for plant disease and insect pest management. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 8(12), 1-12.
- Apaydın, C., & Abdikan, S. (2021). Fındık bahçelerinin Sentinel-2 verileri kullanılarak piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleriyle belirlenmesi. *Geomatik*, 6(2), 107-114.
- Caf, D. (2020). Tarımsal Ürünlerin Uzaktan Algılama İle Tespiti. *Journal of Agriculture*, 2(2), 80-91.
- Cruz, J. A., Santos, J. A., & Blanco, A. (2020). Spatial Disaggregation of Landsat-Derived Land Surface Temperature Over a Heterogeneous Urban Landscape Using Planetscope Image Derivatives. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 43, 115-122.
- Deering, D. W., Rouse, J. W., Haas, R. H., & Schell, J. A. (1975, October). Measuring "forage production" of grazing units from Landsat MSS data. In *10th International Symposium of Remote Sensing of the Environment, 1975. Proceedings*. (pp. 1169-1198). Environmental Research Institute of Michigan (ERIM).
- Dereli, M. A. (2018, Kasım). Web Tabanlı Google Earth Engine ile NDVI Zaman Serisi Analizi: Şanlıurfa il Merkezi Örneği. In *6th International GAP Engineering Conference - GAP2018. Proceedings*. (pp. 374-377). Harran Üniversitesi.
- Dizdaroğlu, T. (2019). *Sentinel-1 ve Sentinel-2 verilerinden tarımsal ürün sınıflandırması için makine öğrenme algoritmalarının karşılaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Eroğlu, M. (2017). Orman zararlılarının yönetimi. KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Ders Notu. Retrieved from https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormankoruma_4e649.pdf
- Hu, T., Yang, J., Li, X., & Gong, P. (2016). Mapping urban land use by using landsat images and open social data. *Remote Sensing*, 8(2), 151. doi: 10.3390/rs8020151.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295-309.
- Justice, C. O., Vermote, E., Townshend, J. R., Defries, R., Roy, D. P., Hall, D. K., ... & Barnsley, M. J. (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1228-1249.
- Kavzoğlu, T., & Çölkesen, İ. (2010). Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarının etkilerinin incelenmesi. *Harita Dergisi*, 144(7), 73-82.
- Major, D. J., Baret, F., & Guyot, G. (1990). A ratio vegetation index adjusted for soil brightness. *International Journal of Remote Sensing*, 11(5), 727-740.
- Mantero, P., Moser, G., & Serpico, S. B. (2005). Partially supervised classification of remote sensing images through SVM-based probability density estimation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(3), 559-570.
- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., & Qiu, G. (2007). Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensors*, 7(11), 2636-2651.
- Mountrakis, G., Im, J., & Ogole, C. (2011). Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(3), 247-259.
- Peñuelas, J., Gamon, J. A., Fredeen, A. L., Merino, J., & Field, C. B. (1994). Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen-and water-limited sunflower leaves. *Remote sensing of Environment*, 48(2), 135-146.
- Richardson, A. J., & Wiegand, C. L. (1977). Distinguishing vegetation from soil background information. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(12), 1541-1552.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973, December). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). In *3rd Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 1973. Proceedings*. (pp. 309-317). NASA.
- Rullan-Silva, C. D., Olthoff, A. E., Delgado de la Mata, J. A., & Pajares-Alonso, J. A. (2013). Remote monitoring of forest insect defoliation. A review. *Forest Systems*, 22(3), 377-391.
- Sarıkaya, O., Örucü, Ö. K., Şen, İ., & Açıcı, Ö. (2019). Türkiye kayın ormanları için yeni bir tehdit kızı kuyruklu kayın tırtılı [*Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758)]'nın günümüz ve gelecekteki potansiyel yayılış alanlarının tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 45-57.

- Sunar Erbek, F., Olmez, Z., & Uca Avci, Z. D. (2005, Ekim). Artvin yöresinde ladin (*Picea orientalis* L. Link.) orman alanlarında böcek zararlıları nedeniyle oluşan tahribatın izlenmesinde uydu görüntülerinin kullanımı. In *Ladin Sempozyumu, 2005. Proceedings.* (pp. 222-232). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi.
- Uça Avci, Z. D., Kuşak B., & Kuşak, L. (2014, Şubat). Meşcere tiplerinin uydu verileri ile belirlenmesinde farklı doku ölçütlerinin değerlendirilmesi. In *Akademik Bilişim Konferansı, 2014. Proceedings.* (pp. 121-128). İnternet Teknolojileri Derneği.
- Yılmaz, İ., & Öztürk, D. (2019). Samsun-Atakum orman alanlarının belirlenmesinde farklı bitki indekslerinin karşılaştırılması. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(1), 9-13.
- You, N., & Dong, J. (2020). Examining earliest identifiable timing of crops using all available Sentinel 1/2 imagery and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 161, 109-123.
- Wang, Z. B., Wang, L. L., Zhao, F. F., & Wang, C. B. (2014). A positioning system for forest diseases and pests based on GIS and PTZ camera. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 17, 012254. doi: 10.1088/1755-1315/17/1/.
- Wang, J., Sammis, T. W., Gutschick, V. P., Gebremichael, M., Dennis, S. O., & Harrison, R. E. (2010). Review of satellite remote sensing use in forest health studies. *The Open Geography Journal*, 3(1), 28-42.