



Orman içi açıklıklara ait zamansal değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile Google Earth Engine platformunda tespit edilmesi: Trabzon-Düzköy İlçesi örneği

Fatih Kadı¹, Osman Salih Yılmaz²

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

² Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Demirci Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Manisa, Türkiye

Kaynak Göster: Kadı, F., & Yılmaz, O. S. (2024). Orman içi açıklıklara ait zamansal değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile Google Earth Engine platformunda tespit edilmesi: Trabzon-Düzköy İlçesi örneği Geomatik, 9 (2), 141-155

<https://doi.org/10.29128/geomatik.1363873>

Anahtar Kelimeler

Meşcere tipi
Orman içi açıklık
NDVI
Rastgele orman algoritması
Google Earth Engine

Araştırma Makalesi

Geliş: 21.09.2023
Revize: 21.10.2023
Kabul: 27.10.2023
Yayınlanma: 15.08.2024



Öz

Bu çalışmada orman içi açıklıklardaki zamansal değişimlerin uzaktan algılama teknikleriyle Google Earth Engine Platformu'nda tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda meşcere haritalarından on adet orman içi açıklık alan belirlenmiştir. Bu alanları içine alacak genel bir çalışma alanı belirlenmiş ve Sentinel-2 görüntüleri üzerinden çalışma alanı rastgele orman algoritması ile sınıflandırılarak orman içi açıklıkların güncel durumları elde edilmiştir. Daha sonra ise tespit edilen orman içi açıklıkların Landsat görüntüleri üzerinden normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) zaman serisi analizleri yapılarak bu açıklıkların vejetasyon değişimi ortaya konulmuştur. Sentinel-2 görüntüleri ile yapılan sınıflandırma çalışmasında orman, orman içi açıklık alanları ve boş alanlar olmak üzere arazi üç sınıfa ayrılmıştır. Yapılan sınıflandırma çalışmasının genel doğruluğu %89.46, Kappa istatistik değeri ise 0.810 hesaplanmıştır. Elde edilen orman içi açıklık alanları meşcere haritasındaki alanlar ile kıyaslandığında on bölge için ortalama %52.56 civarında kapalılık yönünde bir değişim olduğu görülmüştür. NDVI zaman serileri ile yapılan analizler sonucunda orman içi açıklık alanlardaki vejetasyonun genel olarak arttığı ve dolayısıyla alanların kapanma eğiliminde oldukları görülmüştür.

Detection of temporal changes of treeless forest areas using remote sensing techniques and Google Earth Engine platform: A case study of Trabzon Düzköy District

Keywords

Stand type
Treeless forest
NDVI
Random forest algorithm
Google Earth Engine

Research Article

Received: 21.09.2023
Revised: 21.10.2023
Accepted: 27.10.2023
Published: 15.08.2024

Abstract

This study aims to detect temporal changes in treeless forest areas using remote sensing techniques on the Google Earth Engine Platform. In this direction, ten treeless forest areas were determined from stand maps. A general study area was determined to include these areas, and the status of treeless forest areas was obtained by classifying the study area with a random forest algorithm on Sentinel-2 images. Then, normalized difference vegetation index (NDVI) time series analyses were performed on Landsat images to reveal vegetation changes in these treeless forest areas. In the classification study conducted with Sentinel-2 images, the land was divided into three classes: forest, treeless forest areas, and bare land. The overall accuracy of the classification study was calculated as 89.46%, and the Kappa value as 0.810. When the obtained treeless forest areas were compared with the areas on the stand map, it was seen that there was an average change of about 52.56% in terms of forest cover for ten regions. As a result of the analyses made with NDVI time series, it was observed that vegetation in treeless forest areas increased and therefore these areas tended to close.

1. Giriş

Ormanlar, bilimsel kurallara dayalı, planlı ve programlı bir şekilde yönetildiği takdirde, insanoğlunun sürekli bir şekilde faydalanılabileceği alanlardır. Ormanlık politikaları gereği ormanlık alanların düzgün bir şekilde planlanması, insanoğlunun en yüksek düzeyde faydalanmasına imkân vermektedir. Bu kapsamda orman amenajman planları, hedeflenen amaçlar doğrultusunda orman kaynaklarının gelişmesine ve bu kaynaklardan yarar sağlanmasına katkı sağlamaktadır (Akyol ve ark., 2018; Celik ve Kadioğulları, 2022; Eraslan, 1982). Ormanların işletmelerce tespit edilen amaçlara yönelik planlanması ve bu planlamaların günümüzde ve gelecekte uygulanması, amenajman bilim dalının öncül görevlerindedir. Ormanlık faaliyetleri boyunca gereksinim duyulan ürün ve hizmetlerin aksadın ve zamanında karşılanabilmesi için tasarlanan planlamalara orman amenajman planları adı verilmektedir (Celik ve Kadioğulları, 2022). Orman amenajman planları, gelecekte ormanlık faaliyetleri adına yürütülen tüm hesaplamaları ve eylem planlarını içine alan büyük bir veri boyutuna sahip bir plan türüdür. Üretilen bu plan, bir bölgedeki ormana dair çok sayıda öznelilikler hakkında bilgiler içermektedir. Ormanlık alanların toplam yüzölçümleri, bozuk ve verimli orman alanlarının tespiti, ağaçların cins ve türleri, bu özneliliklerin bazıları olarak belirtilmektedir. Amenajman planları, orman ekonomisinde meydana gelen değişimleri tespit etmek ve hedeflenen amaçlara uygunluğu irdelemek için 10 veya 20 yıllık periyotlar şeklinde güncellenmektedir. Buna ek olarak arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin doğru ve hızlı bir şekilde plana işlenmesi insan ile doğa arasındaki etkileşimin yürütülmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Akyol ve ark., 2018; Bozali ve ark., 2015; Uzun ve Somuncu, 2013).

Meşcere haritalarında orman toprağı (OT) diye ifade edilen orman içi açıklıklar zaman içerisinde kapalılığında değişimler söz konusudur. Bu değişimler zamanla ağaçlandırma çalışmaları ya da çevredeki ağaçların tohumlarından kaynaklı artış yönlü olabildiği gibi kesim faaliyetleri ya da yangın gibi doğal afetlerle eksi yönlü olabilmektedir. Bu yüzden bu alanların daha sık periyotlarda izlenmesi ve meşcere haritalarında güncellenmesi ormanlık politikaları ve sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir. Orman alanlarının doğal afetler, antropojenik etki ve doğal süreçlerden dolayı genişleyen ya da daralan dinamik bir yapıya sahip olması, zamanla OT alanlarının da değişmesine neden olmaktadır. Meşcere tipi haritalarında OT vasfıyla haritaya işlenen orman içi açıklıkların arazi çalışmaları gerektirmeden uydu görüntüleri sayesinde hızlı ve güvenli bir şekilde tespit edilmesi mümkündür.

Orman alanlarında meydana gelen değişimler, doğal ve insan kaynaklı etkenler sonucunda gerçekleşmektedir. Orman alanlarındaki bu değişimler, ağaçların çap ve boy büyümelerindeki artışa neden olabilmektedir. Öte yandan bu tür değişimler, insan kaynaklı etkenler sonucunda OT oluşması veya orman kaynaklarının tükenmesi gibi negatif sonuçlar da yol

açabilmektedir. Söz konusu bu değişimlerin hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesi, ormanlık politikalarının sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi açısından önemli bir konudur (Çoban ve Gündoğdu, 2020; Lu ve ark., 2004). Orman amenajman planları meşcere haritalarının güncel olması, ormanlardaki zamanla meydana gelen değişimlerin tespit edilmesi ve bu tespitlerin meşcere haritalarına işlenmesi ile mümkün olmaktadır (Xie ve ark., 2020). Günümüzde gelişen uydu teknolojileri sayesinde arazi yüzeyindeki değişimleri tespit etmek oldukça pratik hale gelmiştir. Çok zamanlı yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama (UA) uydu verileri, arazi örtüsü (Lambin ve ark., 2003; Şirvan ve Tanrıöver, 2023), orman biyokütlesi (Zheng ve ark., 2007; Labrière ve ark. 2023), toprak bozulması (Özsoy, 2007; Güvel ve ark., 2023), ormanlık alanlarda karbon depolama, (Anand ve ark., 2020), su basar ormanlarının izlenmesi (Wang ve ark., 2003; Cipta ve ark., 2021; Parida ve Kumar, 2020) kentsel genişleme (Abebe, 2013) ve daha genel olarak çoğu arazi kullanım (Yılmaz ve ark., 2018) değişikliği gibi uygulamaları izlemek için güçlü bir araç haline gelmiştir. Özellikle son yıllarda gelişen Google Earth Engine (GEE) gibi bulut platformları uydu görüntüleri işlemede birçok avantaj sağlamaktadır (Yılmaz ve ark., 2022). GEE küresel ölçekte birçok UA verisine erişim sağlayan ve analiz edebilen, bilgisayar donanım ve yazılımından bağımsız, JavaScript ve Python kodlama dillerini destekleyen UA için eşsiz bir bulut platformdur (Feizizadeh ve ark., 2023; Oliphant ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2019). GEE bulut platformu Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration, NASA)'ne ait Landsat arşivinin yanı sıra Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency, ESA) ve diğer görüntülerden ücretsiz servis edilen halka açık diğer platformlara da erişebilmektedir. GEE platformu, performansları, modelleme ve tahmin gücü kabiliyeti ve yüksek düzeyde güven doğruluğu nedeniyle yer bilimci alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2018; Desai ve Gaikwad, 2022; Feizizadeh ve ark., 2023; Kaplan ve ark., 2022; Wahap ve Shafri, 2020). GEE özellikle geçmişten günümüze Landsat arşivine erişim, zaman serilerinin hesaplanması gibi olanaklar sayesinde ormanlık alanlardaki oluşabilecek değişimlerin takip edilmesi için oldukça faydalı bir platform haline gelmiştir (Chen ve ark., 2021).

Günümüzde OT alanlarının zamansal değişimlerini konu edinen gerek ulusal gerekse uluslararası birçok çalışma yapılmıştır. Gautam ve ark. (2003) 1976 tarihli Landsat 2, 1989 tarihli Landsat 4 ve 2000 tarihli Hindistan'a ait UA uydusundan alınan uydu görüntülerini maksimum olabilirlik tahmini üzerinden sınıflandırarak coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı analizler yardımıyla arazi örtüsündeki zamansal değişimleri tespit etmeyi amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlar ışığında geçen bu sürede çalılık, geniş yapraklı orman, kozalaklı orman alanlarının arttığı, fundalık ve otlak alanların ise azaldığı gözlemlenmiştir. Başkent ve Kadioğulları (2007) yaptıkları çalışmada 1,778 m²'lik alana sahip orman kaynaklarındaki zamansal değişimleri FRAGSTATS programı yardımıyla incelemiştir. 1987-2001 tarihleri arasındaki Landsat görüntüleri ve 1972-2004 tarihleri arasındaki meşcere haritaları bu çalışmada kullanılan

verilerdir. Sonuçlar ormanlık alanların 1972 ile 1993 tarihleri arasında %3.3, 1987 ile 2001 tarihleri arasında ise %6.7 arttığını göstermiştir. Buna ek olarak orman içi açık alanların 1987-2001 tarihleri arasında 9,083 ha arttığı tespit edilmiştir. [Kadioğulları ve Başkent \(2009\)](#) orman kaynaklarına ilişkin değişimleri zamansal ve konumsal açıdan incelemiştir. Çalışma alanına ait 1987-2001 yılı Landsat uydu görüntülerinden yararlanılarak 1972, 1993 ve 2004 yıllarındaki meşcere haritaları yenilenmiştir. Meşcere haritalarına göre ormanlık alanlarda 1972 ve 1993 yılları arasında %3.61, 1987 ve 2001 yılları arasında da %4.74, 1993 ve 2004 yılları arasında %3.37, 1972 ve 2004 yılları arasında ise %7.10 oranında artış meydana gelmiştir. Buna ek olarak zamansal açıdan bölgedeki orman alanlarının kapalılığı artmış ve daha kaliteli orman varlığı oluşmuştur. [Karabulut ve ark. \(2006\)](#), 1984-2003 ve 2016 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerine kontrolsüz sınıflandırma tekniği uygulayarak, Kahramanmaraş ve çevresindeki zamansal değişimleri tespit etmeyi amaçlamışlardır. Sonuçlara göre yerleşim ve ağaçlık alanların 1984 yılından 2016 yılına kadar sürekli bir şekilde arttığı, tarım ve çıplak yüzeyli alanların ise sürekli bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. [Kadioğulları \(2013\)](#), 1972-2005 yılları arasında çalışma alanında meydana gelen zamansal ve konumsal değişimleri FRAGSTATSTM programı yardımıyla tespit etmeyi amaçlamıştır. 1/23000 ölçekli hava fotoğrafları üzerinden üretilen 1/25000 ölçekli çalışma sahasına ait meşcere haritası ve IKONOS uydu görüntüleri üzerinden gerçekleştirilen sınıflandırma sonucunda çalışma alanındaki toplam ormanlık alanda 1,823 ha artış olduğu, kümülatif orman iyileştirilmesi oranının ise %2.06 olarak hesaplandığı görülmüştür. [Zengin ve ark. \(2018\)](#) yaptıkları çalışmada Hasanlar Barajı havzasının 1986-2010 yıllarına ait sayısallaştırılmış meşcere haritaları üzerinden arazi kullanım biçimlerindeki zamansal değişimleri tespit etmişlerdir. Bu bağlamda bölgedeki arazi kullanım biçimleri orman (yapraklı, ibreli, karışık, bozuk), orman toprağı, fındıklık, ziraat, mera ve diğer alanlar olmak üzere toplam 6 farklı sınıfa ayrılmıştır. Sonuçlar, orman alanlarının geçen zaman diliminde 64,843 hektardan 62,709 hektara kadar gerilediğini göstermiştir. Aynı şekilde bölgedeki orman toprağı alanı da 1,377.4 hektardan 1,127.9 hektara düştüğü tespit edilmiştir. [Kaptan ve Durkaya \(2019\)](#) çalışma alanına ait arazi örtüsündeki zamansal değişimleri çeşitli sınıflara ayırarak incelemeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda çalışma alanına ait orman amenajman planları ve meşcere tipleri haritalar temin edilerek 1967 ile 2006 yılları arasındaki zamansal değişimler ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre ormanlık alanlarda 227.6 ha artış, orman dışı alanlarda ise 227.6 ha değerinde bir azalış olduğu görülmüştür. Orman dışı alanlar sınıfında yer alan orman içi açık alanlarda ise 36.69 ha değerinde bir artış tespit edilmiştir. [Li ve ark. \(2019\)](#) yaptıkları çalışmada su basar orman türlerinin fenolojik değişimlerini belirlemek için GEE platformunda Sentinel-2 görüntülerinden 2017-2018 yılları arasında normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) zaman serisi oluşturuldu. Yapılan çalışmada su basar ormanların fenolojik değişimlerde büyük farklılıklar olduğunu

ortaya koymuşlardır. Çalışmanın genel doğruluk %84 ve Kappa değeri 0.840 olarak hesaplanmıştır. [Baines ve ark. \(2020\)](#) kentsel bir alanda orman alanlarının kapalılığını, yüksekliğini ve yoğunluğunu tahmin etmek amacıyla rastgele orman (RO) algoritması kullanmışlardır. Algoritma LiDAR, Sentinel-2 ve iklim ve topografya verileri ile eğitilmiştir. Yapılan çalışmada orman alanlarının kapalılığının yaklaşık %16.5, yüksekliğinin yaklaşık 8.1-15.0 m ve 4.6 m genişliğinde yoğun ağaçlardan oluştuğunu belirlemişlerdir. [Ghosh vd. \(2020\)](#) yaptıkları çalışmada Bhitarkanika da bulunan su basar orman örtüsü yüksekliğini belirlemek için Sentinel-1 ve Sentinel-2 verileri kullanmışlardır. Çalışmada RO algoritması ve sembolik regresyon (SR) kullanarak sentetik açıklıklı radar (SAR) ve optik verilerden orman örtüsü yüksekliğini tahmin eden bir model geliştirmişlerdir. RO modelinde gözlenen ve tahmin edilen orman örtüsü yüksekliği arasında RMSE 1.57 m, R² 0.60, SR modelde ise RMSE değeri 1.48, R² ise 0.62 olarak hesaplanmıştır. [Kaptan \(2021\)](#) çalışma alanına ait arazi örtüsü, toplam orman alanı, gelişim çağları ve kapalılık sınıflarında 1995-2018 yılları arasında meydana gelen zamansal ve konumsal değişimleri tespit etmeyi amaçlamıştır. 1995 ve 2018 yıllarında üretilen meşcere tipi haritaların ArcGIS yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar ışığında arazi örtüsünün %27'sinde, gelişim çağının %56'sında ve kapalılık sınıfının ise %55'inde değişimler meydana gelmiştir. Buna ek olarak arazi örtüsü kategorisinde yapraklı orman %61, orman içi açık alan %30 ve ziraat %1 azalırken, ibreli orman %9 ve yerleşim alanı %20 oranında arttığı gözlemlenmiştir. [Sauti ve Karahalil \(2022\)](#) çalışma alanının ekosistem dinamikleri ve arazi örtüsü faktörlerinin zamansal değişimlerini tespit etmeyi amaçlamışlardır. 43 yıllık bir zaman diliminde meydana gelen değişimleri belirlemek için 1972, 2004 ve 2015 yıllarında üretilen meşcere tipi haritaları ve amenajman planları kullanılmıştır. ArcGIS yazılımı yardımıyla sayısallaştırılmış üç farklı meşcere tipi haritalar üzerinden gerçekleştirilen alansal kıyaslamalara göre, bozuk ormanlık alanların kayda değer bir şekilde azaldığı, karışık ormanlık alanların %117.2 oranında keskin bir artış gösterdiği ve son olarak genel orman varlığının ise %42 oranında arttığı tespit edilmiştir. [Sönmez ve ark. \(2022\)](#) orman kaynaklarındaki zamansal ve mekânsal değişimleri CBS kullanarak analiz etmişlerdir. Bu kapsamda çalışma alanına ait 1972, 2004-2006 ve 2017 yıllarındaki orman envanter kayıtlarını kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre 45 yıllık periyotta çalışma alanındaki ormanlık alanların %4.5 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda verimli orman alanlarının 24.13 hektardan 60.85 hektara yükseldiği, orman içi açık alanların ise 122.34 hektardan 97.09 hektara düştüğü tespit edilmiştir. [Şirvan ve Tanrıöver \(2023\)](#), Bursa şehrine ait Sentinel uydu görüntüleri yardımıyla obje tabanlı sınıflandırma kullanılarak arazi örtüsünde meydana gelen zamansal değişimleri tespit etmeyi amaçlamışlardır. 1972-2021 tarihleri arasında geçen zaman diliminde orman alanlarında ve açık yeşil alan miktarlarında sırasıyla 1,622 ve 3,450 hektarlık bir artış olduğu, açık alanlarda ise büyük bir değişimin yaşanmadığı gözlemlenmiştir.

OT alanlarının uydu görüntüleri ile izlenmesi ve dinamik bir şekilde güncellenmesine yönelik çalışmaların gerek ulusal gerekse uluslararası literatürde yetersiz olması bu çalışmadaki motivasyonun ana kaynağını oluşturmaktadır. Bu amaçla bu çalışmada Trabzon İli sınırları içerisinde seçilen pilot çalışma sahası içerisinde meşcere haritalarından seçilen on adet OT alanı belirlenmiştir. Belirlenen bu OT alanları üzerinde GEE platformunda UA teknikleri ile RO makine öğrenme algoritması kullanılarak sınıflandırma yapılmış ve aynı zamanda her bir alan için normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi NDVI zaman serisi analizi yapılmıştır. Bu çalışma ile kullanılan GEE platformu ve UA teknikleri ile OT alanlarının çok hızlı bir şekilde belirlenebileceği ve mevcut alanlarının meşcere haritalarında daha sık periyotlarla güncellenebileceği ortaya koyulmuştur.

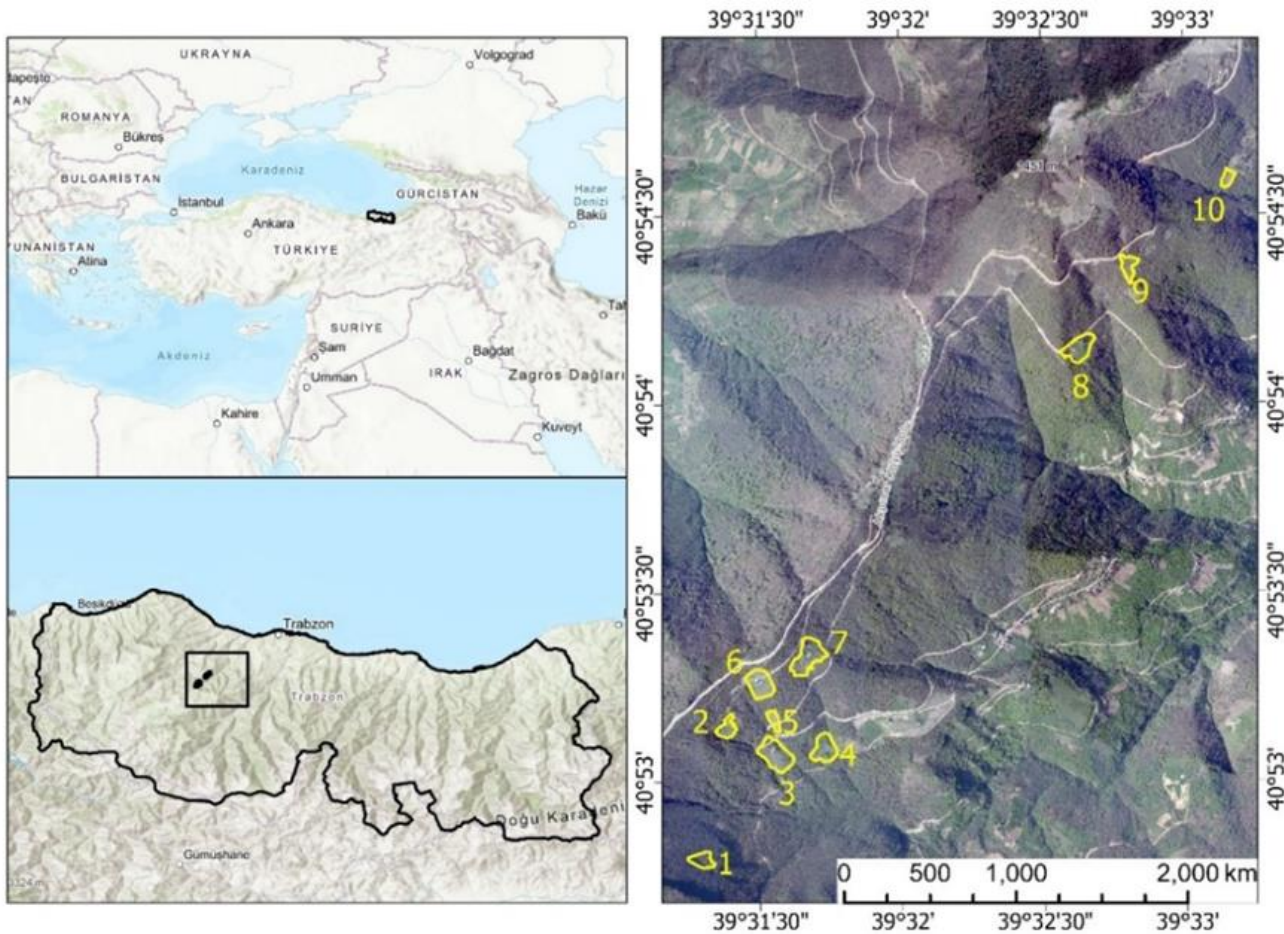
2. Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Bu çalışma Türkiye'deki Doğu Karadeniz Bölgesinin bir ili olan Trabzon il sınırları içinde gerçekleştirilmiştir. Trabzon, Türkiye'nin en kalabalık yirmi yedinci ili olma özelliğini taşımaktadır. İl, Karadeniz dağları ve sahili boyunca uzanmakta olup batısında Giresun, doğusunda

Rize ve güneyinde Gümüşhane illerine komşudur. Dağların denize paralel uzandığı Trabzon İli'nde topraklarının %22.4 yaylalardan oluşurken %77.6'sı tepeliklerden meydana gelmektedir. Bu ilde tipik Karadeniz iklimi hâkim olup her mevsim bol yağışlı ve nemlidir. Yıl boyunca ortalama sıcaklık 22.3 °C civarında olup, yıllık ortalama yağış miktarı ise 830 mm dir (Vatandaşlar ve Zeybek, 2021). Trabzon İli oldukça zengin bir biyoçeşitliliğe sahiptir. Başlıca kozalaklı ağaçlar; Ladin (*Picea orientalis*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp), Fıstık çamı (*Pinus pinea*), geniş yapraklılar; Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Adi gürgen (*Carpinus betulus*), Kızılağaç (*Alnus* spp), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*), Sapsız meşe (*Quercus petraea*) ve Gürgen yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia*) gibi çeşitli türlere ev sahipliği yapmaktadır (Güner ve ark., 2014).

Trabzon İli'ne bağlı Düzköy İlçesi sınırlarında yer alan Cevizlik Köyü yakınındaki ormanlık alanların bulunduğu bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanı seçimi eldeki veriler doğrultusunda belirlenmiştir. Çalışma alanı sınırları içerisinde yer alan ve OT vasfıyla meşcere tipi haritalarına işlenen orman içi açıklıklar belirlenerek 1'den 10'a kadar numaralandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı.

2.2. Kullanılan veri kaynakları

Bu çalışmada Sentinel-2 (MSI) ve Landsat-5 (TM), Landsat-7 (ETM+), Landsat-8 (OLI) ve Landsat-9 (OLI-2)

olmak üzere temelde iki ayrı uydu platformu kullanılmıştır. Sentinel-2 uydu görüntülerinden sınıflandırma yapılarak OT alanları tespit edilirken Landsat görüntülerinden belirlenen bu OT alanlarındaki

Tablo 1. Kullanılan uydu görüntülerine ait özellikler.

Spektral aralık	Dalga boyu Landsat-5 (TM) (nm)	Dalga boyu Landsat-7 (ETM+) (nm)	Dalga boyu Landsat-8 (OLI) (nm)	Dalga boyu Landsat-9 (OLI-2) (nm)	Mekansal çözünürlük (Landsat) (m)	Dalga boyu (S2A/S2B) (nm)	Mekansal çözünürlük (Sentinel) (m)
Mavi bant	450-520	450-520	450-510	450-510	30	496.6/492.1	10
Yeşil bant	520-600	520-600	530-590	530-590	30	560/559	10
Kırmızı bant	630-690	630-690	640-670	640-670	30	664.5/665	10
Yakın kızılötesi bant	760-900	770-900	850-880	850-880	30	835.1/833	10
Kısa dalga kızılötesi-1 bant	1,550-1,750	1,550-1,750	1,570-1,650	1,570-1,650	30	1,613.7/1,610.4	20
Kısa dalga kızılötesi-2 bant	2,080-2,350	2,080-2,350	2,110-2,290	2,110-2,290	30	2,202.4/2,185.7	20

2.3. Metodoloji

2.3.1. Rastgele orman algoritması

Bu çalışmadaki sınıflandırma işlemi RO algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. RO algoritması karar ağaçlarının kümelerine göre tahmin ve sınıflandırma yapan bir makine öğrenme algoritmasıdır (Breiman, 2001). Bireysel olarak oluşan karar ağaçları karar ormanı oluşturmak için bir araya gelir (Yılmaz ve ark., 2023a). Sınıflandırma ve regresyon karar ağaçları, en iyi tahminde bulunmaya yönlendirecek şekilde karar ormanları oluşturur (Ghimire ve ark., 2010). UA tekniklerinin kullanıldığı çalışmalarda RO algoritmasının çeşitli avantajları vardır. Özellikle büyük verileri sınıflandırmada diğer algoritmalara göre performansı daha iyidir. Bir diğer avantajı ise topluluk algoritması olarak, gürültüyü önlemede daha başarılıdır. Aynı zamanda her girdi özelliğinin önemini nicel değerlendirmesini sağlar (Li ve ark., 2019). Bunlara ek olarak RO, daha etkili tahmin gücü yaratmak amacıyla iterasyonlarla verileri etkili bir şekilde vurguladığı için diğer yöntemlere göre oldukça başarılıdır (Belgiu ve Drăgu, 2016).

RO algoritması GEE platformunda kod kütüphanesinde mevcut olarak kullanıcılara sunulmaktadır. Algoritma ormandaki ağaç sayısı (ntree) ve ağaçtaki düğüm sayısı (mtry) olmak üzere iki parametre girilerek sınıflandırma yapar. Daha önceki yapılan çalışmalarda ntree değeri 500 kullanılması önerilmiştir (Belgiu ve Drăgu, 2016). RO algoritması bir özelliğin sınıflarla ilişkili önemini Gini indeksi ile ölçer. Gini indeksi aşağıdaki Eşitlik 1 ile ifade edilir.

$$Gini = \sum_{j \neq i} \sum \left(\frac{f(C_i, T)}{|T|} \right) \left(\frac{f(C_j, T)}{|T|} \right) \quad (1)$$

Burada, T eğitim verisini, $\frac{f(C_i, T)}{|T|}$ ise seçilen bir pikselin C_i sınıfına ait olma olasılığıdır.

2.3.2. Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) zaman serisi

NDVI zaman serisi, bitki örtüsünün mevsimsel yapısı ve zaman içerisindeki gelişimi hakkında bilgi veren bir

indeks türüdür. Orman alanlarındaki bitki örtüsü gerek mevsimsel gerekse insan kaynaklı etkenlerden dolayı zaman içerisinde dinamik bir şekilde değişkenlik göstermektedir (Jin ve ark., 2018). Orman alanlarındaki bu değişimleri izleyebilmek için NDVI zaman serileri oldukça yararlıdır. NDVI bir bölgedeki bitki örtüsünün yoğunluğu ve sağlığı hakkında faydalı bilgiler sağlar (Rouse ve ark., 1974). Sağlıklı bitkiler, mavi ve kırmızı ışığın çoğunu emerken yeşil ve yakın kızılötesi (NIR) ışığı yansıtır. Bitkilerin bu özelliğinden yola çıkılarak NDVI Eşitlik 2 ile ifade edilir. NDVI indeksi -1 ile +1 arasında değer almaktadır. Negatif değerler bitki örtüsü açısından zayıf alanları gösterirken pozitif değerler bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgeleri temsil etmektedir (Chaitanya ve ark., 2021).

$$NDVI = \frac{Yakın\ kızılötesi\ bant - Kırmızı\ bant}{Yakın\ kızılötesi\ bant + Kırmızı\ bant} \quad (2)$$

Eşitlik 2’de Sentinel görüntüleri için yakın kızılötesi bant B8’i, kırmızı bant ise B4’ü ifade etmektedir. Landsat 5/7 görüntülerinde ise yakın kızılötesi bant B4’ü, kırmızı bant B3’ü temsil ediyor iken, Landsat 8/9 görüntülerinde yakın kızılötesi bant B5’i, kırmızı bant ise B4’ü temsil etmektedir.

Bu çalışma temelde üç adımdan oluşmaktadır. Birinci adımda seçilen çalışma bölgesine ait meşcere tipi haritasından orman içi açıklıkları temsil eden on farklı OT alanı birbirine yakın olacak şekilde tüm çalışma alanı içerisinde rastgele bir şekilde belirlenmiştir. Seçilen OT alanları meşcere tipi haritalarından ArcGIS yazılımı ile sayısallaştırılarak her bir OT alanına ait yüzölçümü değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında bu OT alanlarının bulunduğu bölge, Sentinel-2 görüntüleri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi GEE platformunda RO algoritması kullanılarak yapılmıştır. Uydu görüntüsünün kırmızı, yeşil, mavi, NIR bantları sınıflandırma işleminde kullanılmış olup, bölgedeki vejetasyon yoğunluğu dikkate alınarak sınıflandırma doğruluğunu artırmak için NDVI sınıflandırmaya bant olarak dahil edilmiştir (Ustuner ve ark., 2014). Çalışmanın üçüncü aşamasında ise seçilen on farklı OT alanlarındaki vejetasyon değişimini tespit etmek amacıyla 1985-2022 yılları arasında Landsat görüntüleri kullanılarak NDVI zaman serisi analizi yapılmıştır.

2.3.3. Doğruluk değerlendirmesi

Yapılan çalışmanın doğruluk değerlendirmesi oluşturulan hata matrisinden üretici doğruluğu (ÜD), kullanıcı doğruluğu (KD), genel doğruluk (GD) ve Kappa istatistiği hesaplanarak değerlendirilmiştir. ÜD bir sınıfı eğitmek için toplanan piksellerin ne kadarının doğru sınıflandırıldığını gösterir. KD herhangi sınıfa atanan bir pikselin bu sınıfı gerçekte temsil etme olasılığını gösterir. GD doğru sınıflandırılmış piksel sayılarının toplam piksel sayısına bölünmesi ile hesaplanır ve sınıflandırmanın genel doğruluğunu gösterir. Kappa istatistiği bir diğer uyum ya da doğruluk ölçütü olarak kullanılabilir. Kappa istatistiği temel olarak sınıflandırmanın rastgele atama değerlerine kıyasla ne kadar doğru yapıldığını test eder (Ahady & Kaplan, 2022; Ateş, 2022; Cohen, 1960; Yılmaz, 2021). Doğruluk metrikleri Eşitlik (3-6) ile hesaplanır.

$$UD = \frac{S_{ij}}{S_i} \times 100 \quad (3)$$

$$KD = \frac{S_{ij}}{S_j} \times 100 \quad (4)$$

$$GD = \frac{S_t}{n} \times 100 \quad (5)$$

$$Kappa = nxS_t - \sum_{i=1}^r \frac{S_{ij}}{n^2} - \sum_{i=1}^r S_{ij} \quad (6)$$

Burada; S_t doğru sınıflandırılmış piksellerin toplamını gösterir, n ise tüm pikselleri ifade eder. r , satır sayısını gösterir. S_{ij} , i satırı ve j sütunundaki gözlemdir. S_i , i sırasının marjinal toplamıdır. S_j , j sütununun marjinal toplamı gösterir.

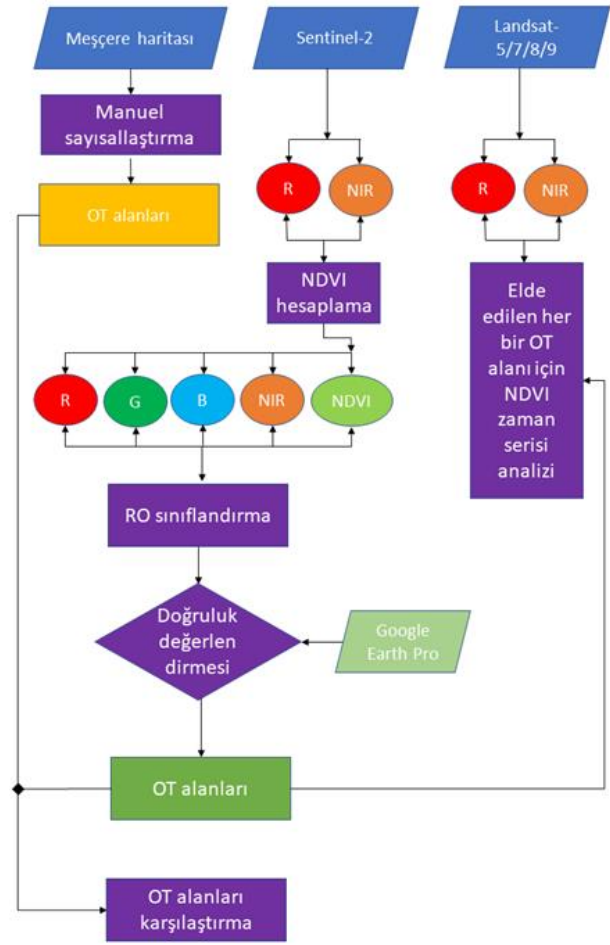
Yapılan çalışmaya ait genel iş akışı Şekil 3'de verilmiştir.

3. Bulgular

3.1. RO sınıflandırma

Bu çalışmada bölgeye ait meşcere tipi haritalarından on adet OT alanı tespit edilmiştir. Bu alanlar çeşitli büyüklüklere sahip olup çalışma alanı seçiminde herhangi bir özel kriter belirlenmemiştir. Seçilen bu OT alanları meşcere tipi haritalarından ArcGIS yazılımı ile sayısallaştırılarak yüzölçümleri hesaplanmıştır. Daha sonra vektör veri formatına dönüştürülen bu alanlar GEE platformuna aktarılmıştır. GEE platformuna aktarılan bu OT alanlarını içine alacak şekilde bir çalışma alanı belirlenerek 2022-05-07, 2022-09-30 tarih aralığını kapsayan Sentinel-2 görüntü koleksiyonu oluşturulmuştur. Görüntü seçilirken %5 bulut filtresi uygulanarak %5'in üstündeki bulutlu görüntüler elenmiştir. Elde edilen koleksiyonda alanı kaplayacak şekilde tek bir görüntü üretmek için medyan istatistiği uygulanmıştır. Sınıflandırma amaçlı GEE platformunda JavaScript kodları kullanılarak RO algoritması ile sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma işlemi, bölgenin genel arazi yapısı dikkate alınarak ormanlık alanlar, OT alanları ve boş alanlar (yol, bina vb.) olmak

üzere üç farklı sınıf üzerinden gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sınıflandırma haritası Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. İş akışı diyagramı.

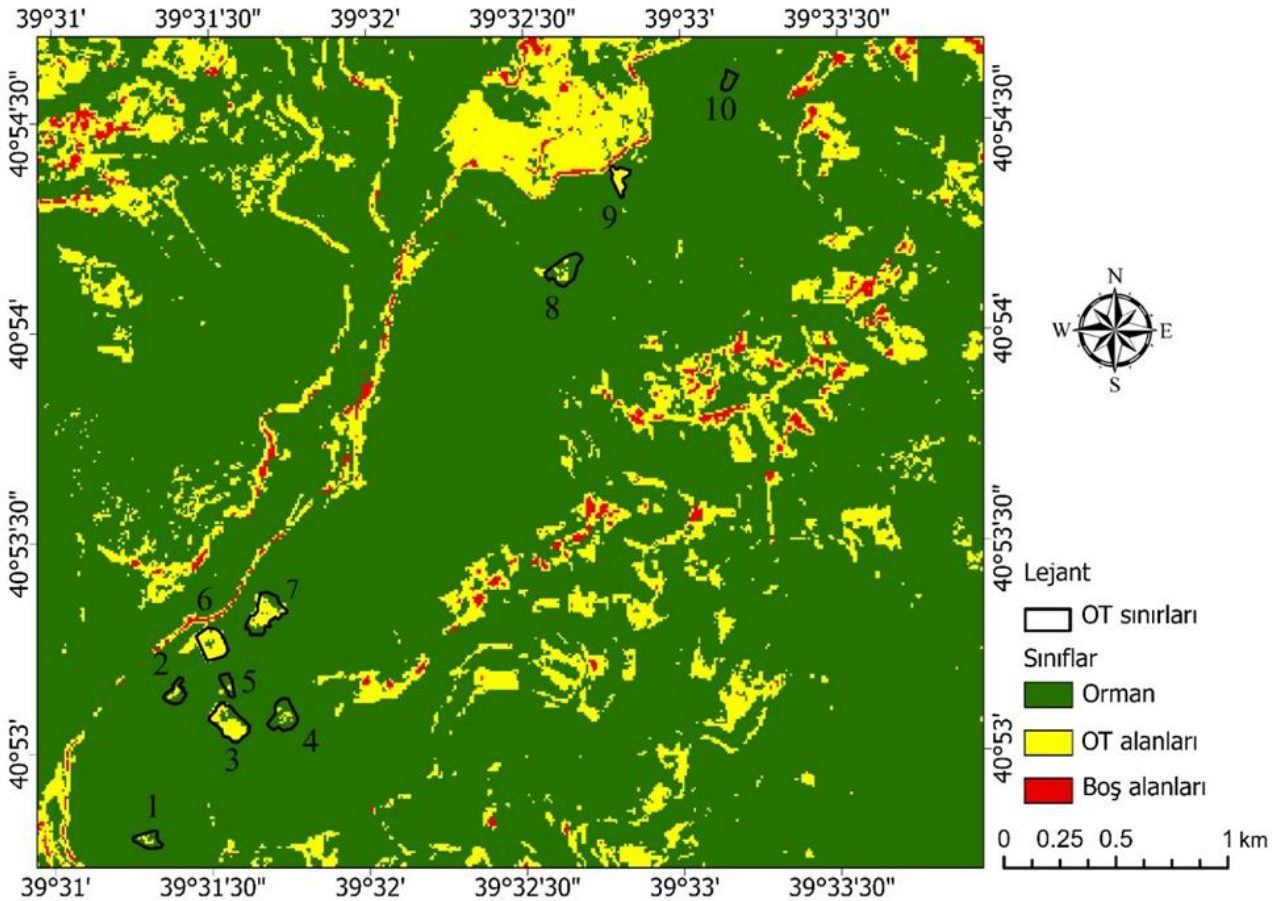
Üretilen sınıflandırma haritasının doğruluk değerlendirmesi için çalışma sahasını kaplayan, Google Earth Pro tarafından sağlanan WorldView-1/2/3, GeoEye-1 ve Airbus'ın Pleiades yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu bağlamda öncelikle çalışma bölgesini içine alacak şekilde toplam 3,805 adet rastgele nokta üretilerek tüm noktaların atandığı sınıf ile Google Earth Pro görüntülerine karşılık gelen arazi sınıfı görsel yorumlamaya dayalı şekilde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda ÜD, KD, GD ve Kappa istatistiği değerlerinin hesaplandığı hata matrisi oluşturulmuştur (Tablo 2). Elde edilen genel doğruluk %85 üzerinde ve Kappa değeri ise 0.810 çıkmıştır. Bu sonuçlara göre yapılan sınıflandırmanın başarılı olduğu görülmektedir (Reis ve Taşdemir, 2010; Ünal ve ark., 2010; Akar ve Güngör, 2013; Sener ve ark., 2013; Apaydın ve Abdikan, 2021).

Bu çalışmada meşcere tipi haritalarından ve sınıflandırma sonucu üretilen haritalardan elde edilen OT alanları Tablo 3'te grafiği ise Şekil 5'te verilmiştir.

Bir numaralı OT'nin meşcere haritası üzerindeki yüzölçümü ile sınıflandırma haritası üzerindeki yüzölçümü arasındaki farkın 5,164.81 m² olduğu görülmüştür. Bu fark bir numaralı OT alanının %79.89 oranında kapandığını göstermiştir. İki numaralı OT için her iki yüzölçümü arasındaki fark 5,035.94 m² olarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda iki numaralı OT alanının

%80.76 oranında kapandığı tespit edilmiştir. Üç numaralı OT alanı bir ve iki numaralı alana kıyasla yüzölçümü açısından daha büyük bir alanı kaplamaktadır. Bu alandaki yüzölçümü farkı, her iki harita üzerindeki yüzölçümü değerleri dikkate alındığında 5,419.4 m² olarak hesaplanmıştır. Bu değer üç numaralı OT alanının %30.93 oranında kapandığını göstermektedir. Bir ve iki numaralı OT alanlarındaki değişim oranları dikkate alındığında üç numaralı OT alanındaki kapanmanın daha az gerçekleştiği görülmektedir. Dört ve beş numaralı OT alanlarında her iki harita üzerindeki yüzölçümleri farkları sırasıyla 10,423.30 m² ve 2,835.45 m² olarak hesaplanmıştır. Bu farklar dört ve beş numaralı OT alanlarının sırasıyla %86.69 ve %73.93 oranlarında kapanarak bir değişime uğradıklarını göstermektedir. Altı numaralı OT alanı için ise her iki yüzölçümü arasındaki fark 3,930.00 m² olarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda altı numaralı OT'nin ilk beş OT aksine-%28.75 oranında genişlediği tespit edilmiştir. Yedi ve sekiz numaralı OT alanlarında her iki harita üzerindeki yüzölçümleri farkları sırasıyla 5,672.30 m² ve 9,231.70 m² olarak hesaplanmıştır. Bu farklar yedi ve

sekiz numaralı OT alanlarının sırasıyla %31.92 ve %70.30 oranlarında kapanarak bir değişime uğradıklarını göstermektedir. Dokuz numaralı OT'de ise altı numaralı OT'ye benzer bir sonuç görülmektedir. Dokuz numaralı OT için her iki yüzölçümü arasındaki fark 6.84 m² olarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda dokuz numaralı OT alanının tıpkı 6 numaralı OT alanı gibi-%0.11 oranında genişlediği tespit edilmiştir. Bu oran göz önünde bulundurulduğunda dokuz numaralı OT alanında herhangi bir değişiklikten söz etmek mümkün değildir. Çalışma alanı sınırları içerisinde seçilen son OT ise on numaralı alandır. On numaralı OT alanının meşcere tipi haritasındaki hesaplanan yüzölçümü 3,663.23 m² iken sınıflandırma haritasındaki hesaplanan yüzölçümü değeri 0.00 m² olarak tespit edilmiştir. Bu durum irdelendiğinde on numaralı OT alanının sınıflandırma haritasında OT olarak değil de orman alanı olarak sınıflandırıldığı görülmüştür. Yani meşcere haritasında OT olarak işaretlenen alan Sentinel-2 (MSI) görüntülerinde orman olarak sınıflandırılmıştır. Bu sonuç OT alanının tamamen ağaçlarla kaplandığını gösterir.



Şekil 4. Sınıflandırma haritası.

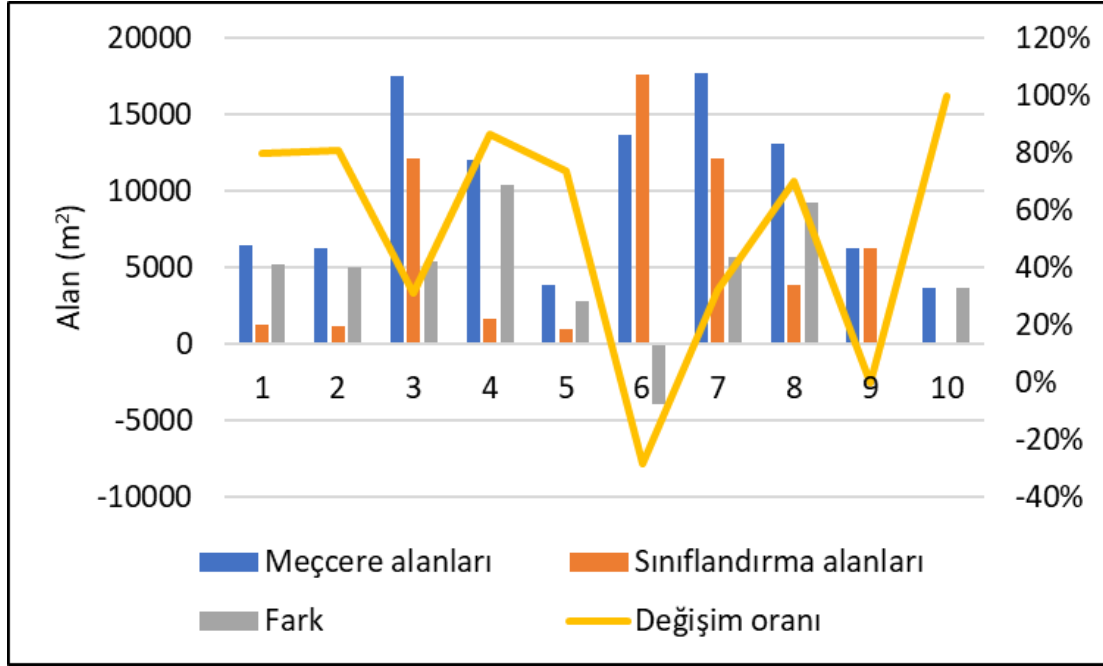
Tablo 2. Sınıflandırma doğrulukları.

Sınıflar	Orman	OT	Boş alanlar	Toplam
Orman	2,175	74	21	2,270
OT	163	871	55	1,089
Boş alanlar	24	64	358	446
Toplam	2,362	1,009	434	3,805
ÜD (%)	92.08	86.32	82.49	
KD (%)	95.82	79.98	80.27	

GD (%): %89.46, Kappa: 0.810

Tablo 3. OT alan değişimleri.

OT	Meşcere alanları (m ²)	Sınıflandırma alanları (m ²)	Fark (m ²)	Değişim oranı (%)
1	6,464.81	1,300.00	5,164.81	79.89%
2	6,235.94	1,200.00	5,035.94	80.76%
3	17,519.40	12,100.00	5,419.4	30.93%
4	12,023.30	1,600.00	10,423.3	86.69%
5	3,835.45	1,000.00	2,835.45	73.93%
6	13,670.00	17,600.00	-3,930.00	-28.75%
7	17,772.30	12,100.00	5,672.30	31.92%
8	13,131.70	3,900.00	9,231.70	70.30%
9	6,293.16	6,300.00	-6.84	-0.11%
10	3,663.23	0.00	3,663.23	100.00%

**Şekil 5.** Alan değişim grafiği.

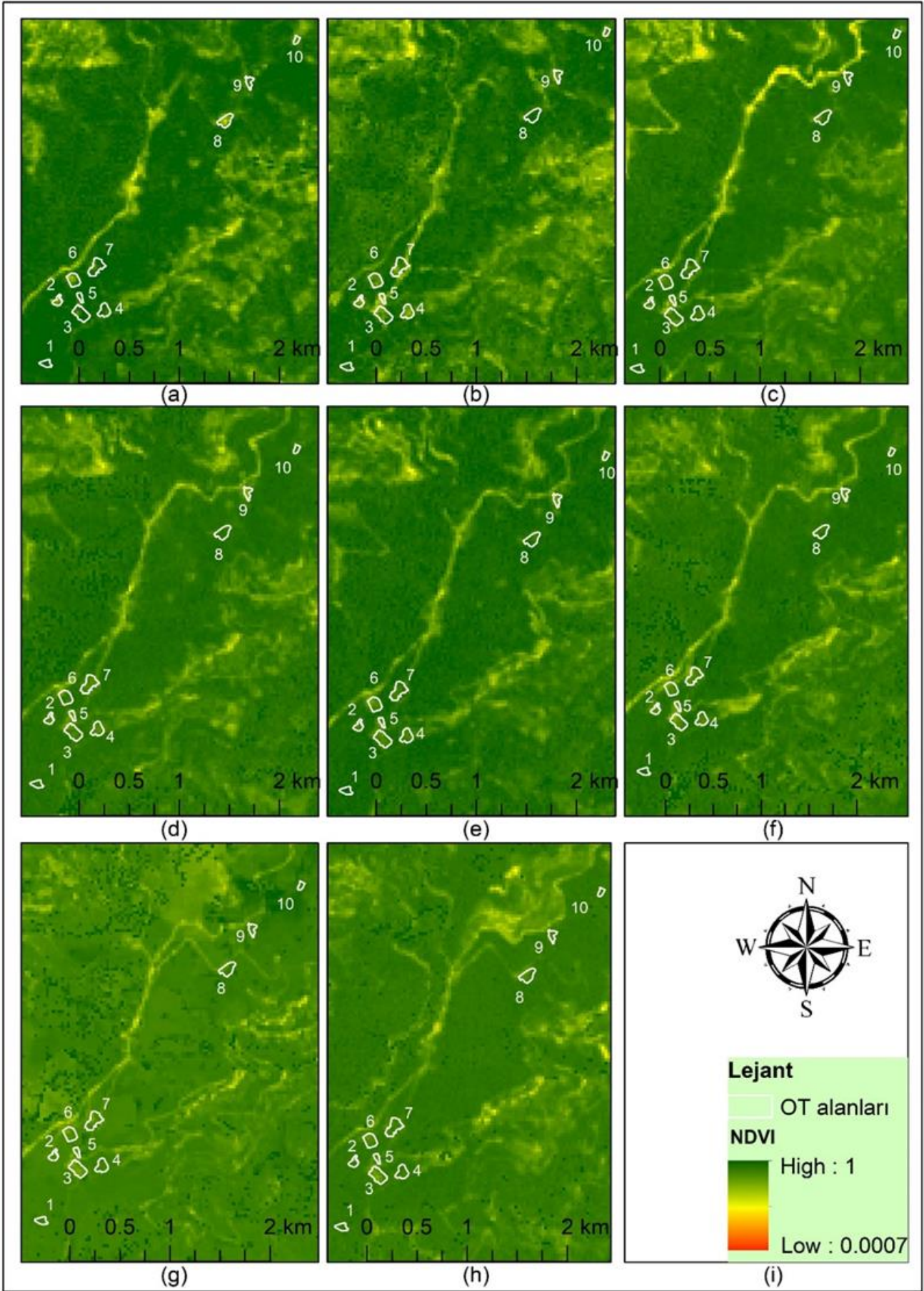
3.2. NDVI zaman serisi analizi

Bu çalışmada 1985-2022 yılları arasında çalışma alanının yıllık NDVI ortalama değerleri hesaplanmıştır. Şekil 6'da beşer yıl arayla hesaplanan NDVI haritaları gösterilmiştir. Tüm OT alanları için yıllık NDVI zaman serisi analizi yapılmıştır (Şekil 7). Spesifik olarak bitki örtüsü üretkenliğinin ve biyokütleinin bir temsili olan NDVI, 1985-2022 yılları arasında hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında NDVI değerlerinin tüm bölgelerde 0.6'nın üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. OT alanlarındaki NDVI değerlerinin genel olarak yüksek çıkması Karadeniz Bölgesinin yoğun vejetasyona sahip olması ile açıklanabilir. Genel olarak 0.1'in altındaki NDVI değerlerinin çorak arazileri, 0.1-0.2 arasındaki NDVI değerlerinin toprak arazileri, 0.2-0.5 arasındaki NDVI değerlerinin ise seyrek bitki örtüsüne sahip arazileri temsil ettiği bilinmektedir (Yılmaz ve ark. 2023b). Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda uygulama kapsamında seçilen OT alanlarının yer yer seyrek ve sığ bitki örtüsü alanlar ile kaplı olduğu sonucuna varılabilmektedir. Şekil 7'de ki grafik incelendiğinde genel olarak NDVI değerlerindeki bir artıştan bahsetmek mümkündür. Bu durum OT alanlarındaki kapılığın zamanla arttığını göstermiştir. Bu sonuç çalışmanın birinci işlem adımıyla elde edilen bulguları destekler niteliktedir. Fakat özellikle altı numaralı OT alanında diğer OT alanlarındaki sonuçların aksine bir durum söz

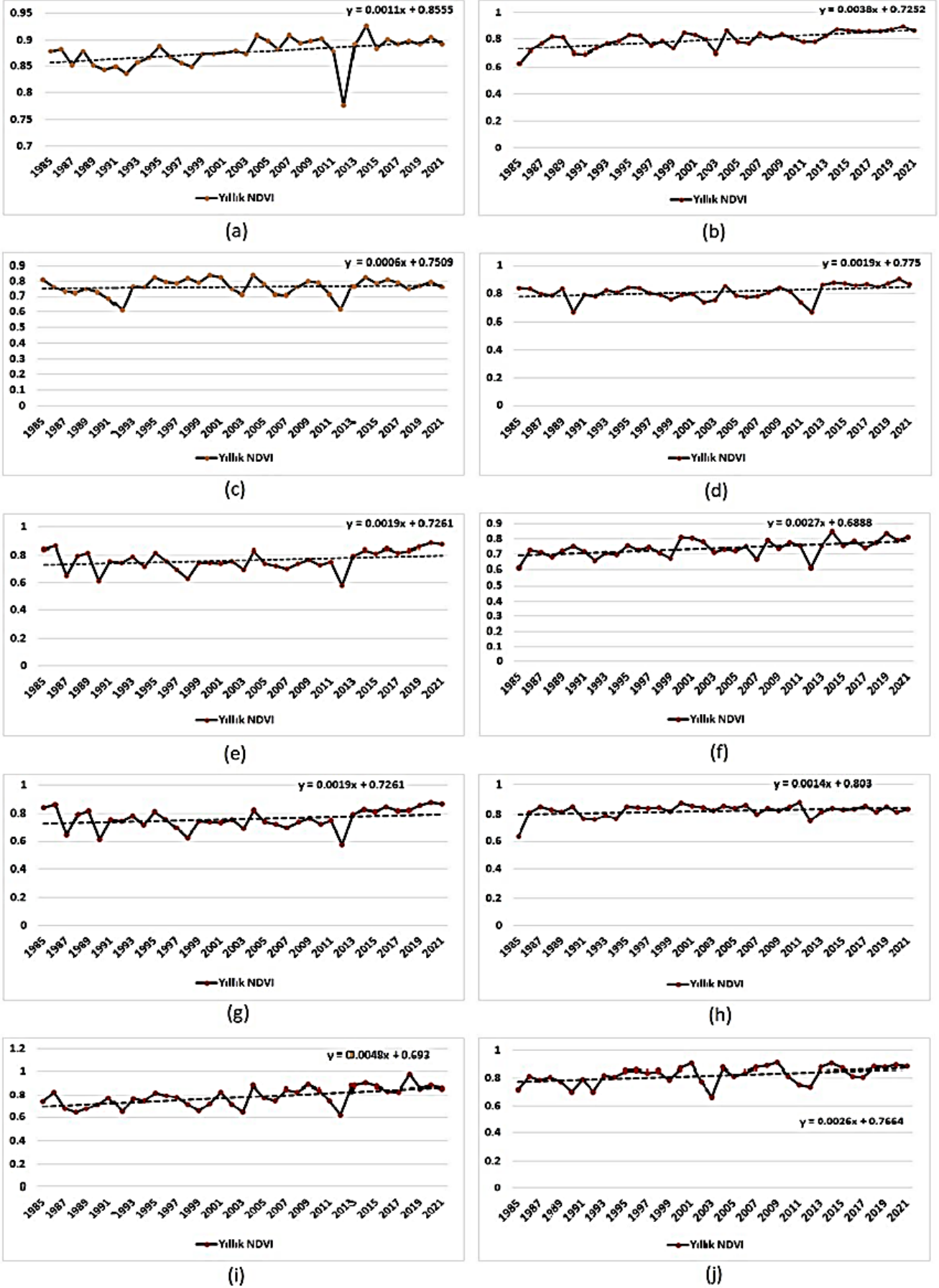
konusudur. Şöyle ki altı numaralı OT alanına ilişkin sonuçlar irdelendiğinde, NDVI zaman serilerinde altı numaralı OT alanının kapılılık oranı azalmasına rağmen sınıflandırma görüntülerinde bu alanın arttığı görülmüştür. Bu durumun nedeni o bölgede bir yol çalışmasının yapılması sonucu piksel yansıma değerlerindeki değişimle açıklanabilir. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar hemen hemen tüm bölgeler için tutarlılık göstermiştir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Ormanlık alanlarda gerçekleştirilen faaliyetlerin uzun yıllar sonra bile hissedilebilmesi, ormancılık politikalarında yürütülen planlamanın ne derece önemli bir faktör olduğunu kanıtlamaktadır. Planlamada veri olarak kullanılan orman envanter kayıtlarının doğru ve hassas bir şekilde üretilmesinin yanında güncel bir veri altyapısına sahip olması da ormancılık politikalarının sağlıklı ve hızlı bir şekilde yürütülebilmesi açısından oldukça önemli bir husustur. Çünkü ormancılık politikalarının yürütülmesine ışık tutan orman envanteri ne kadar güncel bir şekilde kayıt altına alınırsa, bu envanterden üretilen planlamalar o denli sağlıklı ve tutarlı sonuçlar vermektedir (Küçüköğül, 2017). Yapılan bu çalışmada meşcere tipi haritalar yardımıyla seçilen on adet OT alanlarındaki değişimlerin UA teknikleri ile analizi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. OT alanlarının yıllara göre NDVI değişim haritaları: a) 1985, b) 1990, c) 1995, d) 2000, e) 2005, f) 2010, g) 2015, h) 2022.



Şekil 7. Yıllık NDVI zaman serisi grafikleri: a) 1 numaralı OT, b) 2 numaralı OT, c) 3 numaralı OT, d) 4 numaralı OT, e) 5 numaralı OT, f) 6 numaralı OT, g) 7 numaralı OT, h) 8 numaralı OT, i) 9 numaralı OT, j) 10 numaralı OT.

Bu uygulama için çalışma alanı sınırları içinden seçilen on adet OT alanına ilişkin yüzölçümü değerleri,

RO makine öğrenme algoritması ile yapılan sınıflandırma sonucu üretilen harita ile mevcut meşcere haritası

kullanılarak hesaplanmıştır. Her iki harita üzerinden hesaplanan yüzölçümü değerleri dikkate alındığında dokuz numaralı OT hariç diğer tüm OT'lerde kayda değer farklar meydana geldiği tespit edilmiştir. Altı ve dokuz numaralı OT'lerde bu farklar alanların giderek genişlediğini, diğer tüm OT'lerde ise alanların giderek kapandığını göstermektedir.

Şirvan ve Tanrıöver (2023), arazi örtüsündeki değişimlerin tespitine yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada ormanlık alanlarda ve açık yeşil alanlarda sırasıyla 1,622 ve 3,450 hektarlık artışlar hesaplamışlardır. Buna ek olarak açık alanlarda ise tıpkı bu çalışmadaki dokuz numaralı OT alanında olduğu gibi büyük bir değişimin meydana gelmediği vurgulanmıştır. **Zengin ve ark. (2018)** ise yaptıkları çalışmada 24 yıllık zaman dilimi içinde arazi kullanım biçimlerindeki zamansal değişimleri ortaya koymuşlardır. Bu bağlamda orman toprağı alanının 64,843 hektardan 62,709 hektara kadar düştüğünü tespit etmişlerdir. Bu çalışmadaki altı ve dokuz numaralı OT alanları dışındaki tüm OT alanlarında da benzer bir durum görülmektedir. Buna karşın **Kaptan (2021)** ve **Sönmez ve ark. (2022)** gerçekleştirdikleri çalışmalarda 23 ve 45 yıllık bir zaman dilimlerinde uygulama sahalarındaki orman içi açık alanların sırasıyla %30 ve %4.5 oranlarında arttığını tespit etmişlerdir. Buna ek olarak **Kaptan ve Durkaya (2019)** 39 yıllık zaman dilimi içinde arazi örtüsündeki meydana gelen değişimleri tespit etmeye yönelik gerçekleştirdikleri çalışmada da bölgedeki orman içi açık alanların 36.69 hektarlık bir artış eğiliminde olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çalışma için seçilen altı ve dokuz numaralı OT alanlarında da benzer sonuçlar görülmüştür.

Ayrıca 1985 yılından 2022 yılına kadar geçen zaman diliminde NDVI zaman serileri ile yapılan analizler sonucunda OT alanlarındaki vejetasyonun genel olarak arttığı ve dolayısıyla alanların kapanma eğiliminde oldukları görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ışığında çalışma alanındaki OT alanlarının geçen zaman dilimi içinde %70'lere varan ve ortalama olarak %52.56 oranında kapalılık yönünde değişimlere uğradıkları tespit edilmiştir. Yapılan çalışmanın doğruluk analizi, elde edilen hata matrisinden üretici doğruluğu (ÜD), kullanıcı doğruluğu (KD), genel doğruluk (GD) ve Kappa istatistiği hesaplanmasıyla ortaya konulmuştur. Çalışmanın sonucunda elde edilen genel doğruluk %85'in üzerinde ve Kappa değeri ise 0.810 çıkmıştır. Çalışma sonucunda hesaplanan genel doğruluk değerinin literatürdeki benzer çalışmalardan (**Reis ve Taşdemir, 2010; Ünal ve ark., 2010; Akar ve Güngör, 2013; Sener ve ark., 2013; Apaydın ve Abdikan, 2021**) elde edilen genel doğruluk değerleriyle kıyaslandığında yapılan sınıflandırmanın başarılı olduğu görülmektedir. Sonuçlar, orman içi açıklık olarak ifade edilen OT vasfıyla meşçere tipi haritaya işlenen alanların, UA teknikleri yardımıyla sürekli bir şekilde güncellenebileceğini göstermektedir. Böylece gerçekleştirilen uygulama neticesinde orman envanter haritasının temel kaynağı olan meşçere tipi haritasının işgücü ve maliyet gerektirmeden hızlı ve pratik bir şekilde ofis ortamında güncellenebileceği ortaya konulmuştur. Bu bağlamda orman envanter haritasının uygulanan yöntemler neticesinde daha güncel olması, bu haritadan beslenen

tüm ormancılık politikalarının daha doğru ve gerçekçi bir zeminde yürütülmesine katkı sağlamaktadır.

Bu çalışma, gençleştirme ve bakım sahaları, kapalı sahalar, orman içi açıklıklar ve benzeri orman kaynaklarının sürekli ve güncel bir şekilde UA teknikleri yardımıyla tespit edilmesine ve zamansal değişimlerin ortaya konulmasına yönelik bir uygulamadan oluşmaktadır. Bu uygulama, ormancılık faaliyetlerinin ana damarı olan orman kaynaklarının yoğun iş gücü ve arazi çalışmaları gerektirmeden uydu görüntüleri üzerinden güncel bir şekilde izlenebileceğini ve zamansal değişimlerin tespit edilebileceğini göstermiştir. Bu çalışmada güncel durumları tespit edilen OT alanlarındaki zamansal değişimlerin hızlı ve pratik bir şekilde ortaya konulması, çalışma alanındaki orman kaynaklarından sorumlu uygulayıcılara yürüttükleri faaliyetlerin uygulanabilir olması açısından yardımcı olmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışma her ne kadar tek bir çalışma sahası için ele alınmış olsa da tüm ormanlık sahalar için uygulanabilir niteliktedir. Ormanlık sahanın büyüklüğüne bağlı olarak ayları bulan arazi çalışmaları sonucunda elde edilen meşçere tipi haritalar, yüksek iş gücü ve maliyet sonucunda üretilmektedir. Meşçere tipi haritaların üretiminde arazi ölçümlerine ihtiyaç duymaksızın uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve avantajlı hale gelmektedir.

Son olarak gelecekte bu uygulamayı geliştirebilmek amacıyla meşçere tipi haritası üzerinden manuel bir şekilde OT alanlarının sayısallaştırılması yerine derin öğrenme teknikleri üzerinden otomatik bir şekilde tespit edilmesi, web tabanlı geliştirilecek mimariler yardımıyla orman kaynaklarındaki değişimlerin otomatik bir şekilde tespit edilmesine yönelik çalışmalar üzerinde durulacaktır.

Araştırmacıların katkı oranı

Fatih Kadı: Literatür taraması, Analiz, Düzenleme, Metin yazımı, **Osman Salih Yılmaz:** Analiz, Sonuçların hazırlanması ve yorumlanması, Düzenleme

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abebe, G. A. (2013). Quantifying urban growth pattern in developing countries using remote sensing and spatial metrics: A case study in Kampala, Uganda [Master's thesis, University of Twente].
- Ahady, A. B., & Kaplan, G. (2022). Classification comparison of Landsat-8 and Sentinel-2 data in Google Earth Engine, study case of the city of Kabul. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 7(1), 24-31. <https://doi.org/10.26833/ijeg.860077>
- Akar, Ö., Güngör, O., (2013). Eş dizimlilik matrisi ve rastgele orman sınıflandırıcısı ile çay ve fındık alanlarının sınıflandırılması. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013)*, 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon.

- Akyol, A., Serhat, O., & Türkoğlu, T. (2018). Orman amenajman planlarının hazırlanması ve uygulanması sürecinde karşılaşılan sorunlar: İzmir Orman Bölge Müdürlüğü örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 460–469.
- Anand, A., Pandey, P. C., Petropoulos, G. P., Pavlides, A., Srivastava, P. K., Sharma, J. K., & Malhi, R. K. M. (2020). Use of hyperion for mangrove forest carbon stock assessment in Bhitarkanika forest reserve: A contribution towards blue carbon initiative. *Remote Sensing*, 12(4), 597. <https://doi.org/10.3390/rs12040597>
- Apaydin, 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>
- Ateş, A. M. (2022). Unlocking the floating photovoltaic potential of Türkiye's hydroelectric power plants. *Renewable Energy*, 199, 1495-1509. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.096>
- Baines, O., Wilkes, P., & Disney, M. (2020). Quantifying urban forest structure with open-access remote sensing data sets. *Urban Forestry & Urban Greening*, 50, 126653. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126653>
- Başkent, E. Z., & Kadioğulları, A. İ. (2007). Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Turkey: A case study in İnegöl. *Landscape and Urban Planning*, 81(4), 316-327. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.007>
- Belgiu, M., & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>
- Bozali, N., Sivrikaya, F., & Akay, A. E. (2015). Use of spatial pattern analysis to assess forest cover changes in the Mediterranean region of Turkey. *Journal of Forest Research*, 20(4), 365-374. <https://doi.org/10.1007/s10310-015-0493-2>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45, 5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Celik, D. A., & Kadioğulları, A. İ. (2022). Orman Amenajman Planlarına Göre Operasyonel Planlama Model Tasarımı. *Icontech International Journal*, 6(4), 43-54. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7489838>
- Chaitanya, T. P., Singh, U. K., & Agarwal, S. (2021). Forest fire monitoring of wildlife sanctuary using geospatial techniques. *Indian Journal of Ecology*, 48(3), 681-685.
- Chen, S., Woodcock, C. E., Bullock, E. L., Arévalo, P., Torchinava, P., Peng, S., & Olofsson, P. (2021). Monitoring temperate forest degradation on Google Earth Engine using Landsat time series analysis. *Remote Sensing of Environment*, 265, 112648. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112648>
- Chen, W., Shahabi, H., Shirzadi, A., Li, T., Guo, C., Hong, H., Li, W., Pan, D., Hui, J., & Ma, M. (2018). A novel ensemble approach of bivariate statistical-based logistic model tree classifier for landslide susceptibility assessment. *Geocarto International*, 33(12), 1398–1420. <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1425738>
- Cipta, I. M., Sobarman, F. A., Sanjaya, H., & Darminto, M. R. (2021). Analysis of mangrove forest change from multi-temporal Landsat imagery using Google Earth Engine application:(case study: Belitung Archipelago 1990-2020). In *2021 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS)*, 90-95. <https://doi.org/10.1109/AGERS53903.2021.9617354>
- Çoban, H. O., & Gündoğdu, Ş. (2020). Orman alanlarındaki değişimlerin CBS tabanlı belirlenmesi: Çamsu Orman İşletme Şefliği örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 21(1), 60–69. <https://doi.org/10.18182/tjf.693465>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Desai, G., & Gaikwad, A. (2022). Automatic land cover classification with SAR imagery and Machine learning using Google Earth Engine. *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, 13(10), 909-916. <https://doi.org/10.32985/ijeces.13.10.6>
- Eraslan, İ. (1982). Orman Amenajmanı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. No:3010.
- Feizzadeh, B., Omarzadeh, D., Kazemi Garajeh, M., Lakes, T., & Blaschke, T. (2023). Machine learning data-driven approaches for land use/cover mapping and trend analysis using Google Earth Engine. *Journal of Environmental Planning and Management*, 66(3), 665-697. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.2001317>
- Gautam, A. P., Webb, E. L., Shivakoti, G. P., & Zoebisch, M. A. (2003). Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 99(1-3), 83-96. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00148-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00148-8)
- Ghimire, B., Rogan, J., & Miller, J. (2010). Contextual land-cover classification: incorporating spatial dependence in land-cover classification models using random forests and the Getis statistic. *Remote Sensing Letters*, 1(1), 45-54. <https://doi.org/10.1080/01431160903252327>
- Ghosh, S. M., Behera, M. D., & Paramanik, S. (2020). Canopy height estimation using sentinel series images through machine learning models in a mangrove forest. *Remote Sensing*, 12(9), 1519. <https://doi.org/10.3390/rs12091519>
- Güner, A., Karabacak, E., Çingay, B., Güneş, F., Eker, İ., Öztekin, M., ... & Körüklü, T. (2014). Resimli Türkiye Florası. vol. 1. İstanbul: Ali Nihat Gökyigit Vakfı, Flora Araştırmaları Derneği and Türkiye İş Bankası Kültür Yayını.
- Güvel, Ş. P., Akgül, M. A., & Akkoyunlu, M. F. (2023). Monitoring and Evaluation of 2015 Devrek Zonguldak Landslide within the scope of Flood Risk Assessment by Landsat-8 Satellite Data. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9(1), 81-89. <https://doi.org/10.21324/dacd.1152670>

- Jin, Y., Liu, X., Chen, Y., & Liang, X. (2018). Land-cover mapping using Random Forest classification and incorporating NDVI time-series and texture: A case study of central Shandong. *International Journal of Remote Sensing*, 39(23), 8703-8723. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1490976>
- Kadioğulları, A. İ. (2013). Assessing implications of land use and land cover changes in forest ecosystems of NE Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 2095-2106. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2691-0>
- Kadioğulları, A., & Başkent, E. (2009). Orman kaynaklarının konumsal ve zamansal değişiminin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri ile irdelenmesi: İnayet ve Yenice örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 378-390.
- Kaplan, G., Milevski, I., & Valjarević, A. (2022). National Land Cover Mapping Using Various Remote Sensing Datasets In Gee. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 17(2), 297-306. <https://doi.org/10.26471/cjees/2022/017/223>
- Kaptan, S. & Durkaya, A. (2019). Analysing temporal and spatial changes in land cover: the case of Draha Forest Subdistrict Directorate. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 19 (1), 47-56. <https://doi.org/10.17475/kastorman.543428>
- Kaptan, S. (2021). Arazi örtüsü ile meşcere gelişim çağı ve kapallığı kategorilerindeki zamansal değişimlerin incelenmesi: Karabiga Orman İşletme Şefliği örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 22(2), 97-104. <https://doi.org/10.18182/tjf.903733>
- Karabulut, M., Küçükönder, M., Gürbüz, M., & Sandal, E. K. (2006). Kahramanmaraş şehri ve çevresinin zamansal değişiminin uzaktan algılama ve CBS kullanılarak incelenmesi. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 13(16), 1-8.
- Küçükoğul, S. (2017). Kırsal Yerleşmelerde Tasarım Rehberi Süreç ve Değerlendirmeler: Bursa Örneği. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Labrière, N., Davies, S. J., Disney, M. I., Duncanson, L. I., Herold, M., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Quegan, S., Saatchi, S. S., Schepaschenko, D. G., Scipal, K., Sist, P., & Chave, J. (2023). Toward a forest biomass reference measurement system for remote sensing applications. *Global Change Biology*, 29(3), 827-840. <https://doi.org/10.1111/gcb.16497>
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205-241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Li, H., Jia, M., Zhang, R., Ren, Y., & Wen, X. (2019). Incorporating the plant phenological trajectory into mangrove species mapping with dense time series Sentinel-2 imagery and the Google Earth Engine platform. *Remote Sensing*, 11(21), 2479. <https://doi.org/10.3390/rs11212479>
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2401. <https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>
- Oliphant, A. J., Thenkabail, P. S., Teluguntla, P., Xiong, J., Gumma, M. K., Congalton, R. G., & Yadav, K. (2019). Mapping cropland extent of Southeast and Northeast Asia using multi-year time-series Landsat 30-m data using a random forest classifier on the Google Earth Engine Cloud. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 81, 110-124. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.11.014>
- Özsoy, G. (2007). Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].
- Parida, B. R., & Kumar, P. (2020). Mapping and dynamic analysis of mangrove forest during 2009-2019 using landsat-5 and sentinel-2 satellite data along Odisha Coast. *Tropical Ecology*, 61(4), 538-549. <https://doi.org/10.1007/s42965-020-00112-7>
- Reis S., Taşdemir K., (2010). Fındık Alanlarının Kendini Örgütleyen Eşlemlerle (Self Organizing Maps) Belirlenmesi, III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 11 - 13 Ekim 2010, Gebze - Kocaeli.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ*, 351(1), 309.
- Sauti, R., & Karahalil, U. (2022). Investigating the spatiotemporal changes of land use/land cover and its implications for ecosystem services between 1972 and 2015 in Yuvacık. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(4), 311. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09912-x>
- Sener, M., Altintas, B., & Kurc, H. C. (2013). Planning and controlling of hazelnut production areas with the remote sensing techniques. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 16(1), 16-23.
- Şirvan, B., & Akın Tanrıöver, A. (2023). Bursa Kentinin 1979-2021 Yılları Arasında Kentsel Açık Yeşil Alan Değişiminin İrdelenmesi. *Ağaç ve Orman*, 3(2), 14-22.
- Sönmez, T., Gencal, B., Taş, İ., & Kadioğulları, A. İ. (2022). Orman Ekosistemindeki Zamansal Değişimin Orman Amenajman Planları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla İncelenmesi: Bursa Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(3), 618-636. <https://doi.org/10.24011/barofd.1148842>
- Ünal, E., Aydoğdu, M., Ceylan, N., Sezer, A., Özenc, N., & Duyar, Ö. (2010). Giresun İlinde Fındık Alanlarının Uzaktan Algılama ile Tespit Edilmesinde Arazi Topografyasının Etkisinin İncelenmesi ve Alternatif Tarım Ürünlerine Uygunluğunun Belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19(1-2), 1-10.
- Ustuner, M., Sanli, F. B., Abdikan, S., Esetlili, M. T., & Kurucu, Y. (2014). Crop type classification using vegetation indices of rapideye imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(7), 195-198. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-195-2014>
- Uzun, A., & Somuncu, M. (2013). Madra Dağı ve çevresinin arazi örtüsü/kullanımındaki zamansal

- değişimin uzaktan algılama yöntemi ile değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(30), 1-21
- Vatandaşlar, C., & Zeybek, M. (2021). Extraction of forest inventory parameters using handheld mobile laser scanning: A case study from Trabzon, Turkey. *Measurement*, 177, 109328. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109328>
- Wahap, N. A., & Shafri, H. Z. M. (2020). Utilization of Google earth engine (GEE) for land cover monitoring over Klang Valley, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 540(1), 12003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/540/1/012003>
- Wang, Y., Bonyng, G., Nugranad, J., Traber, M., Ngusaru, A., Tobey, J., Hale, L., Bowen, R., & Makota, V. (2003). Remote sensing of Mangrove change along the Tanzania coast. *Marine Geodesy*, 26(1-2), 35-48. <https://doi.org/10.1080/01490410306708>
- Xie, H., He, Y., Choi, Y., Chen, Q., & Cheng, H. (2020). Warning of negative effects of land-use changes on ecological security based on GIS. *Science of the Total Environment*, 704, 135427. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135427>
- Yılmaz, O. S. (2021). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi sistemleri Yardımıyla Yüzen Fotovoltaik Güç Santarallerinin Değerlendirilmesi: Demirköprü Barajı Örneği. [Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi].
- Yılmaz, O. S., Acar, U., Sanli, F. B., Gulgen, F., & Ates, A. M. (2023a). Mapping burn severity and monitoring CO content in Türkiye's 2021 Wildfires, using Sentinel-2 and Sentinel-5P satellite data on the GEE platform. *Earth Science Informatics*, 16(1), 221-240. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-00933-9>
- Yılmaz, O. S., Gülgen, F., & Ateş, A. M. (2022). Determination of the appropriate zone on dam surface for Floating Photovoltaic System Installation using RS and GIS technologies. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(1), 63-75. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1052556>
- Yılmaz, O. S., Gulgen, F., Balik Sanli, F., & Ates, A. M. (2023b). The Performance Analysis of Different Water Indices and Algorithms Using Sentinel-2 and Landsat-8 Images in Determining Water Surface: Demirkopru Dam Case Study. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48, 7883-7903. <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07583-x>
- Yılmaz, O. S., Gülgen, F., Güngör, R., & Kadı, F. (2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Arazi Kullanım Değişiminin İncelenmesi, Köprübaşı İlçesi Örneği. *Geomatik*, 3(3), 233-241. <https://doi.org/10.29128/geomatik.410987>
- Zengin, H., Özdemir, H. Y., & Değermenci, A. S. (2018). Determination of temporal changes in land uses in Hasanlar Dam basin. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 68(1), 53-60. <https://doi.org/10.17099/jffiu.292036>
- Zhang, M., Gong, P., Qi, S., Liu, C., & Xiong, T. (2019). Mapping bamboo with regional phenological characteristics derived from dense Landsat time series using Google Earth Engine. *International Journal of Remote Sensing*, 40(24), 9541-9555. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1633702>
- Zheng, G., Chen, J. M., Tian, Q. J., Ju, W. M., & Xia, X. Q. (2007). Combining remote sensing imagery and forest age inventory for biomass mapping. *Journal of Environmental Management*, 85(3), 616-623. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.07.015>



© Author(s) 2024. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>