

# NATIONAL SCALE LAND COVER CLASSIFICATION AND MONITORING SYSTEM

---

Murat ARSLAN - Reyhan ÇAKIR - İsra AKYAZI  
Nida KUMBASAR - Ahmet DOĞAN - Emre YAVUZ

Uzman, ölleŐme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: arslan.murat@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8739-706X>

Orman Yüksek Mühendisi, ölleŐme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: reyhan.cakir@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9922-4807>

Harita Yüksek Mühendisi, ölleŐme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: isra.akyazi@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7463-1823>

Uzman AraŐtırmacı, Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu Bilişim ve  
Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi

Mail: nida.kumbasar@tubitak.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5497-4618>

Jeoloji Yüksek Mühendisi, ölleŐme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: ahmetdogan@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9030-4942>

Uzman, ölleŐme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

Mail: emre.yavuz@csb.gov.tr

 ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5992-1423>

## ABSTRACT

In our country, many institutions and organizations carry out and plan to carry out projects within the scope of their duties and responsibilities, which play an important role in the development of the country. Land cover data used in these projects are of great importance in the interpretation of the land, modeling studies, monitoring and evaluation analyses. With the National Land Cover Classification and Monitoring System (UASIS) project, it is aimed to establish a national software system that will produce land cover classes determined in line with the needs of all stakeholders semi-automatically on a national scale with artificial intelligence and machine learning technologies and meet monitoring needs.

Sentinel-2 satellite images and auxiliary data received from institutions are classified semi-automatically with artificial intelligence-based algorithms and land cover maps are created annually. With the UASIS project, land cover maps in 5 main classes and 79 subclasses are produced on a national scale. While 32 classes of 79 UASIS subclasses are created automatically, the remaining 47 classes are obtained from auxiliary data. In the UASIS project carried out in cooperation with the General Directorate of Combating Desertification and Erosion and the Scientific and Technological Research Council of Turkey Informatics and Information Security Advanced Technologies Research Center (TÜBİTAK BİLGEM), the 2021 National Land Cover Map is being produced and annual land cover map production will continue. In the pilot region studies conducted in Sakarya, Büyük Menderes and Eastern Black Sea Basins, the accuracy rate in automatically classified classes are between 71% and 98%.

**Keywords:** Land Use, Classification, Remote Sensing, Türkiye

Makale Atıf Bilgisi: Arslan, M. – Çakır, R. – Akyazı, İ. – Kumbasar, N. – Doğan, A. – Yavuz, E. (2024). "Ulusal Arazi Örtüsü Sınıflandırma ve İzleme Sistemi (UASIS)" *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, Yıl: 3, Çölleşme, Erozyon ve İklim Değişikliği Özel Sayısı, s. (119-134)

Makale Türü: Araştırma  
Geliş Tarihi: 30.10.2024  
Kabul Tarihi: 29.10.2024  
Yayın Tarihi: 08.11.2024  
Yayın Sezonu: Kasım 2024

# ULUSAL ARAZİ ÖRTÜSÜ SINIFLANDIRMA VE İZLEME SİSTEMİ (UASİS)

**Murat ARSLAN - Reyhan ÇAKIR - İsra AKYAZI - Nida KUMBASAR  
Ahmet DOĞAN - Emre YAVUZ**

## ÖZ

Ülkemizde, birçok kurum ve kuruluşun görev ve sorumlulukları kapsamında gerçekleştirilen ve gerçekleştirilmesi planlanan, ülke kalkınmasında önemli rol oynayan projeler yürütülmektedir. Bu projelerde kullanılan arazi örtüsü verileri; arazinin yorumlanabilmesi, modelleme çalışmaları ile izleme ve değerlendirme analizlerinde büyük önem arz etmektedir. Ulusal Arazi Örtüsü Sınıflandırma ve İzleme Sistemi (UASİS) projesi ile tüm paydaşların ihtiyaçları doğrultusunda belirlenmiş arazi örtüsü sınıflarını yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknolojileri ile yarı otomatik olarak ulusal ölçekte bütüncül olarak üretecek ve izleme ihtiyaçlarını karşılayacak milli bir yazılım sisteminin kurulması amaçlanmıştır.

Sentinel-2 uydu görüntüleri ve kurumlardan alınan yardımcı veriler yapay zekâ tabanlı algoritmalar ile yarı otomatik olarak sınıflandırılarak arazi örtüsü haritaları yıllık olarak oluşturulmaktadır. UASİS projesi ile 5 ana sınıf ve 79 alt sınıfta arazi örtüsü haritası ulusal ölçekte üretilmektedir. 79 UASİS alt sınıfının 32 sınıfı otomatik olarak oluşturulurken geri kalan 47 sınıf yardımcı verilerden temin edilmektedir. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi (TÜBİTAK BİLGEM) işbirliği ile yürütülen UASİS projesinde 2021 Ulusal Arazi Örtüsü Haritası üretilmekte olup, yıllık arazi örtüsü haritası üretimi devam edecektir. Sakarya, Büyük Menderes ve Doğu Karadeniz Havzalarında yapılan pilot bölge çalışmalarında üretilen arazi örtüsü haritası sınıflandırma doğruluğu otomatik olarak belirlenen sınıflarda %71-%98 arasındadır.

**Anahtar Kelimeler:** Arazi Örtüsü, Sınıflandırma, Uzaktan Algılama, Türkiye

## 1. Giriş

Avrupa Çevre Ajansı tarafından arazi örtüsü; yeryüzünü kaplayan biyofiziksel örtü olarak tanımlanmakta ve araziyi örten bitki örtüsü, sert yüzeyler ve su alanları gibi biyofiziksel kategorilerin ayırt edilmesini sağlamaktadır. Arazi örtüsü verisi arazi yorumlama, izleme ve değerlendirme çalışmalarını mümkün kılarak, doğal kaynak yönetimi, iklim değişikliği senaryoları, karbon emisyon hesaplamaları ve politika belirlenmesi gibi çalışmalarda önem arz etmektedir (Wang vd., 2023). Arazi örtüsünde meydana gelen değişimlerin izlenebilmesi doğru ve sürekli olarak haritalanan arazi örtüsü ile mümkün olmakla birlikte; tarım, şehir ve araziyi örten diğer biyofiziksel kategorilerde meydana gelen değişimlerin düzenli izlenmesi ile şehir ve bölgesel planlamalarda, çevre yönetiminde yol gösterici olmaktadır (Zhang ve Li, 2022).

Geleneksel yöntemlerle arazi örtüsü haritalarının oluşturulması, iş gücü sağlanmasını ve maliyetlerin karşılanmasını gerektirmektedir. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri birlikte daha az maliyet ve efor ile arazi örtüsü ve üzerinde gerçekleşen zamansal değişimin hızlı ve dinamik olarak izlenebilmesine, analiz edilmesine ve yorumlanmasına olanak sağlamaktadır (Rujoiu-Mare ve Mihai, 2016). Günümüzde arazi örtüsü altlık verileri ya çalışmayı gerçekleştiren kişiler tarafından ilgi alanları çerçevesinde üretilmekte ya da hâlihazırda açık veri olarak mevcut olan küresel arazi örtüsü veri setlerinden alınmaktadır. Global ölçekli arazi örtüsü verilerine bakıldığında; ESRI tarafından Sentinel-2 uydu görüntüleri ile 9 sınıfta 2017 – 2023 yılları arasındaki küresel arazi örtüsü/ kullanımı haritaları yapay zekâ kullanılarak üretilmiş ve sınıflarda meydana gelen değişimlerin izlenebilmesi için ‘Sentinel-2 Land Cover Explorer<sup>1</sup>’ ara yüzü geliştirilmiştir (URL-1). Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından başlatılan WorldCover<sup>2</sup> projesi kapsamında Sentinel-1 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak 11 arazi örtüsü sınıfında 2020 ve 2021 yıllarına ait küresel ölçekli haritalar üretmiştir (URL-2). Bunun yanı sıra ülkemiz kurumlarında gerçekleştirilen çalışmalara bakıldığında, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü tarafından 30 cm çözünürlüklü hava fotoğrafları kullanılarak manuel çizilen haritalarla Arazi Parseli Tanımlama Sistemi (LPIS) oluşturulmuştur. LPIS ile tarımsal arazi ve tarım dışı arazi olmak üzere arazi örtüsü 2 ana sınıfta oluşturulmaktadır. Tarımsal arazi sınıfı altında 16 alt sınıf, tarım dışı sınıf altında 9 alt sınıf yer almaktadır. Bir diğer arazi örtüsü haritası Avrupa Konseyi tarafından başlatılan CORINE (Coordination of Information on the Environment) programı kapsamında ilki 1990 yılında üretilen ve daha sonra 2000 yılından başlayarak her altı yılda bir olmak üzere Avrupa Kıtasını kapsayan 44 sınıflı arazi örtüsü/ arazi kullanımı haritası üretilmektedir

1 <https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer/>

2 <https://esa-worldcover.org/en>

(Sertel vd., 2018). Programa üye 39 ülkeden bir tanesi olan ülkemiz için 2000 yılında Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından, 2006 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından, 2012 ve 2018 yıllarına ait haritalar T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından manuel olarak üretilmiş ve akabinde, Avrupa Çevre Ajansı ile paylaşılarak Avrupa arazi örtüsü haritalarına eklenmiştir (URL-3). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile Milli Savunma Bakanlığı iş birliği neticesinde 2024 yılı itibari CORINE Haritaları Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilecektir.

Global ölçekli arazi örtüsü haritaları yerel çalışmalarda kullanılırken dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Üretilen haritanın doğruluğu, global ölçekli uygulamalarda yeterli olsa da yerel ölçekli uygulamalarda yeterli gelmeyebilir. Ayrıca arazinin çok amaçlı kullanılarak (örneğin tarım, ormancılık) heterojen bir yapıya sahip olması ve topoğrafik olarak değişiklik gösteren bölgelerde yine global ölçekli haritaların kullanımının kararı önem arz etmektedir (Aryal et al., 2023). Ülkemize baktığımızda kısa mesafede değişken topoğrafik yapı arz etmekte ve arazi örtüsü heterojen yapıya sahiptir. Global ölçekli mevcut arazi örtüsü haritaları kullanılmak istenildiğinde ülkemiz arazi örtüsü sınıflarını karşılamaması, çözünürlükleri ve güncellenme periyotları ile yetersiz kalmaktadır. Bu sebeplere dayanarak ülkemize has arazi örtüsü sınıfları ile ulusal ölçekte bütüncül bir arazi örtüsü haritası üretecek ve izleyecek bir sistemin eksikliği görülmektedir.

Bu çalışma ile bahsi geçen eksikliğin giderilmesi için ulusal ölçekli arazi örtüsü haritası üretilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi (TÜBİTAK BİLGEM) işbirliği ile 2018 yılında Ulusal Arazi Örtüsü Sınıflandırma ve İzleme Sistemi (UASİS) projesi fizibilite çalışması ile başlatılmıştır. UASİS projesi ile ülkemize özgü belirlenen arazi örtüsü sınıflarını yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknolojilerini kullanarak ulusal ölçekte yarı otomatik olarak üretebilecek ve düzenli aralıklar ile ulusal arazi örtüsünü izleyebilecek açık kaynak kodlu milli bir sistemin kurulması amaçlanmıştır. Amaçlanan hedef doğrultusunda bugün nihai haline getirilen UASİS' in teknik bilgi özeti Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. UASİS Teknik Özet

	UASİS
Haritalanacak En Küçük Alan	0,25 ha
Değişim Belirlenecek En Küçük Alan	0,1 ha
En Küçük Haritalama Genişliği	50 m
Yöntem	Yarı Otomatik

Sınıf Sayısı	79
Doğrulama	Uzaktan Algılama, Aktif Öğrenme
Güncelleme Periyodu	Yıllık

Geliştirilen sistem ile ulusal ölçekli arazi örtüsü haritasının yanı sıra, arazi örtüsü değişim haritası, orman kapalılık haritası, geçirimsizlik haritası ve CORINE dönüşüm haritası da sistem çıktıları olarak hedeflenmiştir.

## 2. UASİS Projesi Yöntemsel Yaklaşım

### 2.1. Proje Fizibilite Çalışması ve Ulusal Arazi Örtüsü Sınıflarının Belirlenmesi

UASİS projesi kapsamında fizibilite çalışması 2017-2018 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Fizibilite çalışmasında paydaş kurumlarla birlikte ülkemizin veri altyapısı ve ihtiyaçlarının belirlenmesi, ulusal arazi örtüsü sınıflarının ülke ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tespit edilmesi, diğer ülkelerde gerçekleştirilen arazi örtüsü çalışmalarının incelenmesi, kurulacak sistemin teknik özelliklerinin tasarlanması ve projenin maliyet ve termin planının oluşturulması amaçlanmıştır. Fizibilite çalışmasında ayrıca arazi örtüsü üretimi hususunda örnek teşkil edebilecek ülkeler belirlenerek, bu ülkelerin arazi örtüsü sınıflandırma projeleri incelenmiştir: Almanya (Griffiths vd., 2019), Avusturya, Finlandiya, Fransa (Stoian vd., 2019), Hollanda (Syrris vd., 2019), İrlanda, İngiltere, İspanya, Macaristan.

Ülkemizin ihtiyaç duyduğu arazi örtüsü sınıflarının belirlenmesi amacı ile arazi örtüsü verisine ihtiyaç duyan ve Tablo 2’de listelenmiş 19 paydaş kurum katılımıyla Odak Grup Çalıştayı 2018 yılında gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalıştayda dört farklı arazi örtüsü grubu kurulmuş (tarım alanları, orman ve yarı doğal alanlar, yapay yüzeyler, sulak alanlar ve su kütleleri), bu gruplar altında gerçekleştirilen görüşmelerde her bir CORINE arazi örtüsü sınıfına denk gelen 4. Seviye arazi örtüsü sınıfları belirlenmiştir. Çalıştayda ayrıca uydu görüntülerinin yetersiz kalması durumunda arazi örtüsü sınıflarının haritalanmasında ülkemiz kamu kurumlarında yürütülen projelerde sağlanan yersel verilerin de kullanılabileceği kararı alınmıştır. Çalıştayın ardından devam eden proje sürecinde genişletilen ve nihai hale gelen UASİS arazi örtüsü sınıfları Tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 2. Fizibilite Çalışmasına Katılım Sağlayan Paydaş Kurumlar

Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü
Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi
Harita Genel Müdürlüğü
Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
Orman Genel Müdürlüğü
Karayolları Genel Müdürlüğü
Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü
Milli Emlak Genel Müdürlüğü
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü
Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü
Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü

Tablo 3. UASİS Arazi Örtüsü Sınıfları

Ana Sınıflar	Alt Sınıflar
Yapay Yüzeyler	Yerleşim Yerleri, Sanayi ve Ticari Alanlar, Maden Çıkarma Alanları, Turizm Alanları, Enerji Tesisleri, Arıtma Tesisleri, Kamu Alanları, Karayolları ve İlgili Alanlar, Demiryolları ve İlgili Alanlar, Limanlar, Havaalanları, Boşaltım Sahaları, İnşaat Alanları, Kentsel Yeşil Alanlar, Spor ve Dinlenme Alanları
Tarım	Tahıl, Tahıl-Mısır, Tahıl-Pamuk, Fasulye, Nohut, Mercimek, Fiğ, Yonca, Kolza, Fiğ-Mısır, Fiğ-Pamuk, Ayçiçeği, Mısır, Pamuk, Şeker Pancarı, Nadas, Patates, Domates, Susam, Tütün, Çeltik, Biber, Diğer Sebzeler, Sera, Üzüm, Çay, Antep Fıstığı, Fındık, Zeytin, Turunçgiller, Badem, Elma, İncir, Kayısı, Kiraz, Şeftali, Vişne, Diğer Meyve ağaçları
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Geniş Yapraklı Ormanlar, İğne Yapraklı Ormanlar, Karışık Ormanlar, Ot ve Çayır Vegetasyonu, Makilikler ve Diğer Çalılıklar, Gençleştirme, Ağaçlandırma ve Rehabilitasyon, Karasal Kumul, Kumsal ve Kıyı Kumulları, Çıplak Kayalıklar, Tuz İçeriği Yüksek Çıplak Topraklar, Seyrek Bitkili ve Bozkır Alanlar, Yanmış Alanlar, Buzul ve Kalıcı Kar
Sulak Alanlar	Sazlık İçermeyen Karasal Bataklıklar, Tuz Bataklıkları, Tuzlalar, Sazlıklar, Turbalıklar
Su Yolları ve Su Kütleleri	Doğal Su Yolları, Yapay Su Yolları, Doğal Su Kütleleri, Yapay Su Kütleleri, Kıyı Lagünleri, Nehir Ağızları, Deniz ve Okyanus

## 2.2. Veri Setleri

Arazi örtüsü haritası üretiminde Sentinel-2 uydu görüntüleri ve paydaş kurumlardan temin edilen ve yardımcı veri olarak adlandırılan veriler kullanılmaktadır. Veri temininin ücretsiz olması ve zamansal çözünürlüğü sebepleri ile Sentinel-2 uydu görüntülerinin arazi örtüsü sınıflandırılmasında kullanılması tercih edilmiştir (Pesaresi vd., 2015). Sentinel-2 uydu görüntüleri Türkiye'yi kapsayan 128 kareajda UASİS ile geliştirilen modül üzerinden otomatik olarak indirilmektedir. İndirilen Sentinel-2 görüntülerinden bulut oranı en az olan görüntüler mozaiklenerek arazi örtüsü haritası üretiminde kullanılacak her aydan en az 1 görüntü olacak şekilde veri seti oluşturulmaktadır.

Paydaş kurumlardan temin edilen yardımcı verilerin bir kısmı yapay zekâ sınıflandırma algoritmalarına dahil edilirken, bir kısım veriler ise direkt olarak sınıflandırmada kullanılmaktadır. UASİS projesinde kullanılan yardımcı veriler ve verinin temin edildiği ilgili kurumlar Tablo 4'te gösterilmektedir.



Tablo 4. UASİS 'de Kullanılan Veri Setleri

Veri Kaynağı	İlgili Kurum
ATLAS Verisi	Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü
LPIS Fiziksel Bloklar Çiftçi Kayıt Sistemi Verisi	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
Orman Meşcere Verisi Gençleştirme, Ağaçlandırma ve Rehabilitasyon Alanları Yanmış Alanlar	Orman Genel Müdürlüğü
Su ve Sulak Alanlar Verisi	Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü
Mera Verisi	Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
Sulanan Alan Verisi	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
Turizm Alanları	Kültür ve Turizm Bakanlığı
Karayolları Verisi	Karayolları Genel Müdürlüğü
Atık Göller Ocak Alanları Döküm Alanları Fabrika	Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü
İşletme Ruhsatları Yapı Hammaddesi İzin Alanları	Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
Atık Su Arıtma İçme Arıtma Tesisleri	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
Altyapı İçme Suyu Arıtma	İller Bankası
Bina Demiryolu Hattı Demiryolu İstasyon Alanı	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü

### 2.3. Yapay Zekâ Tabanlı Yaklaşımlar ile Arazi Örtüsü Sınıflandırması

Arazi örtüsü sınıfları oluşturulurken veri setleri doğrudan ve modellerde kullanım olarak iki şekilde kullanılmaktadır. Sentinel-2 uydu görüntüleri makine öğrenmesi algoritmaları ile sınıflandırılmaktadır. Yapılan literatür çalışması sonucunda görüntü tanıma ve sınıflandırma çalışmalarında DESA tabanlı çözümlerin iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Lecun, 1998, Salman, 2018, Sofu vd., 2020). Ayrıca arazi örtüsü haritaları üretiminde U-Net yönteminin başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür (Demir vd., 2019). Bunlar sonucunda hiyerarşik bir yapı ile oluşturulan sistemde her bir karede ana sınıflar U-NET, alt sınıflar 3B-DESA algoritmaları kullanılarak sınıflandırılmaktadır.

Her yıla ait Mart ve Kasım ayları arasındaki 9 uydu görüntüsü Sentinel-2 kareli bazında seçilerek mozaiklenmekte ve arazi örtüsü sınıflandırması kareli bazında gerçekleştirilmektedir. Sınıflandırmada Kırmızı, Yeşil, Mavi ve Yakın Kızıl Ötesi bantları kullanılmaktadır. Ayrıca arazi örtüsü sınıflandırması yaparken her bölgeye ait farklı bir algoritma çalıştırmaktadır.

Sınıflandırma modellerinin değerlendirilmesi ve modellerin başarımlarının ölçülmesi için K-Fold çapraz doğrulama yöntemi (Aydemir vd.,2020) kullanılmıştır. Doğrulama; Modellerin ürettiği raster verinin düşey eksen piksel sayısı beş eşit parçaya bölünmüştür. Daha sonra her bir parça içinde rastlantısal örnekleme yapılarak tüm ana sınıflardan yaklaşık iki milyon örnek seçilmiştir. Bu beş parçadan dördü 3B-DESA sınıflandırıcının eğitimde kullanılıp kalan parça doğrulama verisi olarak kullanılmıştır. Doğrulan bölge için kappa ve genel doğruluk sonuçları hesaplanmıştır. Tüm parçalar doğrulamaya tabi tutulacak şekilde bu işlem tekrarlanmıştır. Daha sonra elde edilen beş sınıflandırıcı model ile tüm pilot bölge için tahmin haritası üretilmiştir. Tahmin haritası ile eğitimde kullanılan verinin tüm etiketleri kıyaslanarak tüm pilot bölge için kappa ve genel doğruluk sonuçları hesaplanmıştır. Bu doğrulama yöntemi yazılıma entegre edilerek ulusal haritanın oluşturulması için kullanılan 128 kareliğin her biri için otomatik olarak K-fold (Chen vd.,2014) yöntemi uygulanmakta ve hata matrisleri oluşturulmaktadır. Eğitim veri seti sınıflandırıcı modelinin oluşturulması, doğrulama veri seti ise sınıflandırıcı modelinin performansının değerlendirilmesi ve uygun parametrelerin seçimi için kullanılmaktadır. Analiz uygulaması esnasında eğitim veri setini doğrudan, doğrulama veri setini ise dolaylı olarak görmektedir. Test verisi ise sınıflandırıcı modelinin hiç görmediği veri setini temsil etmektedir. Sınıflandırıcı modeli geliştirilirken eğitim ve doğrulama veri seti beraber kullanılmaktadır. Sınıflandırma başarımlarının performans değerleri sınıflandırıcı modelin test verisi kullanılarak gerçekleştirdiği tahmin sonuçları temsil etmektedir. Böylece sınıflandırıcı modeli eğitim aşamasında hiç görmediği test veri seti ile bir tahmin gerçekleştirdiğinden, sınıflandırıcının performansı sınanmaktadır.

Uydu görüntülerinden otomatik sınıflandırma yapılamayan ya da düşük sınıflandırma doğruluğu gösteren arazi örtüsü sınıfları paydaş kurum yardımcı verilerinden temin edilerek direkt olarak sınıflandırılmaktadır. Sistemin dinamikliğinin sağlanabilmesi adına söz konusu veriler paydaş kurumlardan ilgili harita üretim yılları için sürekli olarak temin edilecektir.

Bu çerçevede oluşturulan sistem ile Tablo 3'te gösterilen 79 UASİS arazi örtüsü sınıflarından italik gösterilmiş 32 sınıf bahsi geçen yapay zekâ tabanlı yaklaşımlar ile otomatik olarak tespit edilmektedir. Diğer sınıflar Tablo 4'te belirtilen kurumlardan temin edilmiş veri ile doğrudan haritaya eklenmektedir.

Otomatik olarak bulunamayan bazı sınıfların da uzaktan algılama yöntemleri ile bulunabileceği tahmin edilse de farklı sınıflarla karışma durumu söz konusu olmaktadır. Yapay yüzeyler ana sınıfında bulunan havaalanları alt sınıfından örnek verilecek olursa; Bir havaalanı, herhangi bir binaya benzeyen bir idari bina, yola benzeyen bir pist ve bu yapıları çevreleyen genelde otlarla kaplı açık alandan oluşmaktadır. Bu kısımlar 0.25 hektar haritalama biriminde veri üreten algoritmalarda ayrı ayrı yerleşim, yol ve ot çayır vejetasyonu olarak sınıflandırılmaktadır. Oysaki havaalanı bu üçünün bir araya gelerek oluşturduğu bir arazi örtüsü birimidir. Bu nedenle havaalanı ve liman gibi bazı altsınıflar sınıflandırma algoritmaları ile değil yardımcı verilerden temin edilmektedir.

## 2.4. Orman Kapalılığı ve Yerleşim Alanları Geçirimsizliği, CORINE Dönüşüm Haritası, Değişim İzleme

UASİS projesi ile arazi örtüsü verisinin yanı sıra orman kapalılık haritası, yerleşim alanları geçirimsizlik haritası, CORINE dönüşüm haritası üretilmesi de hedeflenmiştir. Ayrıca arazi örtüsü değişim haritası da hedeflenen çıktılardandır.

Orman kapalılığı ve yerleşim alanları geçirimsizliği haritaları üretiminde geliştirilen algoritmaları eğitmek amacı ile sırasıyla Copernicus Yüksek Çözünürlüklü Katman (HRL), Ağaç Kapalılık Yoğunluğu (TCD) ile Copernicus Yüksek Çözünürlüklü Geçirimsizlik Yoğunluğu (HRL IMD) haritaları kullanılmaktadır. Her bir nokta için HRL TCD verisinde *nodata* var ise HRL TCD verisinde az olan 1-10 arası kapalılığa sahip etiketlerde Orman Meşcere Verisinin orman toprağı (OT) etiketli alanları için ortalama kapalılık 5 atılarak yeni etiketler oluşturulmakta ve orman kapalılık hesaplamaları gerçekleştirilmektedir. HRL-TCD verisi diğer noktalar için korunmaktadır.

CORINE dönüşüm haritası üretiminde UASİS ve CORINE arazi örtüsü sınıfları arasında dönüşüm için raster veriyi temel alan bir algoritma geliştirilmiştir. CORINE standardı olan haritalanacak en küçük alan birimi dikkate alınmış ve UASİS arazi örtüsü sınıflarından (79 sınıf) CORINE arazi örtüsü sınıflarına (44 sınıf) dönüşüm algoritması geliştirilmiştir. Heterojen sınıflar için (örneğin karışık

tarım alanları) baskınlık analizi yöntemi tercih edilmiştir. Tam bir dönüşüm için, sulanan tarım alanları verisi, geçirimsizlik ve ağaç kapallık verilerinden de yararlanılmıştır.

Arazi örtüsü değişim haritası pilot bölgelerde 2019 ve 2020 yılları için haritalandırılmış ve değişim haritası 5 ana sınıf ve 79 alt sınıf için üretilebilmektedir.

### 3. UASİS Sınıflandırma Çalışmaları

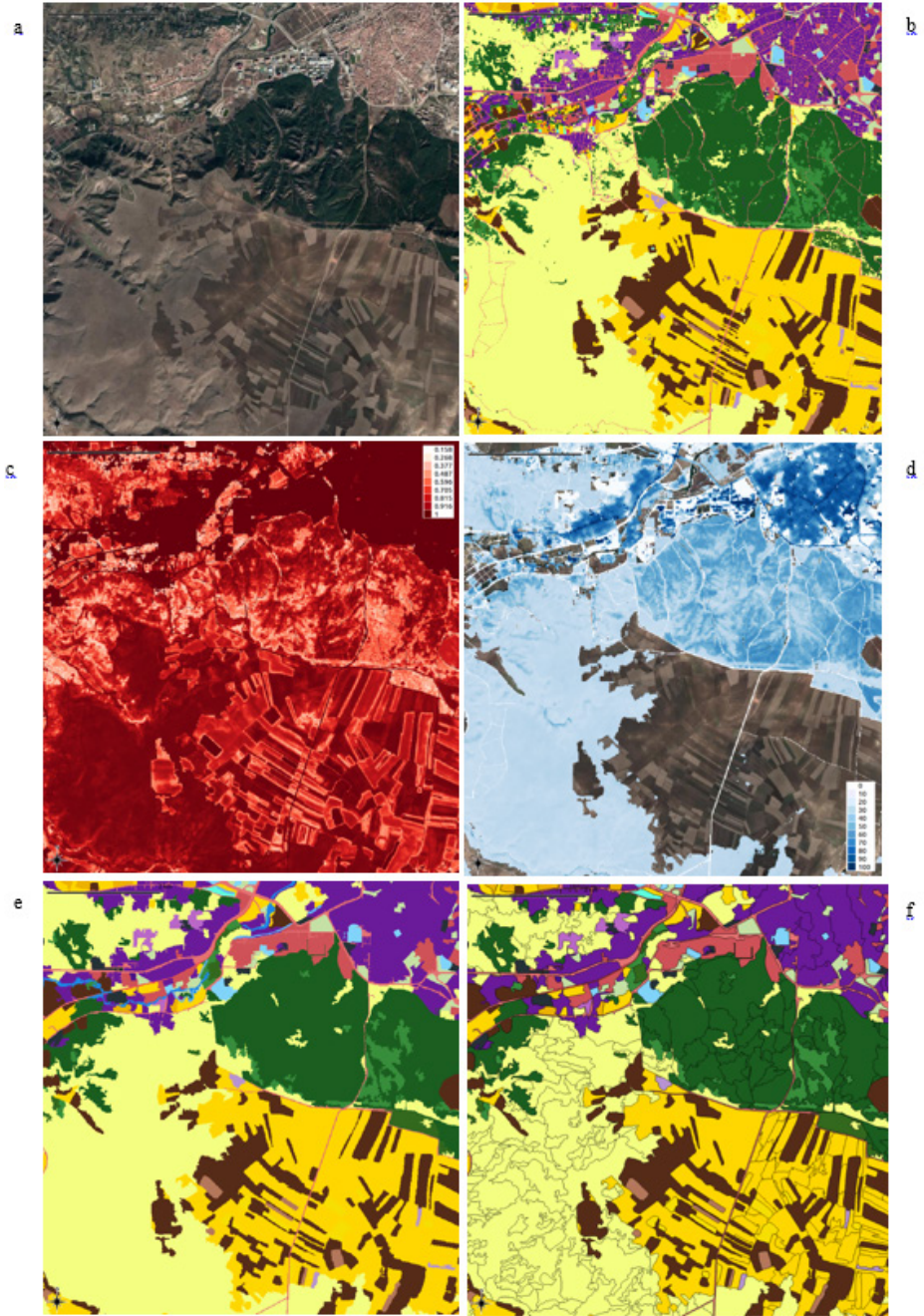
Sınıflandırma çalışmaları Türkiye ölçeğinde yaygınlaştırılmadan önce daha küçük pilot sahalarda yapılmıştır. Pilot saha seçimi yapılırken tüm sınıfları içinde barındırabilecek bölgeler göz önünde bulundurulmuş ve Sakarya Havzasından dört Sentinel-2 karelağı ile Büyük Menderes ve Doğu Karadeniz Havzalarından birer Sentinel-2 karelağı seçilerek sınıflandırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde geliştirilen yazılım ile UASİS sınıflandırma çalışmaları tüm Türkiye'yi kapsayan 128 Sentinel-2 karelağı üzerinde uygulanmıştır.

Pilot bölge çalışmalarında sistem ile üretilen arazi örtüsü haritası sınıflandırma doğruluğu otomatik olarak belirlenen sınıflarda %71-%98 arasında değişmektedir. Sınıflandırma çalışmalarında ana sınıflar ve alt sınıflar ayrı ayrı üretilmektedir. Önce 5 ana sınıfın bulunduğu algoritmalar

Bugün itibarı ile 2021 yılı için Türkiyenin tamamı içinTaslak Ulusal Arazi Örtüsü Haritası üretilmiştir. Üretilen harita üzerinde doğruluğu arttırmaya yönelik etiketleme/ düzenleme çalışmaları tamamlanmıştır. Etiketlenmiş verinin de sınıflandırmaya dahil edildiği döngü tekrar çalıştırılarak nihai harita üretimi çalışmaları devam etmektedir. Ayrıca 2023 yılı arazi örtüsü haritası üretimi çalışmaları da eş zamanlı olarak yürütülmekte olup, veri hazırlığı aşamasındadır.

Arazi örtüsü değişim haritaları yıllık arazi örtüsü haritaları üretildikçe 5 ana sınıf ve 79 alt sınıf için üretilebilecektir.

Sakarya Havzasında yer alan bir 36TTK karelağına ait örnek görüntüler Şekil 1'de gösterilmektedir. A. bendinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü, b. bendinde UASİS sistemi ile üretilmiş arazi örtüsü haritasına ait görüntü c. bendinde Sınıflandırma sonuçlarına ait güvenilirlik (0-1 aralığında) haritasına ait görüntü d. bendinde geçirimsizlik haritasına (0-1 aralığında) ait görüntü e. bendinde post process sonrası 0.25 hektara uyarlanmış arazi örtüsü haritasına ait görüntü ve f. bendinde arazi örtüsü haritasının vektör verisine ait görüntü gösterilmektedir.



Şekil 1. Sakarya Havzasında yer alan 36TTK karelajına ait görüntüler

## 4. Sonuçlar ve Öneriler

UASİS ile ülkemiz için yapılan çalışmalarda elzem olan bütüncül ulusal arazi örtüsü uzaktan algılama ile yapay zekâ tabanlı yaklaşımlar ile yarı otomatik olarak üretilmektedir. Yıllık olarak güncellenmesi hedeflenen haritalar ile ülkemizde arazi örtüsü varlığı ve üzerinde meydana gelen değişimlerin izlenebilmesine imkân vererek, ülkemiz doğal kaynaklarının izlenmesi ve değerlendirilmesinde, ulusal ve uluslararası raporlamalarda, iklim değişikliği ile mücadelede alınacak kararlarda önemli bir girdi olacak ve karar vericilere destek sağlayacaktır.

Yapay alanları, tarım alanları, orman alanları, su ve sulak alanlar gibi temel arazi kullanım envanterlerinin konumsal verilerle ortaya konulması, arazi tahribatının izlenmesi çalışmaları, ürün tahminlerinin yapılması, karbon emisyon hesaplamaları, heyelan envanter haritaları, sel ve taşkın modelleme çalışmaları gibi birçok alanda önemli bir veri kaynağı olarak kullanılacaktır.

Proje ile üretilen haritalarda ülkemiz kurumlarından alınan veriler kullanıldığından, söz konusu verilerin güncelliği ve doğruluğu direkt olarak UASİS arazi örtüsü sınıflandırma algoritmalarının sınıflandırma doğruluğuna etki etmektedir. Bu sebeple kurumların ürettiği verilerin güncellenme periyotları ve doğruluğu arttıkça, UASİS arazi örtüsü sınıflandırma haritaları daha yüksek doğruluk ile üretilebilecektir.

Ayrıca Doğu Karadeniz bölgesindeki bulutluluk sebebiyle kullanışlı uydu görüntüsü elde etme açısından problemlerli bir bölgedir. Bu sebeple Doğu Karadeniz bölgesinde sınıflandırma doğruluğu diğer bölgelere kıyasla daha düşük sonuç vermektedir. Bulutluluk sorunun giderilmesinde Synthetic Aperture Radar (SAR) verilerinin entegre edilmesinin bir çözüm olacağı düşünülmektedir. SAR verilerinin yanı sıra ortofotolar ve araziden drone ile toplanacak görüntülerinin de dahil edilmesinin önemli olacağı düşünülmektedir.

UASİS güncellenebilen ve geliştirilebilen bir sistem olması sebebi ile dinamik bir yapıya sahiptir. İlerleyen süreçte yarı otomatik bulunan arazi örtüsü sınıflarının doğruluğunu arttırmaya yönelik ve yardımcı veri otomasyonu gibi kapasite artırımı çalışmaları gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

## Teşekkür

Proje kapsamında kullanılan kamuya ait verilerin temini aşamasında yardımlarını esirgemeyen tüm paydaş kurumlara teşekkür ederiz. Ayrıca UASİS projesi kapsamında Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ile iş birliği içerisinde olan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi proje ekibine de teşekkür ederiz.



## Kaynaklar

- Akın, A., Sunar, F., & Berberoğlu, S. (2015). Urban change analysis and future growth of Istanbul. *Environmental monitoring and assessment*, 187, 1-15.
- Aryal, K., Apan, A., & Maraseni, T. (2023). Comparing global and local land cover maps for ecosystem management in the Himalayas. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 30, 100952.
- Aydemir, M. S., Keyik, A. N., Kahraman, F., & Aptoula, E. (2020, October). Land Cover Map Production of the Sakarya Basin from Multi-Temporal Satellite Images. In *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- Chen, Y., Lin, Z., Zhao, X., Wang, G., & Gu, Y. (2014). Deep learning-based classification of hyperspectral data. *IEEE Journal of Selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 7(6), 2094-2107
- Demir, I., Koperski, K., Lindenbaum, D., Pang, G., Huang, J., Basu, S., ... & Raskar, R. (2018). Deepglobe 2018: A challenge to parse the earth through satellite images. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops* (pp. 172-181).
- Griffiths, P., Nendel, C., & Hostert, P. (2019). Intra-annual reflectance composites from Sentinel-2 and Landsat for national-scale crop and land cover mapping. *Remote sensing of environment*, 220, 135-151.
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324.
- Pesaresi, M., Corbane, C., Julea, A., Florczyk, A. J., Syrris, V., & Soille, P. (2016). Assessment of the added-value of Sentinel-2 for detecting built-up areas. *Remote Sensing*, 8(4), 299.
- Rujoiu-Mare, M. R., & Mihai, B. A. (2016). Mapping land cover using remote sensing data and GIS techniques: A case study of Prahova Subcarpathians. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 244-255.
- Salman M. (2018). Hiperspektral ve lidar verilerinin öznetelik ve karar seviyelerinde tümleştirilmesi ve derin evrişimli sinir ağlarıyla sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Sertel, E., Musaoğlu, N., Alp, G., Algan, I. Y., Kaya, Ş., Yüksel, B., & Yılmaz, A. (2018). 1: 25.000 ölçekli ulusal arazi örtüsü/kullanımı sınıflandırma sistemi ile HGK TOPOVT veritabanının karşılaştırılması. *Harita Dergisi*, 160, 34-46.

Sofu, A. M., İmamoęlu, M., Kahraman, F., etin, G. B., & Aptoula, E. (2020, October). Fine-Grained Urban Land Use and Land Cover Classification Through Multi-temporal and Multispectral Remote Sensing Images. In 2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1-4). IEEE.

Stoian, A., Poulain, V., Inglada, J., Poughon, V., & Derksen, D. (2019). Land cover maps production with high resolution satellite image time series and convolutional neural networks: Adaptations and limits for operational systems. *Remote Sensing*, 11(17), 1986.

Syrris, V., Hasenohr, P., Delipetrev, B., Kotsev, A., Kempeneers, P., & Soille, P. (2019). Evaluation of the potential of convolutional neural networks and random forests for multi-class segmentation of Sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, 11(8), 907.

Wang, Y., Sun, Y., Cao, X., Wang, Y., Zhang, W., & Cheng, X. (2023). A review of regional and Global scale Land Use/Land Cover (LULC) mapping products generated from satellite remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 206, 311-334. ,

Zhang, C., & Li, X. (2022). Land use and land cover mapping in the era of big data. *Land*, 11(10), 1692.

URL-1, <https://livingatlas.arcgis.com/landcover/>, (20.09.2024)

URL-2, <https://esa-worldcover.org/en/about/about>, (20.09.2024)

URL-3, <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/nedir.html>, (20.09.2024)