

TÜRKİYE DAĞ EKOSİSTEMLERİ İÇİN ENTEGRE İZLEME DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMI

Ayhan ATEŞOĞLU¹, Yusuf SERENGİL², Hüseyin ŞENSOY³, Fidan Şevval BULUT⁴

¹Prof. Dr., Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın, aatesoglu@yahoo.com

²Prof. Dr. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman, Mühendisliği Bölümü, 34473, Bahçeköy, İstanbul, serengil@iuc.edu.tr

³Dr. Öğr. Üyesi, Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın, hsensoy@bartin.edu.tr

⁴Arş. Gör., Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın, fbulut@bartin.edu.tr

ÖZET

Dağlık alan, tanımlama açısından hala uzlaşa sağlanamayan bir terim özelliğini korumaktadır. Yerel arazi topoğrafyası, yükselti, orman sınırı, peyzaj özellikleri gibi birtakım kriterlerden yola çıkılarak bazı sınıflama veya tanımlamalar yapılsa da, genellikle dağlar ve tepeler arasında niteliksel ve niceliksel bir ayrım yapılamamaktadır. Fakat literatürde dağların belirlenme ve sınıflandırılmasında bazı yaklaşımların diğerlerine oranla daha yaygın kullanıldığı göze çarpmaktadır. Dağ ekolojisi, dağ yapılarının, fonksiyonlarının ve süreçlerinin yanı sıra dağ kaynaklarının araştırılması, sürdürülebilir kullanım ve korunmasının incelenmesi disiplini. Dağlar kendine özgü eşsiz jeoloji, jeomorfoloji, iklim, hidroloji ve diğer çevresel özellikler sayesinde çeşitli ekosistem ve ekosistem hizmetleri üretmektedir. Dağ ekosistemleri birçok özelliği bünyesinde barındırmakta ve bu sayede çok yönlü fayda ve hizmet sağlamaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişimi sorunlarının anlaşılabilmesi noktasında da dikkatle incelenmesi gereken ekosistemlerdir. Dağ ekosistemlerinde biyolojik çeşitlilik ve ekolojik işlevlerin kısıtlanmasının ortaya koyduğu potansiyel, iklim ve arazi kullanımı etkileşiminin küresel sonuçlarına açıklık getirebilecek nitelik taşımaktadır. Arazi kullanımı ile dağlık alanların sağladığı ekosistem hizmetleri arasında önemli bir bağ bulunmaktadır. İklim değişikliği ve küresel ısınmanın dağlık alanlarda arazi kullanımı üzerinde de olumsuzluk oluşturabileceği; bu durumun birçok ekosistem parametresini etkileyebileceği öngörülmektedir. Bu çalışmada dağlık alanlar için küresel ısınma ve iklim değişikliği çerçevesindeki arazi kullanım/örtü değişimi ve dağ ekosistemleri çerçevesindeki ekolojik faktörler arasındaki ilişkilerin izlenmesi ve değerlendirmesine yönelik Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun yazılım aracı olan arazi izleme ve değerlendirme amaçlı Collect Earth (CE) yönetsel yaklaşımı tanıtılmıştır. Tübitak tarafından desteklenen proje (120O687) çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalar ve ön bulguları aktararak, dağ ekosistemleri için kullanılan CE metodolojisinin sonuçları, etkinliği ve gelecek perspektifleri sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Dağ ekosistemi, Uzaktan algılama, Collect Earth

AN INTEGRATED MONITORING APPROACH FOR TURKEY MOUNTAIN ECOSYSTEMS

Mountainous area is a term that is still not agreed upon in terms of definition. Even if some classifications or definitions are made according to criteria such as local land topography, elevation, forest border, and landscape features, a qualitative and quantitative distinction cannot be made between mountains and hills. However, in the literature, some approaches are more widely used than others in the identification and classification of mountains. Mountain ecology is the discipline of researching, sustainable use, and conservation of mountain resources within the scope of mountain structures, functions, and processes. Mountains produce various ecosystem services thanks to their unique geology, geomorphology, climate, hydrology, and other environmental features. Mountain ecosystems contain many features and thus provide versatile benefits and services. Monitoring within the scope of biodiversity and ecological functions in mountain ecosystems can clarify the global-scale consequences of climate and land use interaction. There is an important link between land use and the ecosystem services provided by mountainous areas. It is predicted that climate change and global warming may adversely affect land use in mountainous areas, and this may affect many ecosystem parameters. In this study, Collect Earth (CE), the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) software, was introduced to monitor and evaluate the relations between land use/cover change and ecological factors within the scope of global warming and climate change in mountainous areas. The preliminary findings of the studies carried out within the framework of the project (120O687) supported by TUBITAK, the results of the CE methodology used for mountain ecosystems, and future perspectives are presented.

Keywords: Mountain ecosystems, Remote sensing, Collect Earth

1. GİRİŞ

Halen faydalandığımız birçok ekosistem hizmetinin kaynağı yukarı havzalar yani dağlık alanlardır. Bu durum dağların önemini artırmakta ve son dönemlerdeki birçok araştırma ve girişimin başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Dağlar ve sahip olduğu biyoçeşitlilik, su sağlama ve iklim düzenleme işlevlerinin gelişimine de hizmet etmektedir. Dünya genelinde dağların kapsamlı bir biyolojik envanteri mevcut olmamakla birlikte, dağlarda tür çeşitliliğinin oldukça yüksek olduğu yapılan çalışmalarla birçok araştırmacı tarafından ortaya koyulmuştur. İklim değişikliği nedeni ne olursa olsun, iklim koşullarındaki küresel ölçekli ve önemli yerel etkileri bulunan uzun süren ve yavaş gelişen değişiklikler şeklinde tanımlanmaktadır. Dağ ekosistemleri birçok özelliği bünyesinde barındırmaktadır ve bu sayede çok yönlü fayda ve hizmet sağlamaktadır. İklim değişikliği ile mücadele sürecinde dağlık alanların önemi artmıştır. Arazi kullanımı ile dağlık alanların sağladığı ekosistem hizmetleri arasında da önemli bir bağ

bulunmaktadır. İklim değişikliğinin dağlık alanlarda arazi kullanımı üzerinde olumsuz etkileri olabileceği; bu durumun da birçok ekosistem parametresini etkileyebileceği öngörülmektedir. Çünkü küresel ısınma dağlık alanlarda arazi kullanım/örtüsüne paralel olarak insan kaynaklı değişimlerle daha fazla olumsuz yönde tetiklenebilir bir durum olarak gözlenmektedir.

Dağlık alanlar için gerçekleştirilen çalışmada dağlık alanların sınıflandırılması ve bu sınıflandırmalara göre karar vericiler için gerekli çalışmaların yapılması önemlidir. Dağların belirlenme ve sınıflandırılmasında bazı yaklaşımların diğerlerine oranla daha yaygın kullanıldığı göze çarpmaktadır. Bunlar Kapos vd. (2000), Körner vd. (2011) ve Karagülle vd. (2017) tarafından geliştirilen yaklaşımlardır. Kapos vd. (2000) tarafından geliştirilen yaklaşım, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) için Dünya Koruma İzleme Merkezi (WCMC) aracılığıyla küresel dağ orman alanını tahmin etme amaçlı oluşturulmuştur. Bu yaklaşıma göre rakımı 300 metrenin altında olan araziler dağlık alanlara hiçbir şekilde dahil edilmezken; rakımı 2500 metrenin üzerinde olan araziler ise her koşulda dağlık arazi veya dağ alanı olarak kabul edilir. Kapos vd. (2000) tarafından geliştirilen sınıflandırmada yükselti ve arazi şekli esas alınarak 6 dağ sınıfı geliştirilmiştir. Bu sınıflandırma sistematüğinde dünyanın kara yüzeylerinin %26,4'lük kesimi dağlık alan olarak belirlenmiştir (Sayre vd. 2018). Körner vd. (2011) tarafından oluşturulan yaklaşım, Küresel Dağ Biyolojik Çeşitliliği (GMB) tarafından küresel dağ biyocoğrafyasının karşılaştırılması ve dağlık arazinin iklim kuşaklarına ayrılması hedeflenerek geliştirilmiştir (Körner 2021). Bu yaklaşımda rakımı düşük olan kıyı arazileri, eğimlerinin yüksek olması durumunda tipik dağlık alan olarak adlandırılmıştır. Körner vd. (2011) tarafından oluşturulan sınıflandırma, bir yönüyle yükseltiden ziyade, eğim ve dikliğe odaklanan bir yaklaşım içermektedir. Yönteme göre küresel dağlık alanlar 7 biyoklimatik bölgeye ayrılmıştır. Bu sistematik içinde dünya kara yüzeylerinin %12,4'ü dağlık alan olarak belirlenmiştir (Sayre vd. 2018). Bu miktar Kapos vd. (2000) tarafından belirlenen alanın yarısından daha azdır. Karagülle vd. (2017) tarafından geliştirilen yaklaşım, 1950'lerde yapılan yer biçimi sınıflarını içeren bir çalışmayı temel referans noktası olarak almıştır (Körner vd. 2021). Bu yaklaşım Sayre vd. (2014) tarafından geliştirilmiş ve son hali Karagülle vd. (2017) tarafından oluşturulmuştur. Diğer iki yöntemle karşılaştırıldığında, bu yöntem daha yüksek çözünürlüğe sahip haritalama içermektedir. Bu yaklaşımda dört dağ sınıfı ve bu sınıflara ait toplam 16 yeryüzü şekli yer almaktadır. Gezegendeki diğer tüm araziler farklı türlerde tepeler, ovalar ve platolar olarak sınıflandırılmıştır. Karagülle vd. (2017) tarafından geliştirilen yöntemde küresel karaların %30,55'i projeksiyon ölçekli; %30,48'i ise jeodezik hesaplama ölçekli dağlık alan olarak vasıflandırılmıştır (Sayre vd. 2018) (Çizelge 1). Her üç yaklaşım da hem yöntem hem küresel dağlık alan miktarı bakımından farklılıklar içerdiğini belirtmektedir. Dağlar, alan olarak küresel kara yüzeyinin ortalama %25'ini meydana getirmenin çok ötesinde fonksiyonlar içermektedir. Kendine özgü bir sisteme sahiptir ki bunu Dağ Ekosistemi (DE) şeklinde adlandırmak mümkündür.

Çizelge 1. Küresel dağlık alanların genel özellikleri.

Özellikler	K1	K2	K3
Format	Raster	Raster ve Vektör	Raster
Üretilen DEM verisi yılı	1996	2005	2010
Yaklaşık mekânsal çözünürlük (ekvatorda)	1000 m	1000 m	250 m
Dağlık alanlar için piksel çözünürlüğü	1000 × 1000 m	4600 × 4600 m	250 × 250 m
Sınıflandırma parametreleri	• Yükseklik • Eğim • Bağlı rölyef	• Bağlı rölyef	• Eğim • Bağlı rölyef • Profil
Dağ sınıfları ve sayısı	➢ 4500 m ➢ 3500-4499 m ➢ 2500-3499 m ➢ 1500-2499 m ➢ 100-1499 m ➢ 300-999 m	➢ Nival ➢ Üst Alpin ➢ Alçak Alpin ➢ Üst Montane ➢ Alt Montane ➢ Dağlık alanlar (don görülen) ➢ Dağlık alanlar (don görülmeyen)	➢ Yüksek dağlar ➢ Dağınık yüksek dağlar ➢ Alçak dağlar ➢ Dağınık alçak dağlar
Ayırt edici özellikler	• Orman özelliklerini içeren DEM verisi kullanılması	• Basit kavramsal • Biyoçeşitlilik ve iklimle ilişkili değerlendirme yöntemi ile	• Yüksek mekânsal çözünürlük • Eğimli alanlar için karmaşık arazi özellikleri
Kaynak	Kapos ve ark. (2000)	Körner ve ark. (2011)	Karagülle ve ark. (2017)

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın dağlık alanlarda arazi kullanımı üzerinde de olumsuzluk oluşturabileceği; bu durumun birçok ekosistem parametresini etkileyebileceği öngörülmektedir. Dağlık alanda herhangi bir ekosistem

öğesinin ciddi zarar görmesi, tıpkı bir adadaki biyoçeşitliliğin kaybedilmesi gibi, geri döndürülemeyen sonuçlar içerebilir. Arazi Kullanım/Arazi örtüsü (AKAÖ) değişimi, dünyanın dağlık birçok bölgesinde meydana gelen en önemli çevresel değişim biçimlerinden biridir (Körner ve Ohsava 2005). AKAÖ değişimi düşük yükseltili arazilerde yoğun insan faaliyetlerinin bir sonucu şeklinde açıklanabilirken, dağlık alanlarda antropojenik faaliyetlerle birlikte iklim değişiminin ortak etkisi öne çıkmaktadır (Garrard vd. 2016).

Bitki-toprak-su gibi doğal kaynakların izlenmesi, korunması, değerlendirilmesi amacıyla tarım, çevre, ormancılık gibi disiplinlerde de hava ve uydu ölçekli uzaktan algılama metodları 1980'li yıllardan bu yana kullanılmaktadır. AKAÖ değişimlerini zamansal ve yersel olarak ortaya koyabilen birçok çalışma yapılmıştır (Xiao ve Weng 2007, Sekertekin vd. 2016, Ullah vd. 2019, Majunder vd. 2020). Bu çalışmalarda amaca göre AKAÖ sınıflamaları oluşturulabilmekte, bu sınıflar arasında yersel ve zamansal değişimler belirlenebilmektedir. Dağlık bölgeler için AKAÖ'nün diğer ekolojik faktörlerle ilişkisinin de uzaktan algılama çalışmaları ile ortaya konulması işgücü, zaman ve maliyet açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda evrensel ya da ülkesel ölçekte dağ sınıflarına ait uzaktan algılama (UA)-Coğrafi Bilgi sistemleri (CBS) entegre çalışma yöntemleri sıklıkla tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, "Türkiye'nin Dağ Ekosistemi Ekolojik Koşulları, Arazi kullanımı/Arazi Örtüsü değişimlerinin izlenmesi ve iklim değişikliği uyum kapasitelerinin analizine yönelik Uzaktan Algılama Tabanlı Bir Algoritmanın Geliştirilmesi" başlıklı 1200687 kodlu kabul edilen TUBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilen çalışmanın yaklaşımı ve olası sonuçlarına ilişkin bilgiler verilecektir. Bu kapsamda yükseklik, eğim ve rölyefin kombini olan küresel dağ sınıflandırması (K1) Türkiye dağ sınıfları (609634.81 km²) çalışma alanı sınırlarını oluşturmaktadır. Çalışmada esnek ve etkin veri toplama kapasitesine sahip, ulusal ve küresel ölçekte arazi izleme ve değerlendirme amaçlı kullanılan, açık kaynak kodlu Collect Earth (CE) programı kullanılmıştır. CE örneklem yöntemine göre, proje alanında sistematik olarak yatayda ve düşeyde ~5 km aralıklarla yaklaşık 30614 adet yarım hektarlık (5000 m²) parsel alanlar oluşturulacaktır. Bu amaçla her bir parsel için 2000 yılından günümüze;

- Arazi kullanım sınıfları; IPCC arazi örtü/kullanım sınıfları, FAO/FRA arazi örtü/kullanım sınıfları
- Orman, Mera, Ağaç ve Çalılık alanlar; Orman alanları, Mera alanları, Ağaçla ve Çalı ile kaplı alanlar,
- Tarım alanları ve Sulak alanlar; Tarım alanları, Sulak alanlar
- Arazi kullanım değişimi (2000-2022); Arazi tahribatı-çölleşme/iyileşme-yeşillenme alanları, Arazi kullanım değişimleri ve yönleri
- Eğilimler; Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI), Net birincil üretim (NPP), Yüzey sıcaklığı, Toprak üstü/altı nemi, Evapotranspirasyon, Toprak-su açığı
- Dağlık alanlar iklim değişikliği uyum kapasitesi sınıflandırılması sonuçları hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Türkiye ölçeğinde gerçekleştirilecektir. Temel altlık olarak UNEP-WCMC 2000 küresel dağ sınıfları (K1) (Kapos ve ark.2000) kullanılacaktır. Toplam Türkiye yüz ölçümünün (783 562 km²) 609634,81 km²'si (%77,8) küresel dağ sınıfları içinde yer almaktadır. Çevresel çalışmalar başta olmak üzere uzaktan algılama verileri günümüzde birçok ulusal ve uluslararası arazi izleme ve değerlendirme çalışmasında kullanılmaktadır (Romijn ve ark. 2015, Martino ve Fritz 2016). Bu çalışmalar çok aşamalı bir örneklem yaklaşımı şeklindedir. İlk aşama yüksek çözünürlüklü verilerin yorumlanması, ikinci aşama ise yersel verilerin elde edilmesi aşamalarıdır. Algılayıcı ve çözünürlük düzeyinin artması ile uzaktan algılama verileri açısından birinci aşama etkinliği de beraberinde artırmıştır. Fakat maliyet, işgücü ve zaman bakımından etkin olmayan ikinci aşamada farklı yaklaşımların doğması gündeme gelmiştir (Tabacchi ve ark. 2005, Tomppo ve ark. 2011). Bu çalışmada da birçok uzaktan algılama verileri, CBS ile entegre şekilde izleme ve değerlendirme analizlerinde kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler;

MODIS_13Q1 V6 (NDVI); MODIS verisi üzerinden hesaplanan Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) görüntülerinden oluşur (Cracknell 2001). Veri 250 metre mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Zamansal çözünürlüğü ise 16 gündür. Verinin erişebilirlik başlangıç tarihi 2000 yılıdır.

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

Landsat 7_L1T NDWI; Atmosferik düzeltmeleri (TOA) yapılmış Chander ve ark. (2009) 2000 yılından 2017 yılı mayıs ayına kadar, 32 günlük zamansal çözünürlükle, 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip NDWI verileri kullanılmaktadır. MODIS verisine göre daha hassas olduğundan, eğilim tespiti ve anlamlandırması noktasında yardımcı veri olarak kullanılacaktır. Normalleştirilmiş Fark Su Endeksi (NDWI), bitki örtüsünde su içeriğindeki değişikliklere duyarlıdır (Gao 1996).

$$NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$$

MODIS17A3 V055 Terra Net Birincil Üretim; Net Birincil Üretim (NPP) bitkiler, güneş enerjisini kullanarak elde ettikleri fotosentez ürünlerinin bir kısmını solunumda, geri kalanını bünyelerinde yeni dokular üretmek için kullanırlar. Bitkilerin bu reaksiyonuna brüt birincil üretim; solunumla kullanılan ürün ile brüt birincil üretimin farkına ise net birincil üretim (NPP) denir. (Berberoğlu ve ark., 2007).

$$NPP=f(NDVI) \times PAR \times \epsilon \times g(T) \times h(W) \text{ Birim: Kg} \times C/m^2 \times \text{yıl}$$

MODIS11A2 V6 Terra Arazi Yüzey Sıcaklığı; 1200 × 1200 km grid sistemi içinde arazi yüzey sıcaklığı (LST) verileri sağlar. LST başta bitki örtüsü olmak üzere diğer çevresel ekolojik parametreleri anlamak ve yorumlamak için kullanılan en önemli parametreler arasında yer almaktadır (Anderson ve ark. 2011). Veriler sekiz günlük ara ile üretilirken; mekânsal çözünürlük 1 km olmaktadır.

$$LST = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388) * \ln(\epsilon)))$$

TerraClimate; küresel kara yüzeylerinde iklim ve su dengesi çerçevesinde 1958-2018 yılları arası veri seti içerir. Kaba bir çözünürlükte (2,5 Arc minutes: ~ 4,5 km) aylık olarak veri üretir. (Abatzoglou ve ark. 2018). Çalışma kapsamında TerraClimate veri seti içinden toprak üstü nem verisi için kullanılmıştır.

NASA-USDA Küresel toprak nemi verisi; 2010 yılından bu yana 0.25° × 0.25° mekânsal (yaklaşık 27 km), 3 gün zamansal çözünürlükte veri sağlar. Çalışma kapsamında NASA-USDA veri setlerinden sadece toprak altı nem (mm) miktarı kullanılacaktır.

TerraClimate uzaktan algılama veri seti üzerinden ulaşılabilecek diğer parametre Aktüel ve Potansiyel Evapotranspirasyon verisidir. Evapotranspirasyonu iklim, bitki özellikleri ve çevre faktörleri etkiler (Carlson, 2007). Günümüz uzaktan algılama uzun yıllar veri setleri (Landsat, Modis, Spot vd.) yardımıyla evapotranspirasyon değerleri hesaplanabilmektedir.

$$ET_o \left(mm \ d^{-1} \right) = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

TerraClimate uzaktan algılama veri seti üzerinden üretilen diğer bir veri iklim parametresi belirlemede kullanılabilen su açığı verisidir. Çalışmada yaklaşık 4.5 km çözünürlüğe sahip olan ve 2000 yılından günümüze kadar veri üretimi yapabilen TerraClimate seti kullanılmıştır.

MODIS44B.051 Ağaç Kaplama Yüzdesi; Modis Bitki Örtüsü Sürekli Alanlar (VCF) verisi üzerinden üretilen, 250 metre mekânsal çözünürlüğe sahip yıllık bir veridir (URL 1). Önerilen proje kapsamında bu parametre; yardımcı veri olarak ağaçla kaplı alan eğiliminin tespiti ve diğer verilerle ilişkilerinin belirlenmesi amaçlı kullanılacaktır.

Çalışma kapsamında CE yazılımı kullanılmıştır. Google teknolojisi üzerine inşa edilen ve birçok ara yüz ile SPOT, Sentinel2, Landsat ve MODIS başta olmak üzere açık kaynak ve ücretsiz uydu görüntü verilerine Google Earth, Bing Maps, Yandex Maps, Baidu Maps, Earth Engine Timelaps, Open Street Maps üzerinden erişim sağlar (URL 2,3, 4). CE girdiler, veri toplama, veri yönetimi ile görsel sonuçlar ve çıktılar için analitik araçlar olmak üzere dört ana bölümden oluşur. CE, ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir yazılım olarak internet üzerinden indirilebilir. Java tabanlı ve Windows, Mac ve Linux işletim sistemlerinde çalışabilir özelliğindedir. Destekleyici yazılımların çoğu Google Earth, web tarayıcısı ve Open Foris Collect üzerinden çevrim içi olarak ücretsiz kullanılabilir (URL 5, 6, 7, 8)

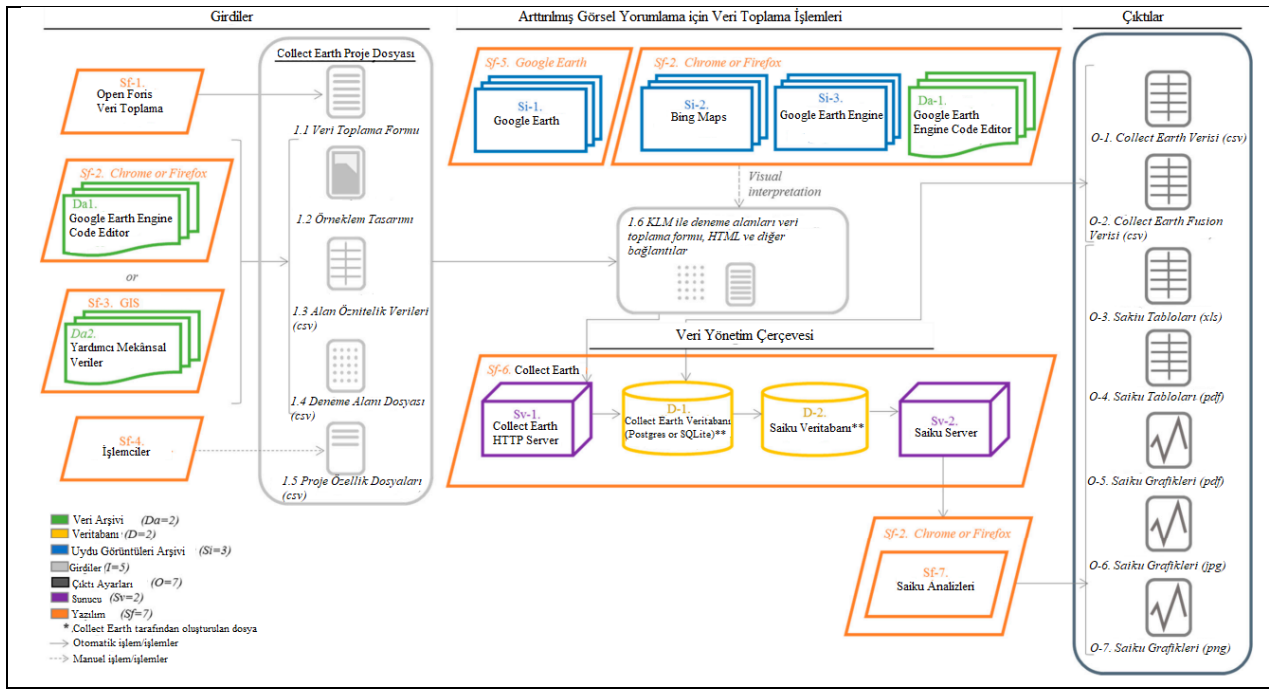
CE arazi izleme ve değerlendirme kapsamında çok farklı amaçlar için kullanılabilir. Orman envanteri, değişim belirleme, arazi sınıflandırma gibi amaçlar için ayrı ayrı CEP (Collect Earth Proje) dosyası oluşturulabilir. Her CEP dosyası; Veri toplama formu (Şekil 1, I-1); Örneklem tasarımı (Şekil 1, I-2); Alan özellikleri dosyası (Şekil 1, I-3) Parsel alan dosyası (Şekil 1, I-4); Ek uzantı dosyaları (Şekil 1, Da-2); Proje özellikleri dosyası (Şekil 1, I-5) parametrelerini içerebilmektedir. Bu girdilerin hepsi ayrı ayrı özelleştirilebilir niteliktedir.

3. UYGULAMA

3.1. Veri özellik dosyaları tasarımı

Çalışma kapsamında Open Foris/Collect olarak adlandırılan ve açık kaynak kodlu web tabanlı bir yazılımla veri toplama formu içerik oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan veri tabanı, CE yazılımı veri toplama penceresinin içeriğini oluşturmaktadır.

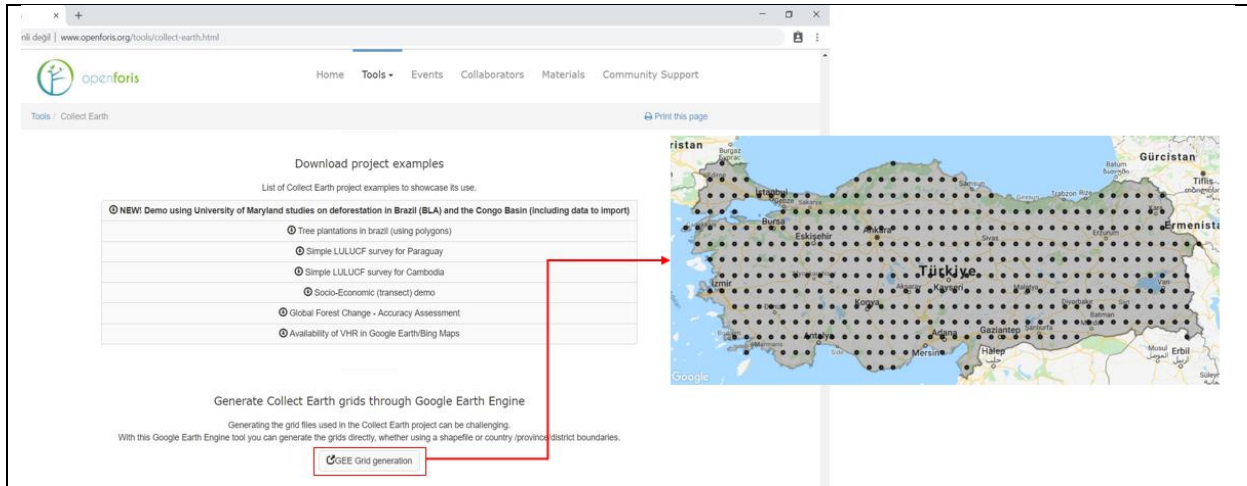
A. Atesoglu vd. Türkiye Dağ Ekosistemleri İçin Entegre İzleme Değerlendirme Yaklaşımı



Şekil 1. CE arazi izleme değerlendirme yaklaşımı

Veri toplama penceresi veri tabanı kategorisinde oluşturulacak tüm altlıkların yer aldığı alandır. Veri girişi sağlanan pencerelerin yönetilmesine ve veri girişinin şekline karar verilen, parsel alanlarının boyutu, şekli, veri girişi pencerelerinin düzeni ve diğer tüm veri girişlerinin düzenlenebildiği kısımdır. Veri toplama formu aracılığı ile amacınıza yönelik objeye ait ulaşılabilir bilgilerin tümünün, veri girişi olarak hazırlanabildiği veri tabanı kısmıdır.

Örneklem tasarımı ise, CE yazılımı üzerinden gridler kullanılarak, alan bilgilerine ait altlıkların oluşturulduğu yerdir. Örneklem yöntemiyle rastgele ve sistematik olarak küresel ölçekte herhangi bir alana ait örneklem parsel alanların oluşturulması sağlanır. Aynı zamanda herhangi bir CBS programı kullanılarak örneklem tasarım gerçekleştirilebilir (Şekil 2).

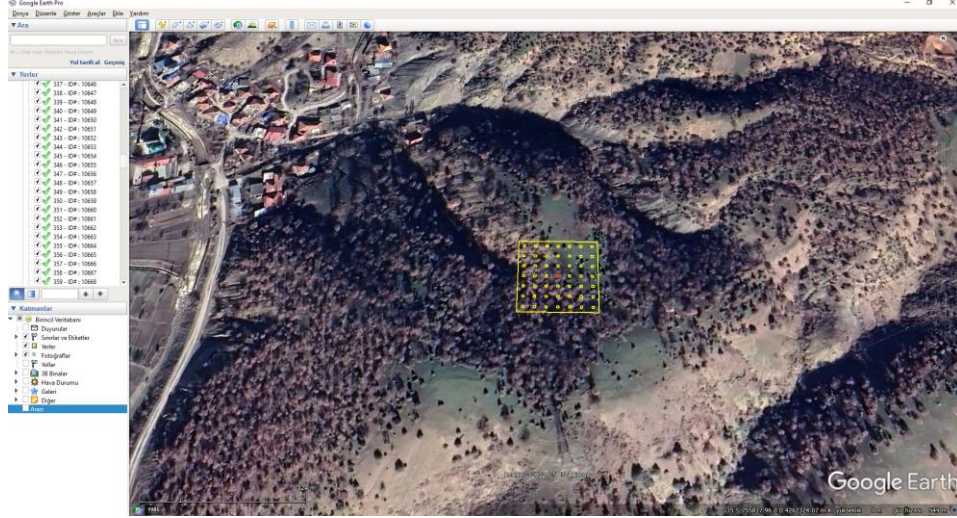


Şekil 2. Örneklem tasarım oluşturma

Daha sonra hazırlanan proje özellikleri dosyası, proje özellikleri CSV dosyası içinde örnek parsellerin toplam sayısı, şekil ve büyüklüğü yer almaktadır. Tanımlanan her bir parsel ile ilişkin toplam alan ile tanımlanan parsel özellik dosyaları arasında ilişki kurulmasını sağlar. Kullanıcılar için görsel değerlendirme sırasında istenilen görüntü arşivlerinin (timelaps, bing, google street map, google earthengine (Gorelick ve ark. 2016), code editor vb.) hazırlanıp başlatılmasını sağlar. Bu girdilerin hepsinin CEP dosyası şeklinde alınıp üretilmesine olanak tanır. Tüm dosyalar hazırlandığında Open Foris Collect yazılımı kullanılarak, ilgili CEP dosyası dış veri (Export) olarak hazırlanır. Analist ilgili CEP dosyasını bilgisayar aracılığı ile doldurmaya ve veri tabanına işlemeye başlayabilir.

3.2. Görsel yorumlama ve veri toplama

Sistem açılımı ve program çalışmasıyla birlikte aktif olarak açılan Google Earth penceresi içeriğinde CE ile tanımlanmış parsel alanlarını gösterecektir (Şekil 2). Analist ilgili plot içerisini ve yakın çevresine ilişkin değerlendirme gerçekleştirebilecektir. Ayrıca Google Earth zaman izleyicisi ile parsel alanına ilişkin zamansal değişimi de gözlemektedir. İlgili analist her bir parsel alana gittiğinde veri toplama için tasarlanmış arayüz penceresi açılacaktır. İlgili arayüz tasarımı ve içeriği “Arazi Verisi”, “Baskı/Etki”, “Arazi Sınıfları” ve “Grafik Eğilimler” başlıkları altında analistin veri girişi yapacağı kısımlar oluşturulmuştur (Şekil 3).



Şekil 2. Google Earth görüntü penceresi

Eğilim	İlk Deger	Son Deger	Fark
Deger	0.361	0.43	0.069

Eğilim	İlk Deger	Son Deger	Fark
Deger	0.212	0.234	0.022000000

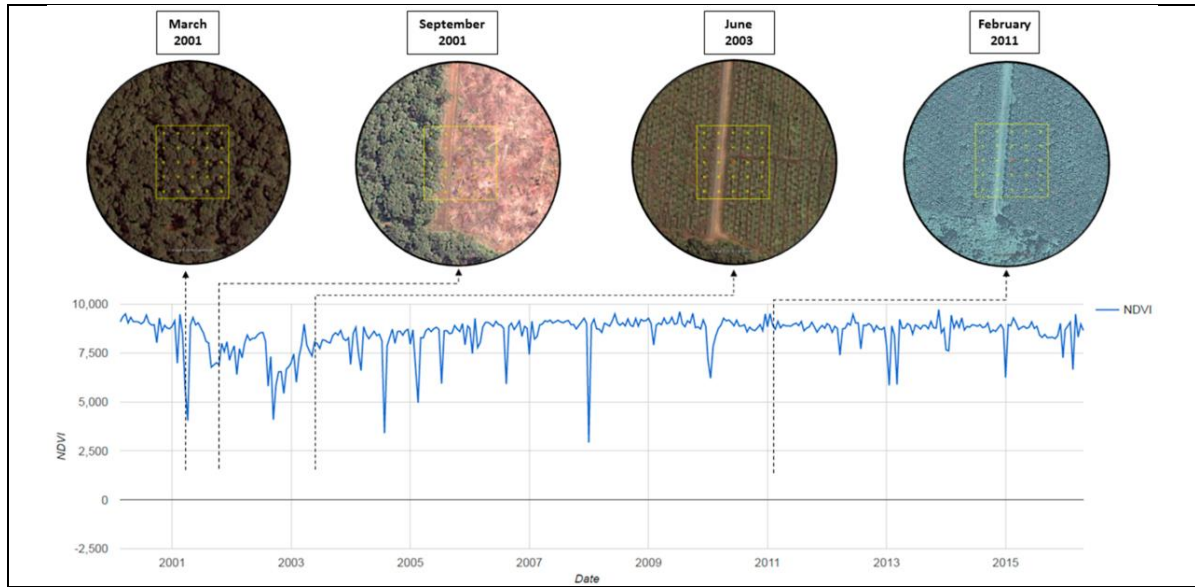
Eğilim	İlk Deger	Son Deger	Fark
Deger	0.304	0.407	0.102999999

Şekil 3 Google Earth üzerinden parsel alan veri girişi penceresi

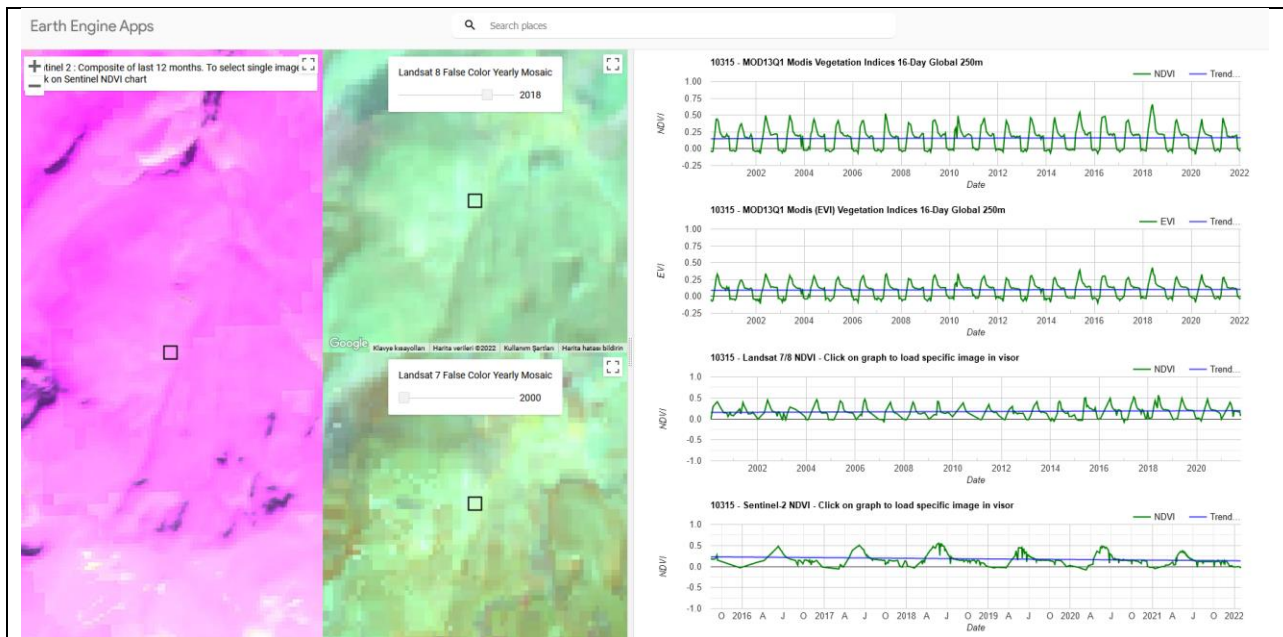
Arazi kartı verisi içerisinde seçili parsel alan içerisinde (Şekli 4), görüntü tarihi, vejetasyon kaplama/yer örtme yüzdeleri bilgileri girilmektedir. Yarım ha olarak seçili parsel içerisindeki toplam 49 adet 2*2 m küçük karalar parsel içerisindeki arazilerin örtme yüzdelerini kısa olarak hesaplamak için kullanılır.

Baskı/etki verisi içerisinde ilgili parsel içerisindeki geçmişten günümüze arazi değişiminin olduğu araştırılır. Değişim yaşanmış ve bu durum Google Earth yada GEE grafik verileri üzerinden tespiti gerçekleştiriliyor ise, değişimin olumlu yada olumsuz olması durumunda arazi bozulumu yada iyileşme olup olmadığına karar verilir. Bu değişime ait yıl ve değişim nedeni tespit edilebiliyor ise yazılır. Analist burada en fazla Google earth görüntü geçmişine ve GEE vejetasyon indeks (NDVI, EVI, NDWI) grafiklerini inceleyerek karar verir (Şekil 5).

Arazi sınıfları kısmında ilgili parselin FAO/FRA (<http://www.fao.org/docrep/007/ad679e/ad679e03.htm>) ve IPCC arazi sınıflarına göre (https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/Chp2/Chp2_Land_Areas.pdf) sınıflandırılması gerçekleştirilir. Eğer bir değişim yaşanmış ise bu değişim bilgileri de buraya değişimin yaşandığı sınıf bilgileri olarak ve değişim yılı itibarıyla girilmektedir. Aynı zamanda arazi sınıfları alt kullanım tipleri de bu pencere üzerinde girilmek zorundadır. Son olarak analist DE için önemli olan, Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI), Net birincil üretim (NPP), Yüzey sıcaklığı, Toprak üstü/altı nemi, Evapotranspirasyon, Toprak-su açığı grafik verileri GEE penceresi kullanılarak girilmektedir (Şekil 6).

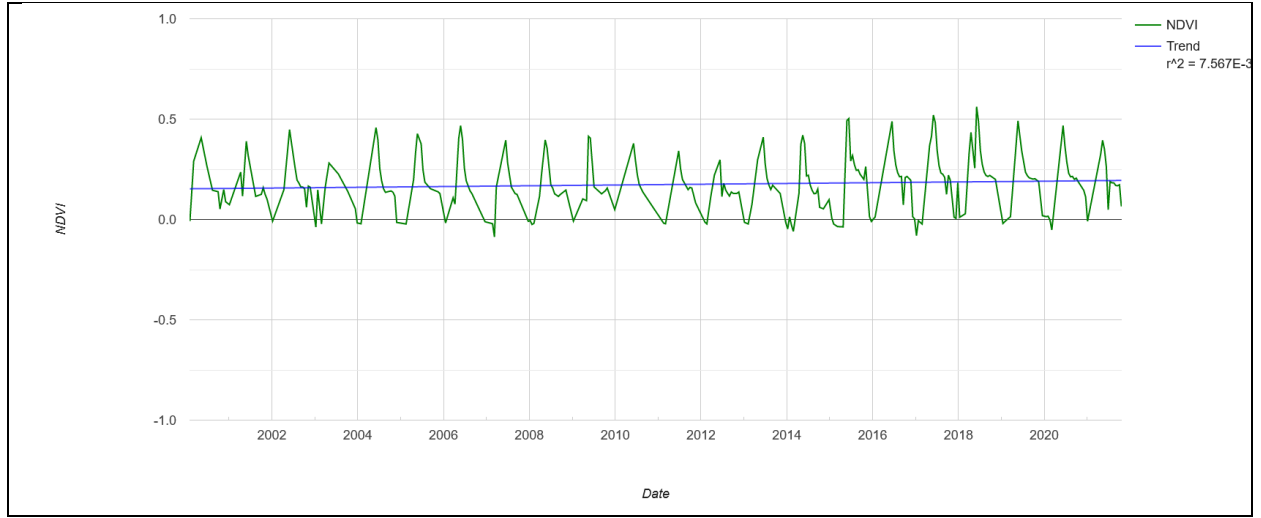


Şekil 5. Görüntü ve NDVI grafik veri değişimi



Şekil 6. GEE grafik veri penceresi

Her bir grafik verinin oluşturulması amaçlı Google uydu görüntü verileri kullanılarak oluşturulan grafik veri üzerinden hesaplatılan eğilim çizgisi üzerinden ortalama ve 2000-2022 yılı eğim değerleri analist tarafından girilerek hesaplatılmaktadır (Şekil 7). İlgili parsele ait veri girişi tamamlandıktan sonra diğer noktalara sırasıyla geçirilerek tüm bilgiler veri tabanına işlenmiş olmaktadır.



Şekil 7. Landsat 7/8 NDVI grafik veri ve eğilim grafiği örnek veri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında toplam 30614 adet yarım hektarlık parsel alanda CE yöntemi ile analizler gerçekleştirilmiştir. Toplam 30614 parsel alan üzerinden 2000 yılından günümüze yapılan ölçüm ve hesaplamalarla elde edilen sonuçlar, toplam alana enterpole edilerek küresel dağ sınıflarına göre;

- Arazi örtü/kullanım sınıfları; IPCC arazi örtü/kullanım sınıfları*, FAO/FRA arazi örtü/kullanım sınıfları*
- Orman, Mera, Ağaç ve Çalılık alanlar; Orman alanları, Mera alanları, Ağaçla ve Çalı ile kaplı alanlar
- Tarım ve Sulak alanlar; Tarım alanları, Sulak alanlar
- Arazi kullanım değişikliği (2000-2020); Arazi bozulumu-çölleşme/iyileşme-yeşillenme alanları; Arazi kullanım değişimleri ve yönleri
- Eğilimler; Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI), Normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI), Net birincil üretim (NPP), Yüzey sıcaklığı, Toprak üstü/altı nemi, Evapotranspirasyon, Toprak-su açığı
- Değişen iklim koşullarına uygun elde edilen veriler yardımıyla bölgesel Ekolojik uyum kapasite haritalaması gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar ışığında belirlenen ana amaç ve hedefler;

- Türkiye ulusal ölçeğinde Dağ Ekosisteminin iklim değişikliği ve uyum sürecinde yapılacak planlamalara ve politikalara;
 - İklim değişikliği
 - Sürdürülebilir biyoçeşitlilik
 - Sel-taşkın riski
 - Orman yangınları
 - Erozyon, sedimantasyon
 - Akış rejimlerindeki değişim uyum süreçleri konularında veri üretilebilecektir.
- Tüm Rio Sözleşmeleri kapsamındaki taahhütlerin planlanması ve uygulanmasında uyum için tam fayda potansiyeli kapsamında ulusal düzeyde sonuçlar üretilecektir.
- Ekosistem temelli adaptasyon yaklaşımları çerçevesinde temel olarak Tarım, Su ve Orman sektörlerine veri sunacak, ilgili raporlamalar için altlık sağlayacaktır.
- Sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SDG) kapsamında oluşturulan iyi uygulama rehberi (https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-10/Good%20Practice%20Guidance_SDG%20Indicator%2015.3.1_Version%201.0.pdf) 15.3.1 çerçevesinde arazi tahribatının dengelenmesi (LDN) çalışmaları için ülkemiz Dağ Ekosistemi adına raporlama yapılabilir.
- Gerek Ekosistem temelli adaptasyon yaklaşımlar, gerekse bu bağlamdaki Arazi tahribatının dengelenmesi (LDN) gibi yaklaşımlar çerçevesinde yöntem olarak özellikle sürdürülebilir arazi yönetimi noktasında

kabul görmüş (<http://www.fao.org/e-agriculture/news/collect-earth-land-use-and-land-cover-assessment-through-augmented-visual-interpretation>) CE yönteminin yaygın kullanımına katkıda bulunacaktır.

Projenin diğer amaçları ise;

- Ekosistem temelli adaptasyon yaklaşımları kapsamında, başta Tarım, Su ve Ormancılık sektörü olmak üzere ulusal politikaların oluşturulmasına yönelik dağ alanları için önemli konular (Biyçeşitlilik, sel taşkın, erozyon, orman yangınları, arazi kullanımları vb.) için veri üretmek
- Gerçekleştirilecek proje ile ülkemizde genellikle parsel bölge seviyesinde ve lokal ölçeklerde çalışılmış olan, fakat Türkiye ölçeğinde bir çalışması yapılmamış DE'nin durumu yaklaşık 20 yıllık bir süreç şeklinde ortaya konulacak, değişimler izlenerek değerlendirmesi gerçekleştirilecektir. Uydu üzerinden uzaktan algılama verileri kullanılarak, UNEP–WCMC 2000 küresel dağ sınıflarına göre Türkiye DE, başta arazi kullanımı ve doğal ekolojik parametrelerinin sayısal verileri üretilecektir.
- Hidrolojik, ekolojik, arazi kullanma, topoğrafik ve diğer parametreler kullanılarak yapılacak olan uyum kapasitesine göre dağlık alanlar sınıflandırması ile, ulusal ölçekte ekosistem hizmetlerinin üretildiği dağlık alanların ne ölçüde iklim değişikliğinin etkilerine karşı dirençli olduğu belirlenerek, sürdürülebilir yönetimleri için politikalar oluşturulmasına katkı sunacaktır.
- Türkiye tarafından imzalanan uluslararası sözleşmelerde dağ ortaklığı ve arazi tahribatının dengelenmesi başta olmak üzere, taahhüt edilen veri üretimine doğrudan katkı sağlaması şeklindedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 120O687 No'lu proje tarafından desteklenmektedir. Projeye olan katkılarından dolayı T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü ve T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü'ne teşekkürler.

KAYNAKLAR

Abatzoglou, J.T., S.Z. Dobrowski, S.A. Parks, Hegewisch, K. C. 2018. Terraclimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015, Scientific Data 5:170191, doi: 10.1038/sdata.2017.191

Anderson, M. C., Kustas, W. P., Norman, J. M., Hain, C. R., Mecikalski, J. R., Schultz, L., et al. (2011). Mapping daily evapotranspiration at field to continental scales using geostationary and polar orbiting satellite imagery. Hydrology and Earth System Sciences, 15(1), 223–239.

Berberoglu S., Dönmez C., Özkan C. 2007. Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat MERIS Veri Seti Kullanarak Modellenmesi, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, İstanbul

Carlson, T. 2007. An overview of the “triangle method” for estimating surface evapotranspiration and soil moisture from satellite imagery. Sensors, 7(8), 1612–1629.

Cracknell, A.P. 2001. The exciting and totally unanticipated success of the AVHRR in applications for which it Was Never Intended. Advances In Space Research, 28, Pp. 233–240.

Gao, B.C. 1996. NDWI—A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. Remote Sensing of Environment, 58, 257-266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)

Garrard, R., Kohler, T., Price, M.F., Byers, A.C., Sherpa, A.R., Maharjan, G.R. (2016) Land use and land cover change in Sagarmatha National Park, a world heritage site in the Himalayas of Eastern Nepal, *Mountain Research and Development*, 36(3), 299-310.

Gorelick N., Hancher M., Dixon m., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. 2016. Google Earth Engine: A Planetary-Scale Platform for Earth Science Data & Analysis. Available online: <https://earthengine.google.com/> (accessed on 30 May 2018).

Kapos, V., Rhind, J., Edwards, M., Price, M.F., Ravilious, C. (2000) Developing a map of the world's mountain forests. Editors Price, M.F, Butt, N., *Forests in sustainable mountain development: a state of knowledge report for 2000. Task Force on Forests in Sustainable Mountain Development.* Book Chapter sayfa.4-19.

Karagulle, D., Frye, C., Sayre, R., Breyer, S., Aniello, P., Vaughan, R., Wright, D. (2017) Modeling global Hammond landform regions from 250-m elevation data, *Transactions in GIS*, 21, 1040-1060.

- Körner, C., Ohsawa, M.** (2005) Mountain systems. In Ecosystems and human well-being: current State and trends. Findings of the Conditions and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment (R. Hassan, R. Scholes & N. Ash, eds.). *Island Press*, Washington DC, 681-716.
- Körner, C., Paulsen, C., Spehn, E.M.** (2011) A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data, *Alpine Botany*, 121, 73-78.
- Majumder, A., Kingra, P.K., Setia, R., Singh, S.P., Pateriya, B.** (2020) Influence of land use/land cover changes on surface temperature and its effect on crop yield in different agro-climatic regions of Indian Punjab, *Geocarto International*, 35(6), 663-686.
- Martino, L.; Fritz, M.** 2008. New Insight into Land Cover and Land Use in Europe. Available online: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3433488/5582088/KS-SF-08-033-EN.PDF/fc262221-5c2e-4dcf-9e7b-0c6731b3f3a4> (accessed on 31 May 2016).
- Romijn, E.; Lantican, C.B.; Herold, M.; Lindquist, E.; Ochieng, R.; Wijaya, A.; Murdiyarso, D.; Verchot, L.** 2015. Assessing change in national forest monitoring capacities of 99 tropical countries. *For. Ecol. Manag.* 352, 109–123.
- Sayre, R., Dangermond, J., Frye, C., Vaughan, R., Aniello, P., Breyer, S., Cribbs, D., Hopkins, D., Nauman, R., Derrenbacher, W., Wright, D., Brown, C., Convis, C., Smith, J., Benson, L., VanSistine, D.P., Warner, H., Cress, J., Danielson, J., Hamann, S., Cecere, T., Reddy, A., Burton, D., Grosse, A., True, D., Metzger, M.J., Hartmann, J., Moosdorf, N., Dürr, H.H., Paganini, M., DeFourny, P., Arino, O., Maynard, S., Anderson, M., Comer, P.** (2014) A New Map of Global Ecological Land Units — An Ecophysiographic Stratification Approach, Washington, DC: Association of American Geographers.
- Sayre, R., Frye, C., Karagulle, D., Krauer, J., Breyer, S., Aniello, P., Wright D.J., Payne, D., Adler, C., Warner, H., VanSistine, D.P., Cress, J.** (2018) A new high-resolution map of world mountains and an online tool for visualizing and comparing characterizations of global mountain distributions, *Mountain Research and Development*, 38(3), 240-249.
- Tabacchi, G.; de Natale, F.; Floris, A.; Gagliano, C.; Gasparini, P.; Scrinzi, G.; Tosi, V.** 2005. Italian National Forest Inventory: Methods, state of the project, and future developments. In Proceedings of the Seventh Annual Forest Inventory and Analysis Symposium, Portland, ME, USA, 3–6 October 2005.
- Tomppo, E.; Katila, M.; Mäkisara, K.; Peräsaari, J.** 2011. The Multi-Source National Forest Inventory of Finland—Methods and Results 2011. *Measurement*, 319, 1–224.
- Ullah, S., Ahmad, K., Sajjad, R.U., Abbasi, A.B., Nazeer, A., Tahir, A.A.** (2019) Analysis and simulation of land cover changes and their impacts on land surface temperature in a lower Himalayan region, *Journal of Environmental Management*, 245, 348-357.
- URL 10.** https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod44b
- URL 2** <http://www.earthblog.com/blog/archives/2015/09/google-earth-imagery-suppliers.html> (accessed on 1 June 2020).
- URL 3** <http://blogs.bing.com/maps/2011/06/27/bing-maps-unveils-exclusive-high-res-imagery-withglobal-ortho-project/> (accessed on 30 May 2021).
- URL 4** <https://earthengine.google.com/datasets/> (accessed on 1 June 2020).
- URL 5** <https://www.google.com/earth/> (accessed on 23 April 2020).
- URL 6** <https://www.google.com/chrome/> (accessed on 23 April 2021).
- URL 7** <https://www.mozilla.org/en-US/firefox/new/> (accessed on 23 April 2021).
- URL 8** <http://www.openforis.org/tools/collect.html> (accessed on 23 April 2021).
- Xiao, H., Weng, Q.** (2007) The impact of land use and land cover changes on land surface temperature in a karst area of China, *Journal of Environmental Management*, 85(1), 245-257.