



Kamu Yönetimi Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi

*Institute of Public Administration
Journal of Social Sciences*

Cilt 3, Sayı 4, Yaz/Haziran 2023

DİNAMİK WEB HARİTALAMADA YENİ BİR DÖNEM: GOOGLE EARTH ENGINE

A New Era in Dynamic Web Mapping: Google Earth Engine

Araştırma Makalesi • Research Article

Doç. Dr. Zekeriya Fatih İNEÇ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Eğitim Fakültesi Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü

fatihinec@erzincan.edu.tr



0000-0002-2391-605X

Geliş Tarihi/Received: 17.04.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 05.05.2023

Atıf/Citation

İneç, Z. (2023). Dinamik Web Haritalamada Yeni Bir Dönem: Google Earth Engine. *Kamu Yönetimi Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*. (4), 233-258.

Kamu Yönetimi Enstitüsü

Türkiye Kamu Çalışanları Kalkınma ve Dayanışma Vakfı kuruluşudur

Öz

Bu çalışmada Google firması tarafından dinamik web haritalama için geliştirilen Earth Engine (GEE) adlı bulut tabanlı bilgi işlem platformunun tanıtımı yapılmakta ve özellikleri ile işlevleri açıklanmaktadır. Başlangıçta uydu ve hava görüntülerini coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla üç boyutlu bir dünya modeline dönüştürerek kullanıcılara sunan Google Earth, web 2.0 ile birlikte kullanıcıların veri işleyebileceği, çeşitli geometrik işlemler yapabileceği ve katmanlar oluşturarak mekân üzerine veri ekleyebileceği çeşitli özelliklere sahip oldu. Dünyanın ötesinde gökyüzü, Mars ve Ay'ın da keşfedilmesine olanak sağladı. 2021 yılında ise GEE adlı platform tanıtılarak dinamik web haritalamada bir çığır açıldı. Ülkemizde sosyal bilimciler tarafından henüz keşfedilmeyen ve yeterince tanınmayan GEE ile farklı zaman dilimlerindeki mekânsal büyük veriler işlenerek çok boyutlu analizlerin yapılması kolaylaştırıldı. Çalışma bu bağlamda mekânsal verinin analizinin basitleştirilmesi ve sosyal bilimlerdeki karşılığının ifade edilmesi açısından önemli görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Google Earth Engine, Google Earth, mekânsal veri, veri görselleştirme

Abstract

In this study, the cloud-based computing platform called Earth Engine (GEE), developed by Google for dynamic web mapping, is introduced and its features and functions are explained. Google Earth, which initially presented to users by transforming satellite and aerial images into a three-dimensional world model through geographic information systems, gained various features with web 2.0 where users could process data, perform various geometric operations and add data on space by creating layers. Beyond Earth, it also allowed the exploration of the sky, Mars, and the Moon. In 2021, a platform called GEE was introduced, breaking new ground in dynamic web mapping. Multidimensional analyzes have been facilitated by processing large spatial data in different time periods with GEE, which has not yet been discovered and sufficiently known by social scientists in our country. In this context, the study is considered important in terms of simplifying the analysis of spatial data and expressing its equivalent in social sciences.

Keywords: Google Earth Engine, Google Earth, spatial data, data visualization

Giriş

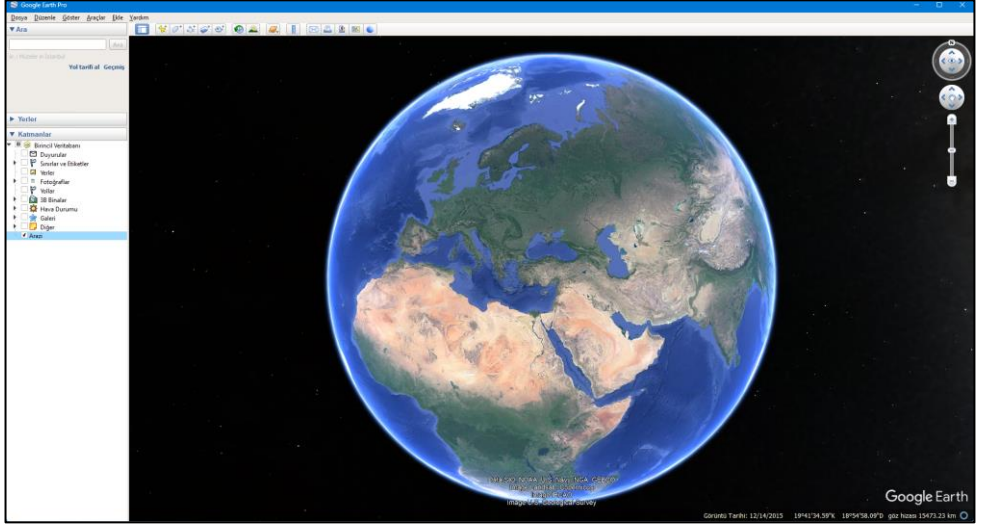
İnsanın hayatını kolaylaştırmaya odaklanan bilim ve teknoloji, oluşturduğu yeni imkânlarla insanların alışkanlıklarının değişmesinde rol oynamaktadır. İnsan tarafından ortak bir formda algılanan dünyanın fantastik kopyalarını keşfetmek için tasarlanan bilim ve teknoloji ürünü araçlar

özellikle internet sayesinde zamansal ve mekânsal olarak yeni sanal dünyaların ortaya çıkmasını sağlamaktadır (İneç, 2021:349-351).

Var olan tüm nesnelerin sanal kopyalarının oluşturulduğu günümüzde web 2.0 ile birlikte insan – insan; web 3.0 ile ise insan – makine – insan etkileşimi başlamıştır (İneç, 2017). Bunun neticesinde küresel çaptaki kullanıcı verileri web 2.0 döneminde makine öğrenme, web 3.0 döneminde ise semantik zekâ ile bulut teknolojiler üzerinden analiz edilmiştir (İneç, 2020a). Bu çerçevede mekânsal veriyi işleyip analiz ederek görselleştirebilen platform ise coğrafi bilgi sistemleridir (İneç, 2012).

Coğrafi bilgi sistemleri, başlangıçta yer küreye ait verilerin toplanmasına, işlenmesi ve analizine odaklanan bir sistematığı ifade ederken, günümüzde mekânsal verinin her türüyle ilgilenmektedir (İneç, 2012). Bu noktada coğrafi bilgi sistemlerinin başta fen bilimleri olmak üzere, sağlık ve sosyal bilimlerde aranılan bir teknoloji türü olarak deneysel çalışmalarda dahi kullanılabilirdiği anlaşılmaktadır (İneç, 2017; İneç & Akpınar, 2017; İneç & Akpınar, 2018).

Coğrafi bilgi sistemleri platformlarında kullanıcıların yüklediği tekil bilgiler web 2.0'ın etkileşim özelliği sayesinde ortak biçimde yapılandırılan bilgi formlarına dönüşmüştür. Bu dönemde Google'ın dinamik web haritalama çözümleri kullanıcıların ortak verileri üzerinden genişletilmiştir. Özellikle Google Android işletim sistemi ile bireyler mekânsal aktivitelere dahil olmuştur. Yönergelerle mekânı tanıtmayı ve algılamayı amaçlayan Google Haritalar, özellikle Google Earth platformu sayesinde sanallaşan dünyayı evlere, ofislere ve hatta cep telefonları ile araçlara kadar ulaştırmıştır (Görsel 1).



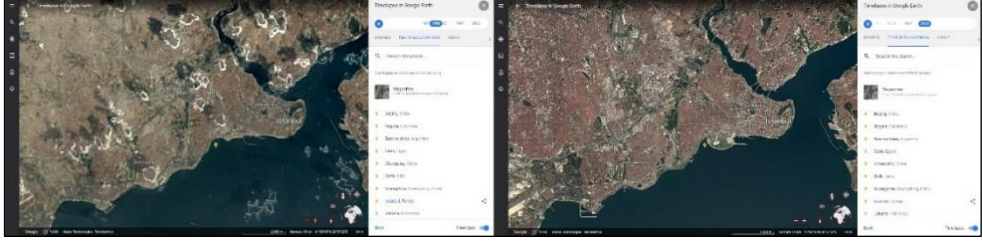
Görsel 1: *Google Earth Pro*

Google Earth platformu dünyanın havadan ve uzaydan alınan görüntüleri ile coğrafi bilgi sistemleri verilerini üç boyutlu bir ortamda gösterebilen bulut tabanlı bir masaüstü programıdır. Google firması tarafından geliştirilen Google Earth'ün geçmişi 2001 yılına uzanmaktadır. Özellikle Keyhole firmasının üç boyutlu küre grafiği üzerine küresel görünümün bindirilmesiyle oluşturulan bu haritalama sistemi 2015 yılından itibaren Google Earth Pro adı altında ücretsiz olarak kullanıcılara dağıtılmaktadır (URL 1, 2023). Google Earth'ün web tabanlı deneme sürümüne ise 2020 yılından itibaren <https://earth.google.com/web/> adresinden erişilmektedir. Çeşitli fonksiyonlara sahip olan bu versiyonda oturma açmak kaydıyla bulut tabanlı çeşitli projeler oluşturulabilmektedir. Fakat çok boyutlu işlevler ile analizleri gerçekleştirebilmek için ise <https://earthengine.google.com> adresinden erişilebilen GEE platformu kullanılmaktadır. Aşağıda GEE'nin tanıtımı yapılmakta ve GEE'nin özellikleri ve fonksiyonları hakkında bilgi verilmektedir.

1. Google Earth Engine (GEE)

GEE, mekânsal büyük verileri analiz etmek için geliştirilmiştir. Böylelikle coğrafi mekânda gerçekleşen değişiklikleri tespit ederek sonuçları dinamik harita üzerinde görselleştirme olanağı oluşmaktadır (Görsel 2).

Dolayısıyla GEE'nin akademik ve araştırma amacı bulunmakta ve bu çerçevede kullanımının ücretsiz olduğu ifade edilmektedir (URL 2, 2023).



Görsel 2: GEE ile 1987 – 2022 yılları arasında İstanbul'un değişim analizi görüntüsü

GEE, uydu, gökyüzü ve sensörlerden alınan tarihî ve eşzamanlı mekânsal büyük verilerin bilimsel analiz yöntemleriyle çözümlemesini sağlamaktadır. Böylece oluşan arşiv küresel veri madenciliğini desteklemektedir. Ayrıca GEE işlevsellik ve büyük verilerin analizi için uygulama programlama arabirimleri (API) ile çeşitli araçları da bünyesinde barındırmaktadır. GEE mekânsal bilginin düzenlenmesi ile analiz edilmesini kolaylaştırıp ortaya çıkan küresel bilgiyi organize edip evrene yaymaktadır. Bu da bilimsel ve çevresel misyonlara katkı sağlamaktadır (URL 3, 2023).

İlgili alanyazın doğrultusunda GEE'nin yalın bir ifadeyle tanımını şu şekilde yapmak mümkündür: GEE, bünyesindeki tarihî ve eşzamanlı veriler ile kullanıcıların yüklediği verileri problem durumu bağlamında analizini gerçekleştirerek elde edilen bulguların mekân üzerinde görselleştirilmesini sağlamaktadır. Bunun için GEE'nin hazır araçlarıyla birlikte basitleştirilmiş bir arayüzü bulunmaktadır. GEE'nin çok disiplinli bu yapısı sosyal bilimler için sıra dışı özellikler sunmaktadır.

1.1. Google Earth Engine Özellikleri

GEE çok boyutlu yapısıyla birlikte çeşitli özelliklere sahiptir. GEE bu çerçevede hazır veri kataloglarıyla hızlı hesaplamaların yapılmasını ve büyük verilerin görselleştirilerek küresel çapta sunumunu sağlamaktadır. GEE üzerinde bu işlemleri gerçekleştirebilmek için herhangi bir web programlama ya da HTML gibi etiketleme dillerine ihtiyaç duyulmadan sistematik veri üretilebilmekte ve etkileşimli nihai ürünler küresel çapta

paylaşılabilmektedir. GEE’de bulunan veri katalogları ise çevresel değişkenlere, hava ve iklim tahminlerine, arazi örtüsüne, topografik ve sosyo-ekonomik yapıya ilişkin görüntüleme sistemlerinden alınan optik ve optik olmayan dalga boylarının görüntülerini kapsamaktadır. Bu verilere ise API ile ilişkili ve etkileşimli web tabanlı bir geliştirme ortamı aracılığıyla erişilmektedir (Gorelick vd. 2017).

GEE’nin özellikleri resmî web sitesinde şu şekilde açıklanmaktadır (URL 4, 2023):

1.1.1. Veri kataloğu: GEE kataloğunda dokuz yüzden fazla analize hazır mekânsal veri seti bulunmaktadır. Dolayısıyla gerçek zamanlıya eş değer uydu görüntüleri ile bilimsel verilere anlık erişmek mümkündür.

1.1.2. Veri serisi: GEE veri setlerine erişim olanağı vererek uzun vadeli değişimi varyasyonu gözler önüne sermektedir. Böylece tahmin ve risk değerlendirilmesinin yapılmasını sağlamaktadır.

1.1.3. İşlem süreci: GEE bilimsel süreçlere uygun olarak hızlı sorgulama ile veri sunumu yapılmasını sağlamaktadır.

1.1.4. İşlem büyüklüğü: GEE çok büyük veriler ile zamana yayılan serileri işleyebilmekte ve üretebilmektedir.

1.1.5. Rehberlik hizmeti: GEE alt yapısı uzmanlar tarafından yönetildiği için mekânsal veri kullanıcıların tek odak noktasıdır.

1.1.6. Kod düzenleme: GEE web tabanlı kod düzenleme ortamı sayesinde yeni bilimsel süreçleri test etmeyi ve geliştirmeyi sağlamaktadır.

1.1.7. Kütüphaneler: GEE, JavaScript ve Phyton dilleri ile mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesi için bir işlev kütüphanesi sunmaktadır. Böylece bilimsel verinin test edilmesi ve analizlerin tanımlanmasında esneklik sunulmaktadır.

1.1.8. Etkileşim: GEE, etkileşimli analiz deneyimleri sunmaktadır. Kullanıcılar tarafından oluşturulan mekânsal araçlar böylelikle diğer paydaşlarla paylaşılmaktadır.

1.1.9. Kullanıcı doğası: GEE bünyesinde alan uzmanı olan kullanıcılara sahiptir. Böylece geliştiriciler bu topluluklarda bulunanlarla etkileşim kurabilmektedir.

1.1.10. Makine öğrenme ile entegrasyon: Mekânsal verinin tasnifi ve analizinde mekânsal makine öğrenimi ile modeller oluşturulabilmektedir.

1.2. Google Earth Engine İşlevleri ve Veri Kataloğu

GEE, web tabanlı arayüzü ve bulut tabanlı yapısı, Google'ın Compute Engine ve Cloud Machine Learning gibi araçları sayesinde büyük veriye erişimi ve bunların analizini kolaylaştırmaktadır. GEE'ye ait The Code Editor ise GEE API veri kataloğuna doğrudan bağlantı sağlamaktadır.

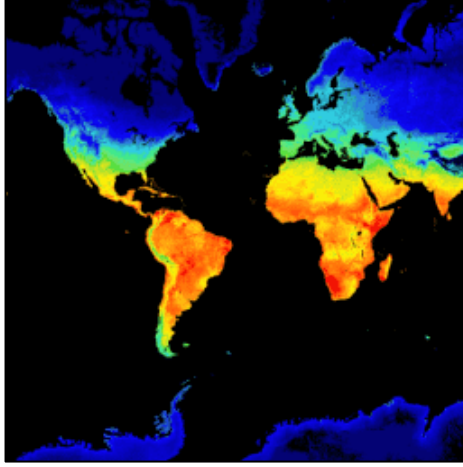
GEE veri kataloğu, mekânsal büyük veri kümelerinden oluşan bir kütüphane olarak tanımlanmaktadır. Burada yer alan verilerin büyük bir kısmı Landsat, Sentinel-1 ve Sentinel-2'den alınan veri arşivleri ile dünyayı gözlemleyen uzaktan algılama görüntülerinden oluşmaktadır (Gorelick vd. 2017).

GEE kullanıcılar tarafından çeşitli verilerin yüklenmesine olanak sağlamaktadır. Raster ve vektör veriler ile GeoTIFF ve Shape gibi dosyalar tanımlanabilmektedir. Bununla birlikte tüm EROS (USGS/NASA) Landsat kataloğu ile MODIS veri setinin büyük bir kısmı, Sentinel-1 ve NAIP yağış, deniz yüzeyi ısısı, ayrıca CHIRPS iklim ve yükseklik verilerini içeren büyük bir kataloğa erişim imkânı da bulunmaktadır. GEE'nin bu çerçevede sunulan işlev kütüphaneleri ise aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaktadır (URL 5, 2023):

1.2.1. İklim ve Hava Durumu

1.2.1.1. Yüzey ısısı:

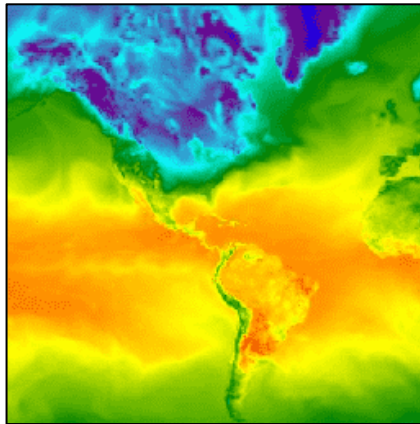
GEE termal uydu sensörleri üzerinden küresel yüzey sıcaklığı ile emisyon verilerine erişim sağlamaktadır. GEE veri kataloğu Landsat, MODIS, ASTER ve AVHRR sensörlerinden alınan verilerle oluşturulmaktadır. Bu doğrultuda GEE'de kara yüzey sıcaklığı veri setleriyle gerçekleştirilen analizin sonuçları Görsel 3'te verilmektedir (Moriyama, 2014) (Görsel 3):



Görsel 3: *GCOM-C/SGLI L3 Arazi Yüzey Sıcaklığı v.1 (Moriyama, 2014)*

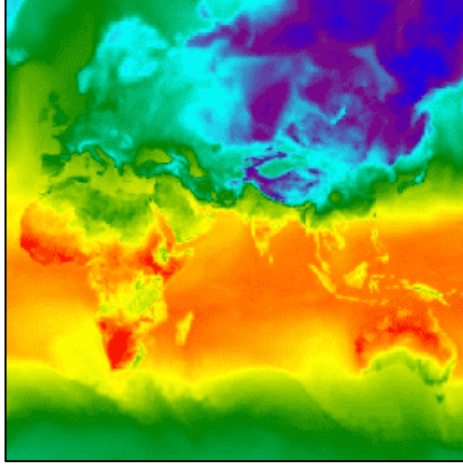
1.2.1.2. İklim:

GEE, NCEP/NCAR, NLDAS-2, GridMET, Idaho Üniversitesi, MACAv2-METDATA ve NASA Earth Exchange gibi merkez ve sistemlerden veri, veri kümeleri ile veri modellemelerine erişebilmektedir. Bu doğrultuda iklim ve yüzeye ilişkin değişkenlerin tarihsel tahminleri gerçekleştirilebilmektedir. Görsel 4'te Ulusal Çevresel Tahmin Merkezi (NCEP) İklim Tahmin Sistemi (CFS) verileri ile oluşturularak atmosfer ile okyanuslar, kara ve deniz buzu arasındaki etkileşimi görselleştiren birleşik bir model verilmektedir (Saha vd. 2011) (Görsel 4).



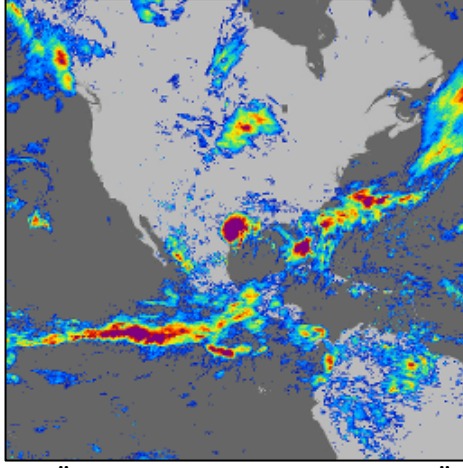
Görsel 4: *Atmosfer ile okyanus, kara ve deniz buzu arasındaki etkileşim (Saha, vd. 2011)*

1.2.1.3. Atmosfer: GEE kataloğundaki NASA'ya ait TOMS ve OMI araçlarından alınan ozon verileri MODIS Aylık Izgaralı Atmosfer ürünü gibi atmosferik veri kümeleri ile çalışabilmektedir. Aşağıda yer alan Görsel 5'te Copernicus Atmosfer İzleme Hizmeti ile elde edilen veriler üzerinden dünya atmosferinin bileşimi verilmektedir (Benedetti vd. 2009; Morcrette vd. 2009).



Görsel 5: Copernicus Atmosfer İzleme Hizmeti (CAMS) Küresel Gerçek Zamanlıya Yakın (Benedetti vd. 2009; Morcrette vd. 2009).

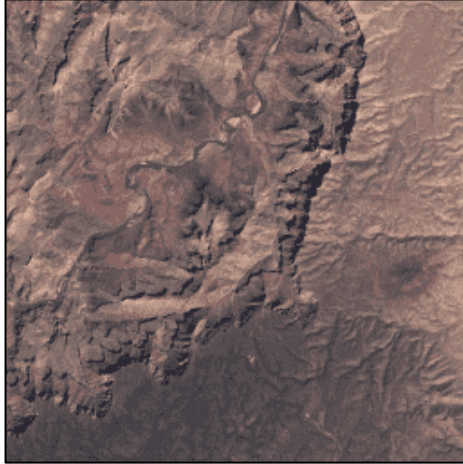
1.2.1.4. Hava Durumu: GEE yağış, sıcaklık, nem, rüzgâr ve benzer değişkenlere ilişkin tahminlerde bulunabilmek için çeşitli işlemlere, bağlantılara ve kütüphanelere sahiptir. Bu bağlamda NOAA Küresel Tahmin Sistemi (GFS), NCEP İklim Tahmin Sistemi (CFSv2) ve TRMM kaynaklarından elde edilen sensör verilerinden yararlanılmaktadır. Görsel 6'da dünya çapında üç saatte bir elde edilen yağmur ve kar gözlemlerini sağlayan Küresel Yağış Ölçümü'nden (GPM), IMERG ve GPM Constellation'dan elde edilen verileri birleştirerek oluşturulan yağış tahminlerinin analiz sonuçları verilmektedir (Huffman vd. 2019).



Resim 6: *Küresel Yağış Ölçümü: Aylık Küresel Yağış Ölçümü (GPM) v6 (Huffman vd. 2019).*

1.2.2. Görüntüleme

1.2.2.1. Landsat: USGS ve NASA'nın dünya gözlemcisi Landsat uyduları multispektral ve termal veriler elde etmek için dünya yüzeyini sürekli görüntülemektedir. GEE ise bu mekânsal verilerin bilimsel yöntemlerle analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Aşağıda verilen Görsel 7'de Landsat 8 OLI/TIRS sensörlerinden alınan atmosferik olarak düzeltilmiş yüzey yansımaları ve kara yüzeyi sıcaklığı yer almaktadır (URL 6, 2013).



Görsel 7: *USGS Landsat 8 Seviye 2, Koleksiyon 2, Kademe 1 (URL 6, 2013)*

1.2.2.2. Sentinel: Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından yürütülen Copernicus Programı kapsamında Sentinel uyduları radar ve optik görüntüleme ile kara ve okyanuslara ait verileri toplamaktadır. GEE ise Sentinel uyduları tarafından derlenen veri kümelerinin analizini gerçekleştirmektedir. Görsel 8’deki görsel, Sentinel 2’nin küresel çapta bitki, toprak ve su örtüsü izlemlerinin yanı sıra havzaları ve kıyı alanlarını izleme görevlerinden elde ettiği veri setiyle oluşturulmaktadır (URL 7, 2017).



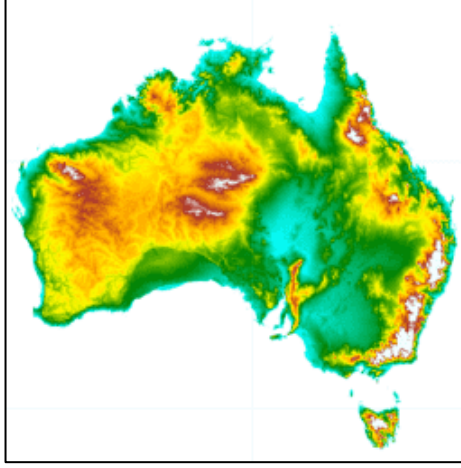
Görsel 8: Entegre edilmiş Sentinel-2 MSI: ÇokluSpektral Enstrüman, Seviye-2A

1.2.2.3. MODIS: MODIS, NASA’nın Terra ve Aqua uydularındaki Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometre sensörleridir. MODIS, 1999 yılından itibaren BRDF ayarlı yüzey yansımaları ile bitki ve kar örtüsü gibi günlük görüntüleri elde etmektedir. GEE bu verileri kullanıcıların erişimine açmaktadır.

1.2.2.4. Görüntüler: GEE ile çok yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinden mekânların detaylarına ulaşmak mümkündür. Örneğin ABD Ulusal Tarım Görüntüleme Programı (NAIP) tarafından bir metrelik çözünürlüğüne sahip olan ABD’nin havadan görüntülerine erişilebilmektedir.

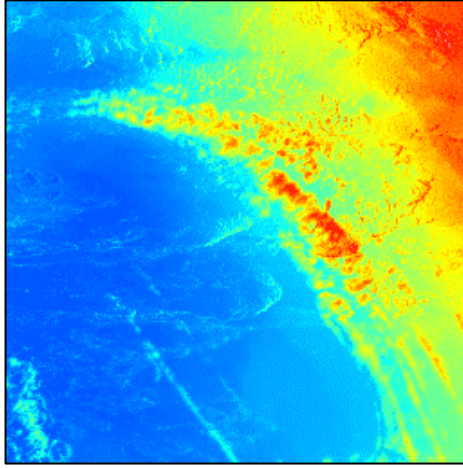
1.2.3. Jeofizik

1.2.3.1. Araziler: GEE veri kataloğunda Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ve WWF HydroSHEDS hidroloji veri tabanındaki Küresel ve Bölgesel Dijital Yükseklik Modelleri yer almaktadır. Bu sayede dünyanın topografik yapısı tasarlanmaktadır. Örnek olarak verilen Görsel 9’da Şubat 2000’de NASA tarafından alınan SRTM verilerinden Avustralya kıtasının Hidrolojik Dijital Yükseklik Modeli (DEM-H) ile oluşturulan görsel bulunmaktadır (Geoscience Australia, 2010).



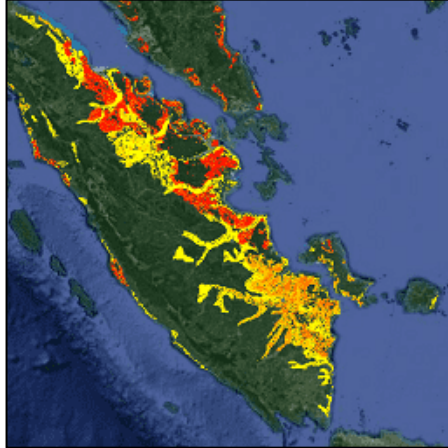
Görsel 9: *DEM-H: Avustralya SRTM Hidrolojik Olarak Zorunlu Dijital Yükseklik Modeli*

1.2.3.2. Arazi Katmanı: GEE, arazi katmanlarına ait haritalar ile orman, otlak ve su katmanlarını gerçek zamanlı olarak aktarabilen Dynamic World’ten ESA World Cover gibi küresel ürünlerin çeşitli veri kümelerini içermektedir. Bu bağlamda Görsel 10’da 2001’den 2015 yılları arasında 245 km²’den fazla alanı kapsayan 236 farklı LiDAR araştırmasından elde edilen verilerin oluşturduğu beş metrelik Avustralya Dijital Yükseklik Modeli (DEM) gösterilmektedir (URL 9, 2015).



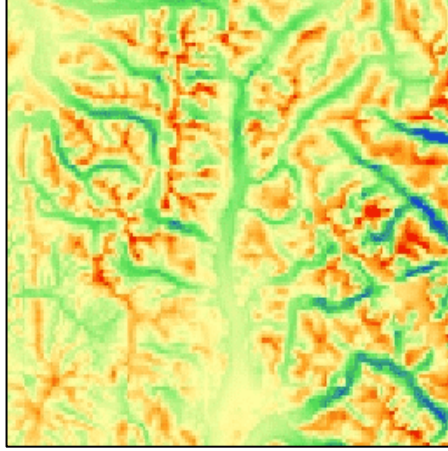
Görsel 10: *Avustralya Dijital Yükseklik Modeli (URL 9, 2015)*

1.2.3.3. Ekim Katmanı: GEE, USDA NASS'a ait çeşitli katman verileri sayesinde ekim alanlarının kapsamını, hakimiyetini ve sulama kaynaklarına ait verilerin sunumunu yapmaktadır. Ayrıca Küresel Gıda Güvenliği-Destek Analizi Verilerinden (GFSAD) gelen katmanlara da yer vermektedir. Aşağıdaki Görsel 11'de BM FAO tarafından hazırlanan Drenajlı Organik Topraklar Alanı (Yıllık) görüntüsü bulunmaktadır (FAO, 2020; Conchedda & Tubiello, 2020).



Görsel 11: *BM FAO Drenajlı Organik Topraklar Alanı (Yıllık) (FAO, 2020; Conchedda & Tubiello, 2020)*

1.2.3.4. Jeofizik Veriler: GEE’de Savunma Meteorolojik Uydur Programı’nın Operasyonel Hat Tarama Sisteminden (DMSP-OLS) alınan gece görüntüleri ile diğur uydur sensörlerinden alınan veriler bulunmaktadır. Bilhassa DMSP-OLS, bir kilometre çözünürlükte gece ışıklarının görüntülerini sürekli derlemektedir. Görsel 12’de USGS’nin NED DEM veri setlerinden üretilen çok ölçekli topografik konum indeksine yer verilmektedir (Theobald, Harrison-Atlas, Monahan & Albano, 2015).



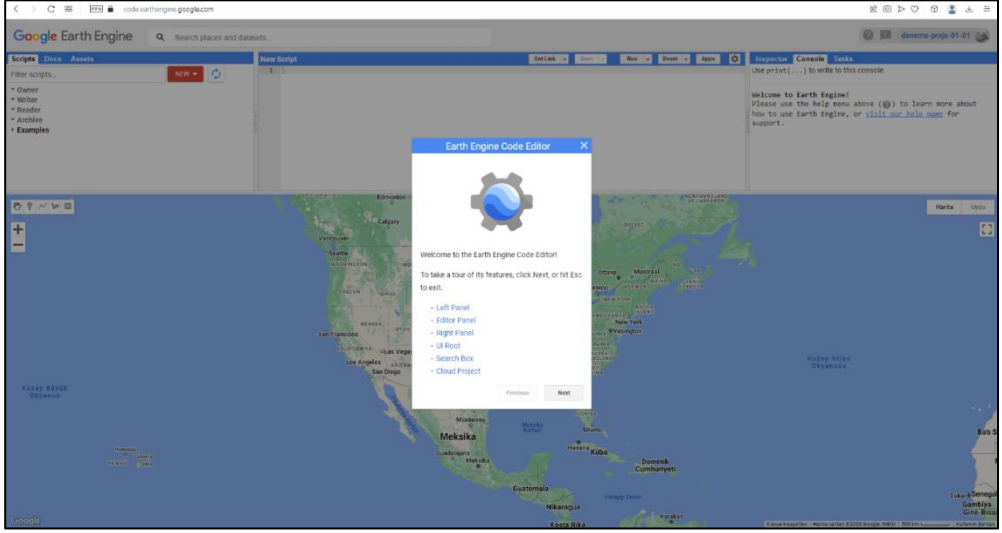
Görsel 12: Çok Ölçekli Topografik Konum İndeksi (Theobald, Harrison-Atlas, Monahan & Albano, 2015).

1.3. Google Earth Engine Kod Düzenleyici

GEE Kod Düzenleyici (The Code Editor), GEE’nin JavaScript temelli API’si için web tabanlı bir IDE platformu olarak tanımlanmaktadır. GEE Kod Düzenleyici (GEEKD) mekâna dayalı karmaşık verinin hızlı ve kolay bir şekilde analiz edilerek görselleştirilmesi için kullanıcılara basit bir arayüz sunmaktadır. GEEKD, JavaScript kod düzenleyiciye, mekânsal veri setlerini görselleştirmek için dinamik harita gösterimine, API parametre kütüphanesine, Git tabanlı komut dosyası yöneticisine, konsol çıkışına, sorguları işlemek için görev yöneticisine, etkileşimli harita sorgusuna, veri arşivinde veya kaydedilmiş komut dizilerinde arama yapma ve geometrik çizim araçlarına sahiptir (URL 10, 2023).

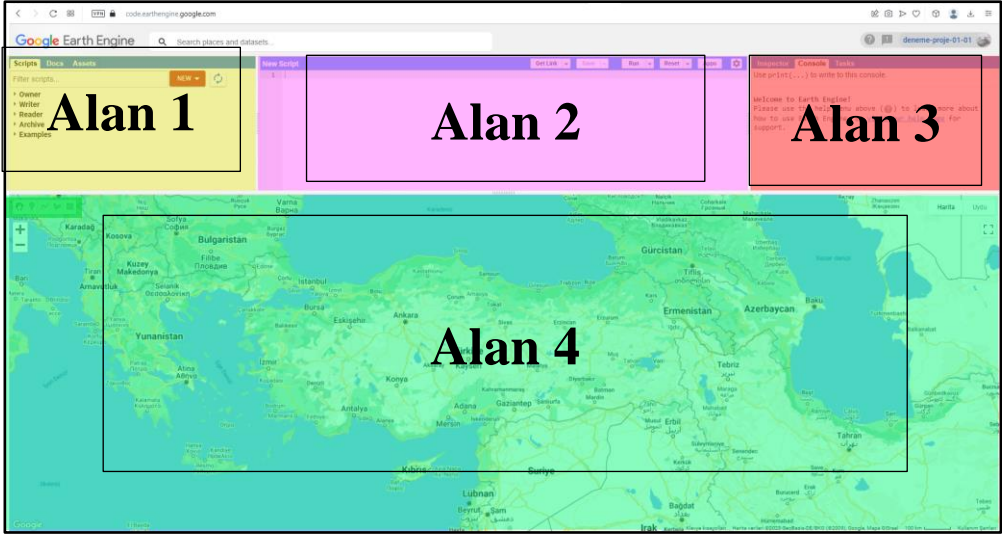
GEEKD kullanıcıların ve araştırmacıların çalışmalarında kolaylık sağlamada çeşitli özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda GEEKD, GEE API'sinden yararlanmakta veriyi görselleştirmek için çeşitli bağlantılar kurmaktadır. Örnek komut dosyalarını görüntülemek ya da oluşturmak için GEEKD harita katmanlarında bulunan nesnelere sorgulanmasına izin vererek içeriğın küresel çapta paylaşımını sağlamaktadır (URL 10, 2023).

GEEKD platformuna <https://code.earthengine.google.com> adresinden erişilmektedir. Google veya kayıtlı kullanıcı hesaplarıyla erişilen sistemde iki seçenek sunulmaktadır. Bunlardan ilki ortak çalışma, izleme ve eşlenik çalışma için bulut projesi seçeneğidir. İkinci seçenek ise ticari olmayan kullanıcılar için Google tarafından önerilmeyen bulut teknolojisiz erişimdir. Bu noktada ilk seçeneğın ücretli, ikincisinin ise ücretsiz olduğu düşünülmemelidir. İlk seçenek kullanıcı tarafından belirlendikten sonra Google iki seçenek daha sunmaktadır. Bunlardan ilki ticari işletmeler ve bürokratik işlemler için ücretli kullanımdır. İkinci seçenekte ise kâr amacı gütmeyen kurumlar, eğitim – öğretim faaliyetleri, devlet araştırmaları ve medya çalışmalarını için oluşturulan ücretsiz kullanım talebidir. Bulut teknolojisiz erişim biçimi için ise bir kayıt formunun doldurulması istenmektedir. Bu çalışma bilimsel bir içeriğe sahip olduğundan ilk seçeneğın eğitim etkinlikleri için oluşturulan ücretsiz adımı seçilerek açılan menüden üniversiteler, okullar ve laboratuvarlar için öngörülen “Academia & Research” seçimi yapılmaktadır. Yeni bulut tabanlı bir projenin GEEKD tanıtımı Görsel 13'te řu şekildedir:



Görsel 13: GEEKD giriş ekranı görüntüsü
(https://code.earthengine.google.com/?project=proje_adi)

GEE fonksiyon alanları ise Görsel 14’te şu şekilde tasnif edilmektedir:



Görsel 14: GEE kod düzenleyici fonksiyon alanları

Görsel 14’te GEEKD alanları bulunmaktadır. Bunlardan Alan 1’de *Scripts, Docs* ve *Assets* sekmeleri yer almaktadır. *Scripts* sekmesinde scripts

olarak ifade edilen kod senaryolarının görüntülenebildiği hazır bir kütüphane, *Docs* sekmesinde parametrelerle ilgili açıklama dokümanları, *Assets*'te ise bulut tabanlı nesnelere görüntüleme ve bağlantı kurma fonksiyonları mevcuttur. Alan 2'de kod senaryosu yazmak ve çalıştırmak için hazırlanmış bir alan bulunmaktadır. Bu alanda manuel kod yazılabileceği gibi Alan 1'de yer alan hazır kodlar da buraya aktarılabilir. Alan 2'de *Run* komutuyla yazılan kodlar çalıştırılmakta, *Reset* ile kodlar başlangıç değerine dönüştürülmekte, *Apps* ile ise uygulama platformları oluşturulabilmekte ve yönetilebilmektedir. Alan 3'te ise üç farklı bilgi ekranına yer verilmektedir. Bunlardan *Inspector*, harita üzerinde imlecin işlemleri hakkında mekânsal bilgileri kullanıcıya anlık sunarken, *Console* sekmesinde Alan 2'de yazılan kodların çıktılarını, *Tasks* sekmesinde ise önceden tanımlanan görevleri görüntüleme ve iptal etme işlemleri gösterilmektedir. Alan 4'te Alan 2'de yazılan kodların web tabanlı dinamik haritada sunumu yer almaktadır.

Kod düzenleyicinin haricinde GEE bünyesinde bir de Komut Satırı Aracı bulunmaktadır. Bu araç Python API ile yüklenmekte ve bu sayede GEE'deki nesnelere ve görevlere bu araç üzerinden yönetilmektedir (URL 11, 2023).

1.4. Google Earth Engine API

API'ler, uygulama programlama arabiriminin kısaltması olarak ifade edilmektedir. API'ler işlev kütüphaneleri olarak tanımlanmakta ve üçüncü parti yazılımlar üzerinden kullanıcıların başvuru yapmasını sağlayarak ilgili sunucuya işlem yaptırmaktadır (İneç, 2020: 264). API'ler sayesinde kullanıcılar YouTube, Google Maps ve WhatsApp gibi birçok platformda özelleştirmeler gerçekleştirmektedir (İneç, 2020: 267).

GEE API de kullanıcılara parametrelerden oluşan bir kitaplık sunmaktadır. Kullanıcılar bu sayede kataloglarda bulunan verilerle kişisel verilerini birlikte analiz edebilmektedir. Bu parametreler sayesinde büyük bir veri işleme sistemi oluşturulmaktadır. API kütüphanelerine erişim ise etkileşimli web tabanlı bir geliştirme ortamından sağlanmaktadır (Gorelick vd., 2017).

GEE API erişimi için çeşitli ön koşullar bulunmaktadır. Bunun için öncelikle GEE'ye üye olmak ve JavaScript diline aşina olmak gerekmektedir.

GEE API ile görüntü oluşturma, harita yapılandırma, haritaya katman ekleme, katman özelleştirme, görüntülerle hesaplama yapma, harita cebiri, görüntü istatistiği, ölçeklendirme, resim koleksiyonu oluşturma, görüntü koleksiyonu filtreleme, kompozisyon, maskeleyme ve mozaik oluşturma, indirgeyicilerle birleştirme, maskeleyme, mozaikleme, bir koleksiyon üzerinde fonksiyon haritalama, kaliteli mozaikleme, bir işlevi bir koleksiyon üzerinden eşleme, grafikleri ve resimleri dışa aktarma, verinin görselleştirme ve Landsat için basit bulut maskeleyme gibi işlemler yapılabilmektedir.

Google Earth API içerisinde çeşitli nesne ve yöntemler de bulunmaktadır. Bunları temel raster veri türü olan *Image*, bir dizi resim koleksiyonu olan *ImageCollection*, temel vektör veri türü olan *Geometry*, geometrik düzenin özelliklerini belirlemek için *Feature*, bir dizi özellik olan *FeatureCollection*, istatistikleri hesaplamak veya toplamaları gerçekleştirmek için kullanılan *Reducer* nesnesi, veri kümelerini (görüntü veya özellik koleksiyonları) zamana, konuma veya bir öznitelik özelliğine göre birleştiren *Join*, çok boyutlu analizler için *Array* nesnesi, grafik özellikleri ve uzay-zamansal indirgemeler için *Chart* nesnesi olarak başlıklandırmak mümkündür.

Image altında görüntü görselleştirme, matematiksel işlemler, ilişkisel, koşullu ve mantık işlemleri, evrişimler, morfolojik işlemler, gradyan işlemleri, kenar işlemleri, spektral dönüşüm yöntemi, dokulandırma, nesne tabanlı yöntemler, kümülatif maliyet eşleme, görüntüleri kaydetme; *ImageCollection*'da görüntü koleksiyonu görselleştirme, filtreleme, eşleme, azaltma, birleştirme ve mozaikleme, yineleme; *Geometry* başlığında jeodezik ve düzlemsel geometriler, geometri görselleştirme ve bilgilendirme, geometrik işlemler; *Feature* başlığında özellik ve özellik koleksiyonu görselleştirme, özellik koleksiyonu bilgileri ve meta verileri, filtreleme, eşleme, azaltma, raster interpolasyonuna vektör; *Reducer*'da görüntü küçültmeleri, bir görüntü bölgesi ile bölgelerin istatistikleri, görüntü komşuluklarının istatistikleri, sütun istatistikleri, rasterden vektöre dönüşüm, vektörden rastera dönüştürme, gruplandırılmış indirimler ve bölgesel

istatistikler, ağırlıklı azalmalar, doğrusal regresyon; *Join başlığında*, basit, ters ve iç birleştirmeler, tüm katılımların kaydedilmesi, uzamsal birleşimler; *Array altında*, dizi görüntüleme, dizi dönüşümleri, öz analizi, sıralama küçültme; *Chart'da*, unsur ve unsurları toplama tabloları, görüntü grafikleri, görüntü koleksiyonu tabloları, dizi ve liste grafikleri ile veri tablosu grafikleri, grafik şekillendirme gibi nesne ve yöntemler bulunmaktadır.

GEE'de ayrıca makine öğrenimi için API'ler geliştirilmiştir. Dışa veri aktarma ve GEE dışındaki bir modelden tahmin alma gerçekleştirilebilecek işlevlerden bazılarıdır. Aşağıda verilen Görsel 15'te GEE üzerinde Hansen vd. (2013) tarafından 2000 – 2014 yılları arasındaki küresel orman değişikliğini temsil eden veri kümesi ile oluşturulan web tabanlı dinamik haritaların görünümü yer almaktadır. Bu işlemler için GEE API'den yararlanılmaktadır.



Görsel 15: *Hansen vd. (2013) orman değişikliği verileri ile özel görselleştirme*

GEE istemci kitaplıkları, GEE API için JavaScript ve Python sarmalayıcı işlev desteği sağlamaktadır (<https://earthengine.google.com/platform/>). Bununla birlikte REST API sayesinde Google Bulut Platformunda gerçekleştirilen analizler için GEE Veri Kataloğuna erişilmektedir (URL 12, 2023).

Sonuç

Bu çalışmada Google Earth Engine adı verilen bir platformun özellikleri ve işlevleri tanıtılmıştır. GEE platformunun dünyayı gözlemleyen uydu ve sensörlerden alınan anlık ve eşzamanlı yakın görüntü ve verilerin madenciliğini, işlenmesini, birleştirilmesini, görselleştirilmesini ve elde edilen sonuçların mekânsal veriye entegre edilmesini sağlayan çok boyutlu araçlarla donatıldığı görülmüştür. Özellikle web programlama gibi zor

yeteneklere ihtiyaç duyulmadan gerçekleştirilen işlemlerin küresel büyük sorunların çözümünde fayda sağlayabileceği anlaşılmıştır. Öte yandan elde edilen verilerin web tabanlı bu platform üzerinden tüm dünya ile paylaşılması ve eğitim - öğretim faaliyetlerinin ücretsiz olması ise takdire şayandır.

Amerika ve Avrupa merkezli kullanım alanının oldukça geniş olduğu görülen GEE'nin ülkemizdeki kullanımı ise oldukça sınırlıdır. İlgili literatürde mevcut çalışmaların oldukça nadir olduğu görüldüğünden (Yasan, 2022; Şengün, 2022; Yıldız, 2022; Albarqouni, 2022; Kafes, 2022; Göral, 2022, Çakmak, 2022; Başaran, 2021; Alkan, 2020) bu platformun tanıtımı ile kullanımının bir problem durumu olduğu anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışma sosyal bilimlerde gerçekleştirilecek çok disiplinli çalışmalar için GEE'nin özellikleri ile işlevlerini de ortaya koymaktadır. Bu kapsamda GEE ile Türkiye'yi ilgilendiren küresel ve bölgesel sorunlar, arazi ve su kullanımı, topoğrafya analizi, mekân ve zaman ilişkisinin değerlendirilmesi, sosyoloji ve antropoloji üzerine çok disiplinli araştırmalar sosyal bilimler kapsamında gerçekleştirilebilir. Çalışmanın alan uzmanlarına, politikacılara, eğitimcilere ve öğrencilere faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Albarqouni, M. M. Y. (2022). *Göl yüzeyindeki mekansal ve zamansal değişimlerin Landsat görüntüleri ve Google Earth Engine kullanılarak değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Alkan, Ş. (2020). *Google Earth engine ile rastgele orman algoritması kullanılarak açık ocak altın madeni su kalitesi ve sucul canlılık çeşitliliğinin değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Başaran, N. (2021). *Orman alanları değişimlerinin Google Earth Engine ile incelenmesi: Akdeniz bölgesi örneği*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.
- Benedetti, J.-J., Morcrette, O., Boucher, A., Dethof, R. J., Engelen, M., Fisher, H., Flentje, N., Huneeus, L., Jones, J. W., Kaiser, S., Kinne, A., Mangold, M., Razinge, A. J., Simmons, M. Suttie. (2009). Aerosol analysis and forecast in the ECMWF Integrated Forecast System. Bölüm II: Data assimilation, *J. Geophys. Res.*, *114*, D13205 doi:10.1029/2008JD011115.
- Conchedda, G. & Tubiello, F. N. (2020). Drainage of organic soils and GHG emissions: Validation with country data, *Earth Syst. Sci. Data Discuss.* 10.5194/essd-12-3113-2020, 2020 https://developers.google.com/earthengine/datasets/catalog/FAO_GHG_1_DROSA_A#description.
- Çakmak, N. (2022). *NO₂, CO ve SO₂ gaz emisyonlarının sentinel-5ptropomü ile Google Earth Engine ortamında izlenmesi: Marmara Bölgesi örneği*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- FAO (2020). Drained organic soils 1990 - 2019. *Global, regional and country trends*. FAOSTAT Analytical Brief Series 4. Roma: FAO.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*. 202. 18-27.
- Göral, M. (2022). *Google Earth Engine kullanılarak uydu görüntülerinin sınıflandırılması, çevresel değişim analizleri ve müsilaç haritalama*.

(Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Hansen M. C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O., Townshend, J.R. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*. 15:342(6160): 850-3. doi: 10.1126/science.1244693. PMID: 24233722.

Huffman, G.J., E.F. Stocker, D.T. Bolvin, E.J. & Nelkin, J. T. (2019). GPM IMERG final precipitation L3 1 month 0.1 degree x 0.1 degree V06, Greenbelt, MD, *Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC)*. doi:10.5067/GPM /IMERG/3B-MONTH/06

İneç, Z. F. & Akpınar, E. (2017). Sosyal bilgilerin otantik öğretiminde yeni yaklaşımlar. *International Journal of Social Science Research*. 6(2). 46-65.

İneç, Z. F. & Akpınar, E. (2018). Authentic social studies teaching: the effect of semantic geo-media material on learning. *Review of International Geographical Education Online*. 8(2). 273-310.

İneç, Z. F. (2012). *Web based geographical information system application in social studies education*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzincan, Türkiye

İneç, Z. F. (2017). *The effectiveness of geo-media assisted authentic learning environment on learning on the social studies lessons*.

(Yayınlanmamış doktora tezi). Erzincan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzincan, Türkiye.

İneç, Z. F. (2020a). *Sosyal bilimlerde uzaktan eğitim çalışmalarının ders aktarım sistemleri açısından analizi*. İçinden E. Koçoğlu. *Sosyal bilimlere uzaktan eğitimde bakış* (ss. 93-128), Ankara: Pegem Akademi.

İneç, Z. F. (2020b). *Öğrenme- öğretim süreçleri için API örnekleri: statik ve dinamik harita oluşturma*. İçinden İ. Kozikoğlu. *Eğitimde Güncel Yaklaşımlar* (ss.263-288). Ankara: Pegem Akademi.

İneç, Z. F. (2021). *Coğrafya, Tarih ve Sosyal Bilgiler Eğitimi için sanal müze tasarımında yeni bir model önerisi*. İçinden E. Artvinli & Değirmenci, Y. *Uygulama örnekleriyle coğrafya eğitiminde yeni yaklaşımlar-1* (ss.349-370), Ankara: Nobel Yayınevi.

Kafes, B. (2022). *Web tabanlı Google Earth engine ile normalize edilmiş bitki indeksi kullanarak zaman serisi analizi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Morcrette, J.-J. vd. (2009). Aerosol analysis and forecast in the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Integrated Forecast System: Forward modeling. *J. Geophys. Res.*, 114, D06206. doi:10.1029/2008JD011235.

Moriyama, M. (2014). *GCOM-C1/SGLI land surface temperature product algorithm theoretical basis document (Version 1)*. https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/data/ATBD/ver1/LSTATBD_2014.pdf adresinden 14.03.2023 tarihinde erişilmiştir.

Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., Behringer, D., Hou, Y. T., Chuang, H. Y., Iredell, M., & Ek, M. (2011). NCEP climate forecast system version 2 (CFSv2) 6-hourly products, *Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory*, <https://doi.org/10.5065/D61C1TXF>, 2011.

Şengün, E. (2022). *Arazi örtüsü - arazi kullanımı değişikliğinin yer yüzey sıcaklığına etkisinin Landsat görüntüleri ve Google Earth Engine platformu kullanımıyla uzun vadeli izlenmesi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Theobald, D. M., Harrison-Atlas, D., Monahan, W. B. & Albano, C. M. (2015). Ecologically-relevant maps of landforms and physiographic diversity for climate adaptation planning. *PLoS one*, 10(12). e0143619. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143619>.

Yasan, D. (2022). *Kentleşme ve hava kirliliği arasındaki ilişkinin Google Earth Engine ile incelenmesi: İstanbul örneği*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yıldız, M. C. (2022). *Yer yüzeyi sıcaklığının farklı yöntemler kullanılarak Google Earth Engine platformunda elde edilmesi ve değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

URL 1 (2023). https://tr.wikipedia.org/wiki/Google_Earth. 10.03.2023 tarihinde erişilmiştir.

- URL 10 (2023). <https://developers.google.com/earth-engine/guides/playground>. 22.03.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 11 (2023). https://developers.google.com/earth-engine/guides/command_line. 17.03.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 12 (2023). <https://developers.google.com/earth-engine/reference>. 01.04.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 2 (2023). <https://earthengine.google.com>. 02.02.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 3 (2023). <https://earthengine.google.com/faq/>. 05.02.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 4 (2023). <https://cloud.google.com/earth-engine>. 04.02.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 5 (2023). <https://developers.google.com/earth-engine/datasets>. 07.02.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 6 (2013). https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC08_C02_T1_L2. 09.03.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 7 (2017). https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR_HARMONIZED. 19.03.2023 tarihinde erişilmiştir.
- URL 8 (2010). https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/AU_GA_DEM_1SEC_v10_DEM-H#description. 19.03.2023 tarihinde erişilmiştir.

URL 9 (2015). Geoscience Australia, 2015 https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/AU_GA_AUSTRALIA_5M_DEM.
24.03.2023 tarihinde erişilmiştir.