

Atf İçin: Yılmaz OS, Oruç MS, Ateş AM, Gülgen F, 2021. Orman Yangın Şiddetinin Google Earth Engine ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Analizi: Hatay-Belen Örneği. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2): 1519-1532.

To Cite: Yılmaz OS, Oruç MS, Ateş AM, Gülgen F, 2021. Analysis of Forest Fire Severity Using The Google Earth Engine and Geographical Information Systems: Hatay-Belen Case Study. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2): 1519-1532.

Orman Yangın Şiddetinin Google Earth Engine ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Analizi: Hatay-Belen Örneği

Osman Salih YILMAZ^{1*}, Mehmet Serdar ORUÇ², Ali Murat ATEŞ³, Fatih GÜLGEN²

ÖZET: Türkiye’de orman yangınlarının nedenlerini kundaklama (bilerek yangın çıkarma), dikkatsizlik ve ihmal, doğal ve faili meçhul olmak üzere dört ana grup altında toplamak mümkündür. Özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerimiz bu yangınlardan en çok etkilenen bölgelerdir. Orman Genel Müdürlüğü’nden (OGM) alınan verilere göre 1988 – 2019 yılları arasında sadece Hatay’da yangın başına 4.91 ha ormanlık alan yanmıştır. Orman yangınları tespitinde özellikle son yıllarda gelişen uydu teknolojileri ile Uzaktan Algılama (UA) teknikleri oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bu çalışmada Sentinel-2A 09.10.2020 tarihinde Hatay’ın Belen ilçesinde çıkan orman yangını için UA yöntemi kullanılarak Google Earth Engine Platformunda (GEE) yangın şiddeti haritaları üretilmiştir. Bu amaçla yangın öncesi 04.07.2020 ve yangın sonrası 12.10.2020 tarihli Sentinel-2A (L2A) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (Normalized Differenced Vegetation Index, NDVI), Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (Normalized Burned Ratio, NBR) ve NBR farklarından Fark Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (Difference Normalized Burned Ratio, dNBR) kullanılarak yanma şiddeti derecelendirilmiştir. Ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile yükselti, eğim ve bakı haritaları üretilerek orman yangını topografik faktörler yönünden analiz edilmiştir. Yüksekliğin 200 – 300 m arasında olduğu 50 ha alanda, eğimin %30’ dan fazla olduğu 36 ha alanda ve doğu bakıda 35 ha alanda yüksek yanma şiddeti görülmüştür. Analizler sonucu çalışma alanında, yüksek yanma şiddeti bulunan toplam alan 90.94 ha olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hatay, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri, NBR - dNBR, NDVI, Google Earth Engine

Analysis of Forest Fire Severity Using The Google Earth Engine and Geographical Information Systems: Hatay-Belen Case Study

ABSTRACT: The causes of forest fires in Turkey can be grouped under four main groups such as arson (intentional), carelessness and negligence, natural and unknown fires. Especially the Mediterranean and Aegean regions are the places most affected by these fires. According to the data obtained from the General Directorate of Forestry (OGM), between 1988 and 2019, 4.91 ha forest area was burned per fire only in Hatay. Especially satellite technologies developed in recent years and Remote Sensing (UA) techniques are widely used in the detection of forest fires. In this study, fire severity maps were produced on the Google Earth Engine Platform (GEE) by using the UA method for the forest fire that broke out in the Belen district of Hatay on 09.10.2020. For this purpose, Sentinel-2A (L2A) satellite images dated 04.07.2020 before the fire and 12.10.2020 after the fire were used. The burning severity was graded using the Normalized Differenced Vegetation Index (NDVI), Normalized Burned Ratio (NBR) and NBR differences, Difference Normalized Burned Ratio (dNBR). In addition, elevation, slope, and aspect maps were produced with Geographical Information Systems (GIS) and forest fire was analysed in terms of topographic factors. High burning severity was observed in 50 ha area where the altitude was between 200 - 300 m, in 36 ha area where the slope is more than 30% and in 35 ha area in the eastward. As a result of the analysis, the area with high burning severity in the study area has been calculated as 90.94 ha in total.

Keywords: Hatay, remote sensing, geographic information systems, NBR - dNBR, NDVI, Google Earth Engine

¹ Osman Salih YILMAZ ([Orcid ID: 0000-0003-4632-9349](https://orcid.org/0000-0003-4632-9349)), Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Demirci Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Manisa, Türkiye

² Mehmet Serdar ORUÇ ([Orcid ID: 0000-0002-2397-8007](https://orcid.org/0000-0002-2397-8007)), Fatih GÜLGEN ([Orcid ID: 0000-0002-8754-9017](https://orcid.org/0000-0002-8754-9017)), Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Ali Murat ATEŞ ([Orcid ID: 0000-0002-2815-1404](https://orcid.org/0000-0002-2815-1404)), Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Demirci Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğr. Tek. Bölümü, Manisa, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Osman Salih YILMAZ, e-mail: osmansalih.yilmaz@cbu.edu.tr

GİRİŞ

Ormanlar ekosistemdeki ve iklimdeki belirleyici etkisinin yanında, sanayi, ekonomi, sağlık, turizm gibi birçok alanda ülke ekonomisine fayda sağlayan en önemli yenilenebilir doğal kaynaklardan biridir. Orman yangını ekosistem, biyolojik çeşitlilik ve insan sağlığı üzerinde önemli etkiye sahip dünya üzerinde önemli ölçüde artan antropojenik ve doğal rahatsız edici bir fenomen olarak tanımlanır (Bar ve ark., 2020). Orman yangınlarının sıklıkla görüldüğü ülkemizde, özellikle Akdeniz ve Ege bölgeleri iklimin de etkisi ile yangınlardan çok fazla etkilenmektedir. Her yıl yanan ormanlar bölgede ekonomik ve ekolojik büyük tahriplere yol açmaktadır (Karabulut ve ark., 2016). Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkemizde ormanlarımızın büyük bir bölümü yangın tehdidi altında bulunmakta olup, toplam ormanlık alanın %60'ını birinci ve ikinci derece yangına hassas alanlar oluşturmaktadır. Bu sebeple orman yangınları ülkemiz ormancılığının öncelikli konuları arasında yer almaktadır (OGM, 2021). Türkiye'de son 20 yılda 45 681 orman yangını çıkmış ve toplamda 183 756.2 ha ormanlık alan yanmıştır (OGM, 2019). Orman yangınları, kendiliğinden doğa olayları sebepli olabileceği gibi, insan faktörünün devreye girmesi gibi çeşitli sebeplere dayanmaktadır (Beşli ve Tenekeci, 2020). Orman yangınları; topografya, yanıcı madde ve onu etkileyen faktörlere (rüzgâr, iklim, yükselti, eğim, yanıcı madde türü, yanıcı madde miktarı, yanıcı madde sürekliliği vb.) bağlı olarak farklı davranışlar göstermektedir (Küçük ve ark., 2005). Meteorolojik ve topografik faktörler üzerinde herhangi bir kontrol söz konusu olmazken, yanıcı maddeler zaman ve mekân itibarıyla değişebilir ve kontrol edilebilirler. Bu önemli özellik, yanıcı maddelere, orman yangınları için yapılan planlamalarda ve faaliyetlerde kritik önem kazandırmaktadır (Küçük ve ark., 2005). Arıcak ve ark. (2011)'de yaptıkları çalışmada uydu görüntüsü ile yanıcı madde özelliklerinden olan ağaç türü, karışımı, kapalılığı, yaş sınıfı özelliklerinin hangi derecelerde tespit edilebilir olduğunu ortaya koymuşlardır. Ağaç türlerinin yangına karşı olan dirençleri çok değişiktir. İğne yapraklı türler yapraklılara oranla orman yangınlarına karşı daha hassas olmaktadır (Çanakçıoğlu, 1985; O'Brien ve ark., 2008; Bilgili, 2014). İğne yapraklı ağaçların canlı yaprakları, oldukça yüksek tutuşma yeteneğine sahiptir ve tepe yangınının süratle ilerlemesini desteklemektedir (Bilgili, 2014). İğne yapraklı türler içinde fazla reçine içermesi, ışık ağacı olması ve kurak yetişme yörelerinde saf ve büyük meşcereler oluşturması nedeniyle yangından en çok çam türleri zarar görür. Yapraklı türler içinde ise en fazla etkilenen tür meşe olup bunu kestane ve kayın izler. Toprağa yakın kuru dalları bulunana sık meşcerelerde yangın tehlikesi daha fazlayken, örtü ve enkaz bulunmayan yaşlı meşcerelerde ise daha azdır (Çanakçıoğlu, 1985). Orman yangınlarının öncesi ve sonrası yapılacak çalışmalar, orman yangın oluşumunda ve yangınla mücadelede oldukça önem arz etmektedir (Tonbul, 2015). Yanan orman alanlarının tespit edilmesinde arazide yapılacak çalışmalar zaman alıcı olmalarının yanında önemli riskler taşımaktadır. Bu nedenle UA tekniklerinin kullanılması sıfır riskli ve daha pratik olacaktır (Saylan ve Cömert, 2019). UA, ucuz ve hızlı veri sağlaması nedeniyle sürdürülebilir çevre yönetiminden iklim değişikliğine, arazi örtüsü/kullanımı değişiminden jeolojik uygulamalara kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir (Khatami ve ark., 2016; Yiğit ve Uysal, 2019). UA çalışmalarında birçok uydu platformlarından elde edilmiş görüntüler kullanılabilir. Bunlardan 30 m mekânsal çözünürlüklü Landsat ve 10 m mekânsal çözünürlüklü Sentinel uydu görüntüleri kullanıcılara ücretsiz sunulduğu için en çok tercih edilen görüntülerdir. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliklerinin ve araziye yönelik farklı birçok uygulama için bir dizi farklı uzaktan algılama sınıflandırma tekniği geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bu teknikler kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma teknikleri olmakla birlikte en yaygın kullanılan teknik kontrollü sınıflandırmadır (Rawat ve Kumar, 2015). UA görüntülerini işlemede çeşitli ticari ve açık kaynak kodlu CBS (ArcMap, Quantum GIS, GRASS, GeoMedia, MapInfo vb.) ve UA (ENVI, ERDAS, SNAP, eCognition) yazılımları mevcuttur. Son zamanlarda UA çalışmalarında özellikle büyük verileri

işlemede ve bulut ortamında çalışan GEE platformu dikkat çekmektedir. GEE bulut ortamında teknik kapasite gerektirmeden çok büyük mekânsal veri kümelerini işleyebilen, yüksek performanslı bilgi işlem kaynaklarını kullanan, ormansızlaşma, kuraklık, felaket, hastalık, gıda güvenliği, su yönetimi, iklim izleme ve çevresel koruma amacıyla çok geniş kitlelerin kullanabildiği bir UA platformudur. Buna ek olarak GEE, araştırmacıların sonuçlarını diğer araştırmacılara, politika yapıcılara, STK'lara, saha çalışanlarına ve hatta kamuya kolayca dağıtmalarına yardımcı olmak için tasarlanmıştır (Gorelick ve ark., 2017). UA görüntülerin sınıflandırılmasında çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. Kontrollü sınıflandırma da Maximum Likelihood Classification (MLC), Random Forest (RF) ve Support Vector Machines (SVM) (Butt ve ark., 2015; Haque ve Basak, 2017; Reis ve ark., 2016), kontrolsüz sınıflandırmada ise K-Means algoritması ve Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm (ISODATA) en çok tercih edilen algoritmalarıdır (He ve ark., 2014; Martinez, 2003). Algoritmaların yanında sınıflandırmada kullanılan amaca yönelik geliştirilmiş indeksler mevcuttur. Bu indeksler arazi örtüsü sınıflandırmasında kullanılan Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) (Rouse ve ark., 1974), yangın alanlarının tespitinde Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (Normalized Burn Ratio, NBR), Fark Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (Difference Normalized Burned Ratio, dNBR), Göreceli Yangın Oranı (Relativized Burn Ratio, RBR) indeksleridir (Atun ve ark., 2020).

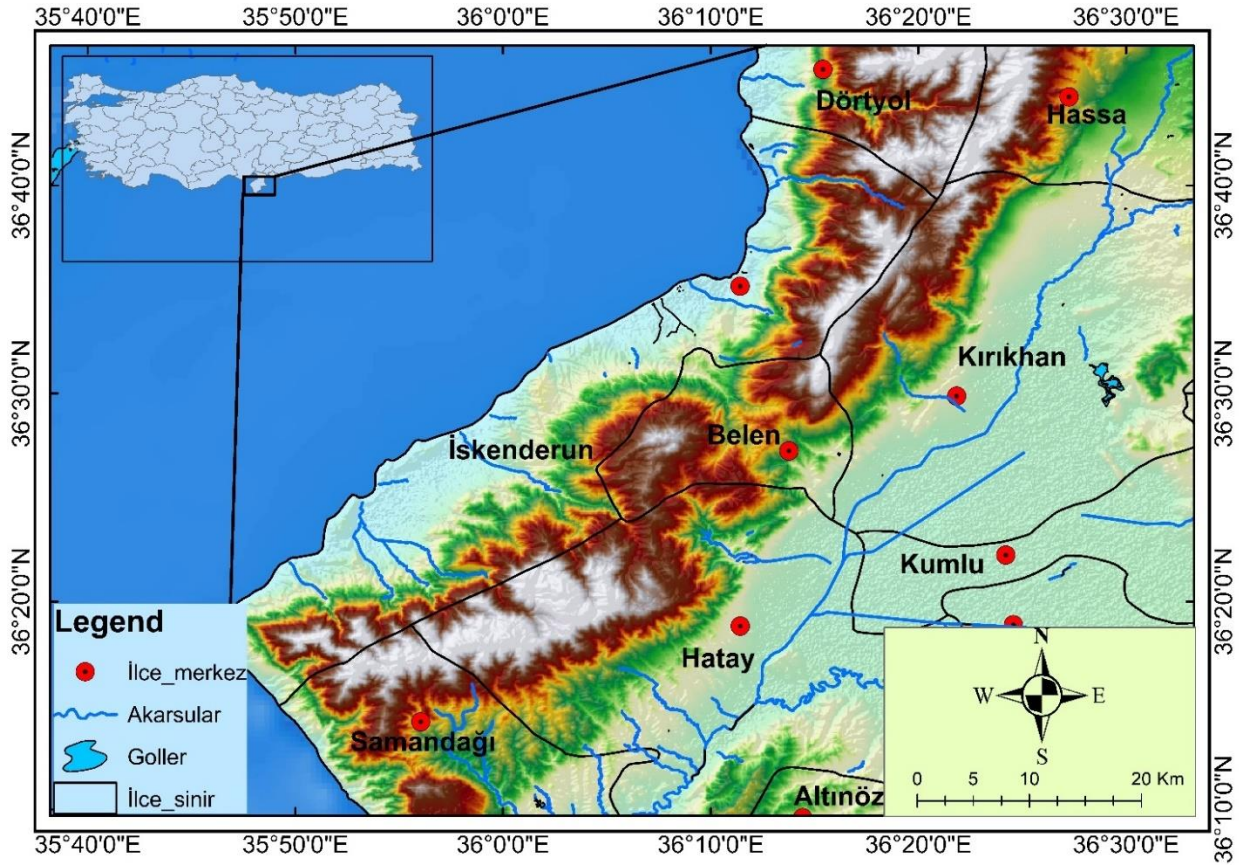
Orman yangın davranışlarının izlenmesinde yükselti, eğim ve bakı önemli bir faktördür. Bu gibi arazi karakteristik özelliklerin incelenmesinde CBS oldukça önemli bir araçtır. Dünyada gelişmiş ülkeler; kaynak yönetimi, şehir planlama, mekânsal bilişim teknolojileri, UA, sosyoloji, antropoloji, ekonomi, politika, toplum yönetimi gibi alanlarda CBS'den sıklıkla yararlanmaktadır (Yomralıoğlu ve ark., 2007). CBS'de veri analizi, mekânsal ilişkilerin etkileşimine dair sorulara cevap aramanın yoludur (Stillwell ve Clarke, 2004). Veri analizinin özünde, doğru soruların sorulması, doğru işlemlerin uygulanması ve cevapların doğru olarak yorumlanması yatmaktadır.

Bu çalışmada CBS ve UA teknikleri kullanarak GEE ile orman yangınlarının hızlı bir şekilde analiz yapılması ve yangın şiddetinin yüksek olduğu bölgelerin derecelendirilerek haritalanması amaçlanmıştır. Bu amaçla 09.10.2020 tarihinde Hatay ili, Belen ilçesinde çıkan orman yangını Sentinel-2 görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. Görüntüler yangın öncesi tarih ve yangın sonrası tarihler kullanılarak yangın bölgesinde haritalama çalışması yapılmıştır. Haritalama çalışması, yangın şiddetini belirlemek için dNBR indeksi ve bitki değişimini izlemek için NDVI indeksi kullanılarak GEE platformunda JavaScript kodlama ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Dijital Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model, DEM) kullanılarak CBS analizleri (yükselti, eğim, bakı) ile orman yangını topografik faktörler yönünden incelenmiştir. GEE platformunda geliştirilen kod ile uydu görüntüsü indirilmeden bulut ortamında analizler gerçekleştirilecek ve yangın derecelendirme haritaları üretilebilecektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Bu çalışma Türkiye'nin Hatay ili, Belen ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Belen ilçesi Amanos dağlarında yer almaktadır (Şekil 1). Belenin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 700 metredir. Belen ilçesi genellikle dağlık alanlarla kaplı olup burada makiler ve ormanlık alanlar yer almaktadır. Amanos dağlarında 700 m' den 1 200 m' ye kadar kızılçam (*Pinus brutia* Ten), sedir (*Cedrus libani*), çınar (*Platanus orientalis*), karaçam (*Pinus nigra*) ve ardıç (*Juniperus* spp) türlerinin yer aldığı ormanlar bulunur. İlçede orman yangınları riskinin yüksek olduğu Akdeniz iklimi hâkimdir (Anonim, 2020a).



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası

Veri kaynakları

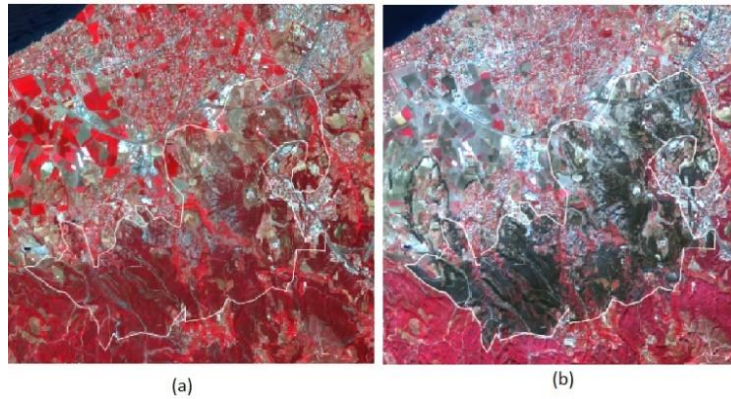
Bu çalışmada, Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency, ESA)'nın Sentinel-2 (MSI) uydusundan sağlanan yangın öncesi için (COPERNICUS/S2/20200704T081611_20200704T081759_T37SBA) ve yangın sonrası için (COPERNICUS/S2/20201012T081901_20201012T082255_T36SYF) id. numaralı uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sentinel-2 uydusuna ait bantlar, spektral bilgi ve çözünürlükleri (Çizelge 1)'de verilmiştir.

Çizelge 1. Sentinel-2 (MSI) veri setlerinin spektral bantları ve çözünürlükleri (Anonim, 2020b)

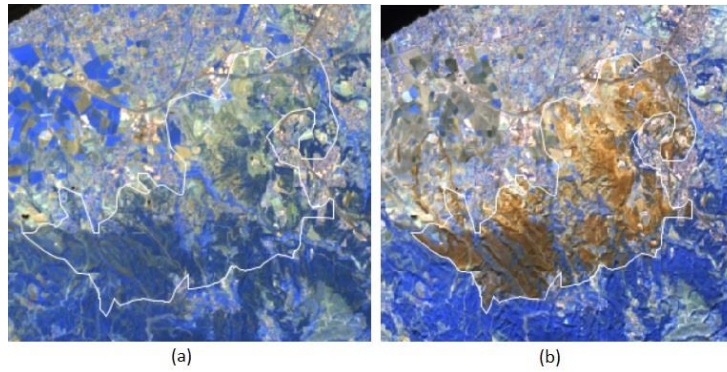
Bant	Sentinel-2A/2B		Çözünürlük (m)
	Dalga boyu (nm)		
	2A	2B	
B2 (Blue)	496.6	492.1	10
B3 (Green)	560.0	559.0	10
B4 (Red)	664.5	665.0	10
B8 (NIR)	835.1	833.0	10
B8A (Red Edge 4)	864.8	864.0	20
B11 (SWIR-1)	1 613.7	1 610.4	20
B12 (SWIR-2)	2 202.4	2 185.7	20

Uydu görüntülerini ilk etapta görsel yorumlamak için ve yanan alanları diğer alanlardan ayırt etmek amacıyla çeşitli bant kombinasyonları kullanılabilir. Bu çalışmada en çok tercih edilen iki bant kombinasyonu kullanılmıştır. Sentinel-2 görüntülerinde (B8(NIR) - B4(Red) - B3(Green)) bandı

kullanarak Infrared (IR) görüntü elde edilmiştir (Şekil 2). Ayrıca (B12(SWIR2) - B11(SWIR1) - B8A(RedEdge4)) bant kombinasyonu kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2: (a) 04.07.2020 tarihli Sentinel-2 görüntüsü, (b) 12.10.2020 tarihli Sentinel-2 görüntüsü



Şekil 3: (a) 04.07.2020 tarihli Sentinel-2 görüntüsü, (b) 12.10.2020 tarihli Sentinel-2 görüntüsü

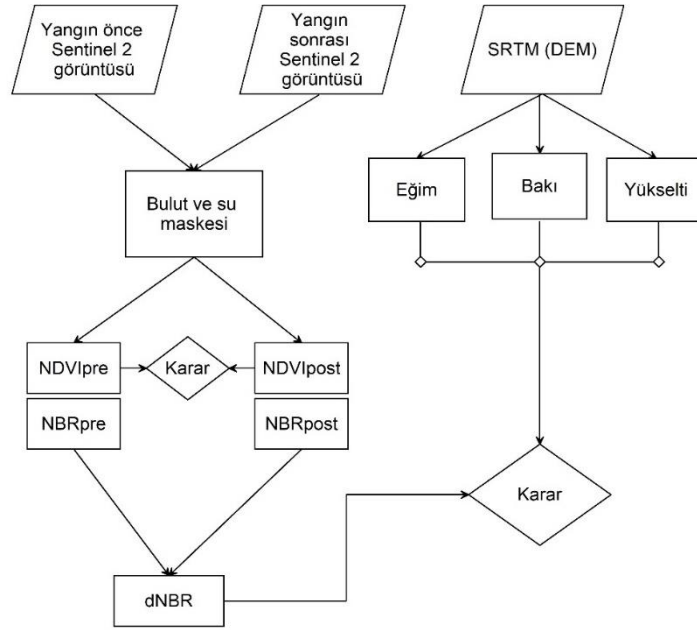
Avrupa Komisyonunun (European Commission, EC) Copernicus programının bir parçası olan Sentinel-2 uydusu Sentinel-2A ve Sentinel-2B olarak, ESA tarafından gönderilen iki farklı uydudur. Sentinel-2A ve Sentinel-2B faaliyetlerine sırasıyla 23 Haziran 2015 ve 7 Mart 2017 tarihlerinde başlamıştır. Bu uydular yaklaşık olarak 786 km yükseklikteki bir yörüngede hareket etmekte ve beş günlük zamansal çözünürlükte görüntü sağlamaktadır. Sentinel-2A ve Sentinel-2B uydularında kullanılan Multispectral Instrument (MSI) sensörü 12 bitlik radyometrik çözünürlüklüdür. 13 spektral bantta ve 10 m ile 60 m arasında değişen mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Bu çalışmada kullanılan Sentinel-2A uydusuna ait veriler WGS84 datumlu UTM zonlarında geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerdir. Radyometrik düzeltmeleri yapılmış Bottom-Of-Atmosphere (BOA) reflectances Level (L2A) görüntüleri Sentinels Scientific Data Hub'dan (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) ücretsiz olarak indirilebilmektedir. Bu çalışmada yangın öncesi 04.07.2020 tarihli ve yangın sonrası 12.10.2020 tarihli Sentinel-2A (L2A) uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Yangın davranışlarını incelemek için bölgenin yükselti, eğim ve bakı haritalarına ihtiyaç vardır. Bu amaçla Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 30 m çözünürlüklü DEM verisi kullanılmıştır. DEM yüzeyin yüksekliği hakkında bilgi içeren X ve Y koordinatlarından oluşan çeşitli enterpolasyon yöntemleri ile üretilmiş, Triangulated İrregular Network (TIN) ya da Raster verilerden oluşan sürekli bir yüzey modelidir (Nguyen ve ark., 2012; Weyrer, 2011).

Yöntem

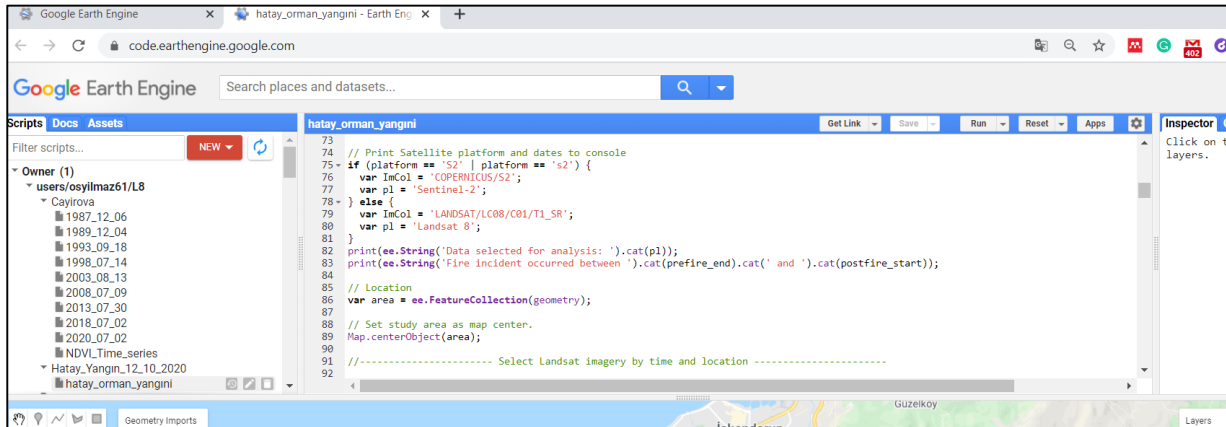
Bu çalışma GEE platformunda JavaScript kodlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma şu işlem adımlarından oluşmaktadır; (1) ilk önce yangın gerçekleşme tarihlerine uygun uydu tarihleri

seçilmiştir. (2) Seçilen uydu görüntülerine bulut ve su maskesi uygulanmıştır. (3) NBR indeksi yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüler için hesaplanmıştır. (4) Hesaplanan NBR indeksleri kullanılarak dNBR hesaplanmıştır. (6) Hesaplanan dNBR'a göre yangın şiddeti alanları belirlenmiştir (7) Yangın öncesi ve yangın sonrası bitki değişimini izlemek için NDVI indeksi hesaplanmıştır. (8) DEM verisi kullanılarak eğim, bakı ve yükselti haritaları elde edilmiş, elde edilen haritalar kullanılarak orman yangını topografik faktörler yönünden analiz edilmiştir. İş akış diyagramı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. İş akış diyagramı

GEE küresel boyutta uydu görüntü sağlayan ve vektör verileri, bulut tabanlı bilgi işlemek için geliştirilmiştir (Kumar ve Mutanga, 2018). Bulut ortamında çalışan GEE, Landsat ve Sentinel görüntülerinin tüm arşivlerine kolay ve eş zamanlı erişebilmektedir (Xiong ve ark., 2017). GEE uygulama program ara yüzü (API) sayesinde JavaScript ve Python kodlama dilleri ile geliştirme ve petabayt ölçeğinde verilere ulaşma ve uygulama olanağı sağlar (Dong ve ark., 2016). GEE, Şekil 5'de görüldüğü gibi çalışma dosyalarının tutulduğu alan, kod kütüphanesinin olduğu alan, verilerin yönetildiği alan, kodların yazıldığı alan, sorgulama ve verileri gönderme işlemlerinin gerçekleştiği alan, görüntülerin interaktif olarak gösterildiği alanlardan oluşmaktadır. Kullanıcılar GEE platformuna <https://earthengine.google.com> adresinden girerek kaydolup tüm arşivlere ulaşabilir.



Şekil 5. GEE ara yüzü

NDVI, bitki indeksi Rouse ve ark. tarafından 1974 yılında geliştirilmiştir (Rouse Jr ve ark., 1974). Bitki örtüsü tarafından yansıtılan kırmızı ve yakın kızılötesi ışığı kullanır. Sağlıklı bitki örtüsü, kendisine çarpan görünür ışığın çoğunu absorbe edip yakın kızıl ötesi ışığın büyük bölümünü yansıtırken, sağlıklı veya seyrek bitki örtüsü görünür ışığın çoğunu ve yakın kızıl ötesi ışığın çok azını yansıtır (Rouse Jr ve ark., 1974). Belirli bir piksel için NDVI hesaplamaları her zaman (-1) ile (+1) arasında değişen bir sayı ile sonuçlanır (Arekhi ve ark., 2019). Çalışmada NDVI bitki indeksi (Eşitlik 1) Sentinel-2 görüntüleri için hesaplanmıştır.

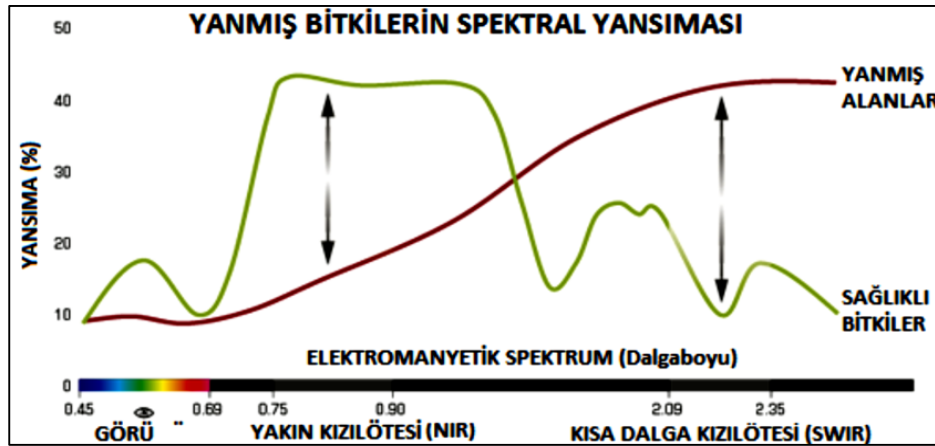
$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red}) \quad (1)$$

Yangın şiddetini belirlemek için yangın öncesi hesaplanan NBR indeksi (Eşitlik 2) görüntüleri ve yangın sonrası hesaplanan NBR (Eşitlik 2) indeksi görüntülerinin farkları ile hesaplanan bir indekstir (Eşitlik 3). Burada; NBR_{pre} yangın öncesi durumu, NBR_{post} yangın sonrası durumu ifade etmektedir.

$$NBR = (\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}) / (\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}) \quad (2)$$

$$dNBR = NBR_{pre} - NBR_{post} \quad (3)$$

Sağlıklı bitki örtüsü, Yakın Kızılötesi (Near Infrared, NIR)'de çok yüksek bir yansımaya, spektrumun Kısa Dalga Kızılötesi (Short-Wave Infrared, SWIR) ise düşük yansımaya gösterir (Şekil 6). Yangın nedeniyle tahrip olan ormanlık alanlarda ise spektral yansımaya NIR için düşük ve SWIR için yüksek yansımaya değerine sahiptir.



Şekil 6. Yanmış bitkilerin spektral yansımaları (Yiğit ve ark., 2018; Anonim, 2021)

Yanma şiddetleri United States Geological Survey Fire Effects Monitoring and Inventory Protocol (USGS-FIREMON - <https://www.frames.gov/firemon/home>) hazırlanmış olduğu değerler temel alınmıştır. Bu değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Yanma şiddet dereceleri (Key ve Benson, 2006)

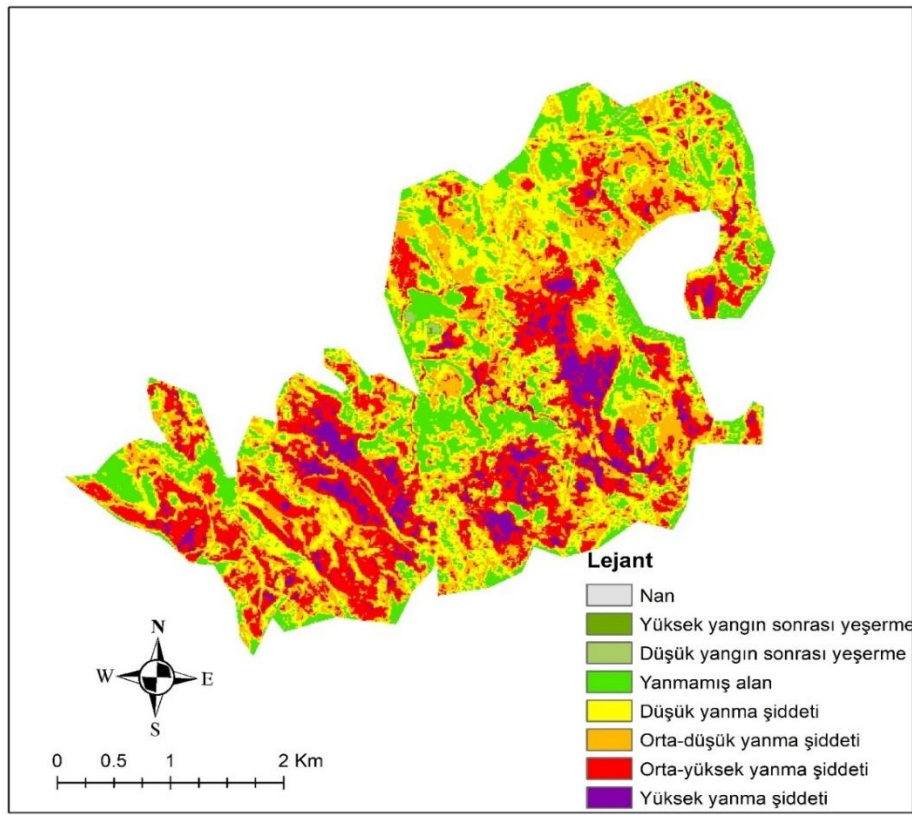
	dNBR	Yanma
	<-250	Yüksek yangın sonrası yeşerme
	-250/-101	Düşük yangın sonrası yeşerme
	-100/99	Yanmamış alan
	100/269	Düşük yanma şiddeti
	270/439	Orta-düşük yanma şiddeti
	440/659	Orta-yüksek yanma şiddeti
	>660	Yüksek yanma şiddeti

Hesaplanan dNBR indeksi -2 ile +2 arasında değer alır. Yapılan çalışmada sınıflandırma kolaylığı açısından bütün değerler 1 000 ile genişletilmiştir. Çizelge 2' de görüldüğü gibi negatif değere yakın

bölgelerde yanma şiddetinin azaldığı, pozitif değerlerin arttığı yerlerde ise yanma şiddetinin arttığını göstermektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yangın sonrası bitkilerde oluşan kimyasal değişimler spektral yansımalarını da değiştirmektedir. Özellikle sağlıklı bitkilerde klorofile duyarlı olan NIR bandı 833 nm-835 nm dalga boylarındadır. Hem toprak hem de bitki içeriğindeki su içeriğine, fotosentetik olmayan bitki örtüsü içeriğine, kil, oksitler gibi minarelere hassas olan SWIR-2 bandı (2 185 nm-2 202 nm) aralığındadır. Bu iki bandın matematiksel bağlantıları kullanılarak elde edilen NBR indeksi yangın sonrası alanlarda oluşan kimyasal değişime hassastır (Sabuncu ve Özener, 2019). Vegetasyondaki zararın şiddetini tespit etmek için yangın öncesi ve yangın sonrası NBR indeksi farkları dNBR ile tespit etmek mümkündür. GEE platformunda geliştirilen kodla Hatay, Belen yangın şiddeti haritası Şekil 7’de gösterilmiştir.



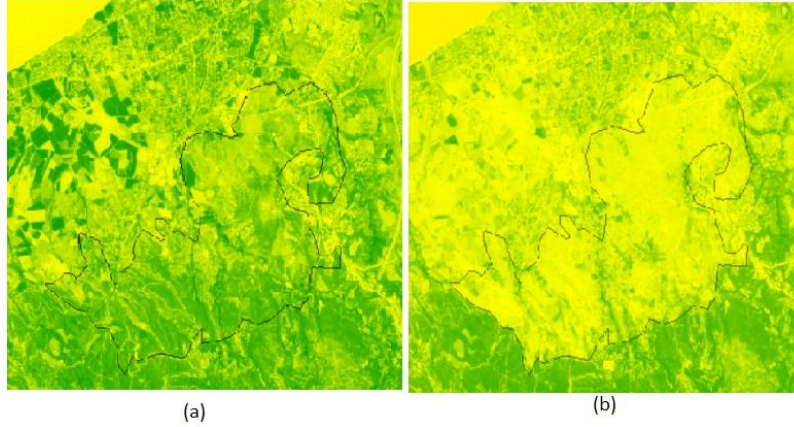
Şekil 7. dNBR yanma şiddeti haritası

Yanma şiddeti haritası raster formattan vektör veri formatına dönüştürmek için ArcMap 10.8 yazılımı kullanılmıştır. Yazılımda raster – vektör dönüşümü yapılarak her bir sınıf için alanlar hesaplanmıştır. Hesaplanan alanlar Çizelge 3’te görülmektedir.

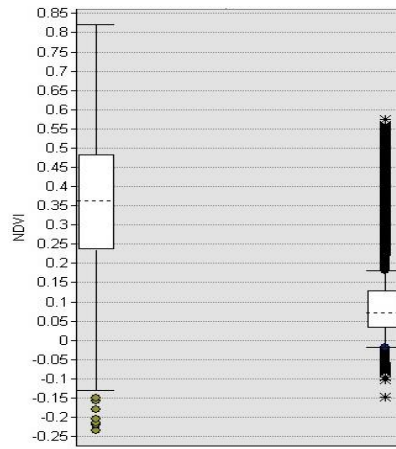
Çizelge 3. Toplam yanan alanlar

Sınıflar	Alan (ha)	Oran (%)
Yüksek yangın sonrası yeşerme	0.27	0.02
Düşük yangın sonrası yeşerme	4.39	0.28
Yanmamış alan	285.52	18.36
Düşük yanma şiddeti	397.15	25.54
Orta-düşük yanma şiddeti	388.24	24.96
Orta-yüksek yanma şiddeti	388.62	24.99
Yüksek yanma şiddeti	90.94	5.85

Yangından önceki uydu görüntüsünde ve yangından sonraki uydu görüntüsünde hesaplanan NDVI bantları Şekil 8’de gösterilmiştir. NDVI bandı -1 ile +1 arasında değer alır. Yani canlı klorofil açısından zengin bitkiler +1 değerine yaklaşırken, ölü ya da klorofil açısından zayıf bitkiler -1’değerine yaklaşmaktadır. Şekil 8 (a) ve (b) görüntüleri incelendiğinde yangın öncesi ağaç ve bitki yoğunluğu olan alanlar daha koyu yeşil renkte görülmektedir. Şekil 8 (b)’de ise koyu yeşil alanların sarı renge döndüğü görülmüştür. Yani bitki yoğunluğunun ve bitki klorofil miktarının azaldığını göstermektedir. Aynı şekilde Şekil 9’da yanma öncesi ve yanma sonrası çizilen kutu grafiklerinde yanma öncesi NDVI değerinin 0.25 – 0.45 arasında yanma sonrası ise 0 ile 0.1 arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 8. NDVI bandı: (a) 04.07.2020 tarihli Sentinel-2 görüntüsü, (b) 12.10.2020 tarihli Sentinel-2 görüntüsü



Şekil 9. Yangın önce ve yangın sonrası gösteren NDVI kutu grafikleri

Literatürde yapılan çalışmalarda, Escuin ve ark. (2008)’de Landsat TM/ETM görüntülerinden türetilen NBR ve NDVI indekslerinin performansı, yangın şiddeti değerlendirmesi için İspanya’nın güneyinde meydana gelen üç yangın için analiz etmişlerdir. Bu çalışmada Escuin ve ark. yaptıkları çalışmaya benzer bir şekilde orman yangınlarını tespit etmenin en uygun yolunun yangın öncesi ve yangın sonrası NBR indekslerinin hesaplanması olduğu sonucuna varılmıştır. Quintano ve ark. (2011)’de Akdeniz ülkelerinde orman yangınlarını Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS) görüntüleri ve Yanmış Alan İndeksi (Burned Area Index, BAI), MODIS bantlarına uyarlanan Yanmış Alan İndeksi (Burned Area Index adapted to MODIS bands, BAIM), ve NBR indeksleri kullanarak incelemişlerdir. 250 m mekânsal çözünürlüklü MODIS görüntüleri kullanılarak yapılan çalışmada yangın alanlarının tespiti için yeterli olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çalışmada MODIS görüntülerine göre daha yüksek mekânsal çözünürlüklü Sentinel görüntüsü kullanımı orman yangınları tespiti için yeterli olacaktır.

Kurnaz ve ark. (2019)'da yaptıkları çalışmada Muğla ili Zeytinköy bölgesinde meydana gelen orman yangını Sentinel - 2A görüntüsü ile incelenmiştir. Çalışma kapsamında, orta ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde nesne tabanlı sınıflandırma tekniği kullanılarak orman yangını alanlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada Kurnaz ve ark. farklı olarak piksel tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Her iki sınıflandırmanın birbirlerine göre üstünlükleri vardır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde daha çok nesne tabanlı sınıflandırma kullanılırken orta çözünürlüklü görüntülerde piksel tabanlı sınıflandırma tercih edilmektedir (Mandanici ve Bitelli, 2016; Pahlevan ve ark., 2019).

DEM verisiyle üretilen yükselti, eğim, bakı haritaları (Şekil 10) ve dNBR haritası (Şekil 7) kullanılarak ArcMap 10.8 yazılımı Spatial Analyst Tools/Zonal kullanılarak aşağıdaki analizler yapılmıştır.

Çalışma alanının yükseltisi 31 m ile 550 m arasında değişmektedir (Şekil 10a). Yangın şiddetinin yüksek olduğu 90.94 hektarlık alan yükselti açısından değerlendirildiğinde, sırasıyla en yüksek yangın şiddeti; 200-300 m arasında 50 ha, 300-400 m arasında 21 ha, 100-200 m arasında 18 ha, 100 m'ye kadar olan yükseltide 1 ha ve 400 m'den yüksek yerlerde 1 ha olarak belirlenmiştir. Yangın şiddetinin yüksek ve orta-yüksek olduğu 478 hektarlık alana bakıldığında ise, sırasıyla en yüksek yangın şiddeti; 200-300 m arasında 190 ha, 100-200 m arasında 131 ha, 300-400 m arasında 121 ha, 100 m'ye kadar yükseltide 22 ha ve 400 m'den yüksek yerlerde 13 ha alan olarak belirlenmiştir. Akdeniz bölgesinde sahil kesiminden itibaren yükseltisi düşük olan alanlarda yangın riskinin fazla olduğu görülmektedir. Özellikle 200-300 m arasında saf kızılçam ormanlarının bulunması, sıcaklığın yüksek olması ve yangına birinci derecede hassas bölge olması orman yangınlarını risklerini arttırmaktadır.

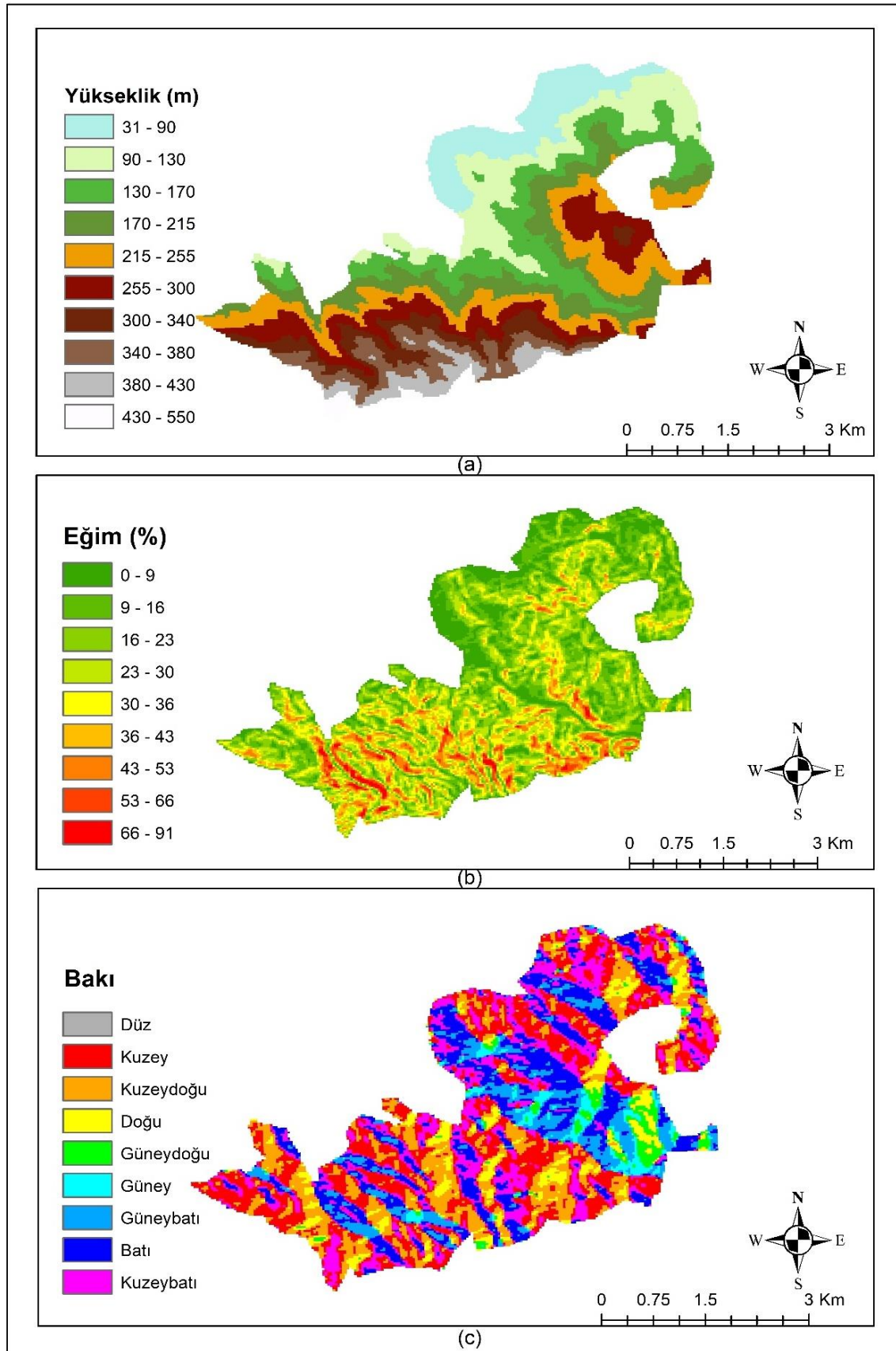
Topografik faktörlerden eğimin yangınların yayılmasında büyük önemi vardır. Diğer hususlar eşit olmak koşuluyla yangınlar eğimli arazide daha çabuk ilerlemektedir. Bilindiği üzere eğim arttıkça, yangının yayılma hızı da artar. Yangın yamaçtan yukarı şiddetli rüzgâra bağlı olarak yelpaze şeklinde ilerler (Çanakçıoğlu, 1985). Ormanlık alanlarda eğimin derecesi arttıkça yangının eğim boyunca hızı ve şiddeti artmaktadır. Ayrıca eğim derecesi arttıkça örtü yangınları tepe yangınlarına daha çabuk dönebilmekte ve bu durum yangınla mücadeleyi zorlaştırmaktadır.

Yangın şiddetinin yüksek olduğu 90.94 ha alana eğim (Şekil 10b) açısından bakıldığında sırasıyla yangın şiddeti en yüksek %30 dan fazla eğimde 36 ha, %20-30 arası eğimde 29 ha, %10-20 eğimde 21 ha, %5-10 eğimde 3 ha ve %5 eğime kadar olan yerlerde 2 ha alan olarak belirlenmiştir. Yangın şiddetinin yüksek ve orta-yüksek olduğu 478 ha alana bakıldığında ise; sırasıyla yangın şiddeti en yüksek %30 dan fazla eğimde 183 ha, %20-30 arası eğimde 144 ha, %10-20 eğimde 109 ha, %5-10 eğimde 29 ha ve %5 eğime kadar olan yerlerde 13 ha alan olarak belirlenmiştir.

Yangın şiddetinin yüksek olduğu 90.94 ha alana bakı (Şekil 10c) açısından bakıldığında; sırasıyla yangın şiddeti en yüksek doğuda 35 ha, kuzeyde 25 ha, batıda 20 ha, güneyde 10 ha ve düz alanlarda 1 ha olarak belirlenmiştir. Yangın şiddetinin yüksek ve orta-yüksek olduğu 478 hektarlık alana bakı açısından bakıldığında ise, sırasıyla en yüksek yangın şiddeti doğuda 181 ha, kuzeyde 171 ha, batıda 89 ha, güneyde 34 ha ve düz alanlarda 3 ha olarak belirlenmiştir. Belen orman yangınında sanılanın aksine en fazla kuzeyli bakılar zarar görmüştür. Mersin ilinde yapılan bir çalışmada orman yangınlarının alansal dağılımına bakı açısından bakıldığında, kuzey (%23) ve batı (%21) gruplarında yangınların fazla görüldüğü bildirilmektedir. Yangınlar dinamik yapıya sahip olduğu için Belen orman yangının davranışında bakı faktörü değişiklik göstermiştir.

Genellikle güney ve güneydoğu bakılar, yangının çıkması ve yayılması için en uygun koşullara sahiptir. Daha fazla direk güneş ışığı alan bu yerler, havanın ve yanıcı maddenin sıcaklığını artırıcı etkide bulunmaktadır (Çanakçıoğlu, 1985). Özellikle güneyli bakılarda sıcaklığın ve ışığın fazla olması sebebiyle ışık isteği fazla olan kızılçam gibi ağaç türlerinden oluşan meşcerelerde yangın tehlikesi daha

fazla görülmektedir. Bu alanlarda nem miktarının az olması da yanıcı maddenin tutuşma sıcaklığını düşürmektedir.



Şekil 10. Yükselti, eğim ve bakı haritası

SONUÇ

Çalışma kapsamında UA ve CBS'nin birlikte kullanımının orman yangınlarını hızlı bir şekilde tespit etme, analiz etme ve yorumlamanın daha kolay olacağı vurgulanmıştır. Özellikle bu çalışmada GEE platformunun geliştirilen kod ile uydu görüntüsünü bilgisayara indirme gereksinimi duymadan bulut ortamında çok daha hızlı işlenebileceği gösterilmiştir. Bu sayede ülkenin ya da dünyanın herhangi bölgesinde çıkan orman yangınına dâhil ilk bilgilere çok hızlı ulaşılabilecektir. Gelişen uydu teknolojileri zamansal çözünürlük açısından da oldukça yüksektir. Özellikle 10 m mekânsal çözünürlüğe ve 5 gün zamansal çözünürlüğe sahip Sentinel-2 görüntüleri orman yangının hemen sonrasında bilgiye ulaşma açısından oldukça kullanışlıdır. Orman yangınlarının tespitinde, arazi değişimi incelemesinde geliştirilen indekslerin kullanımı orman yangınlarında yangın sonrası bulunacak sonuçlarında doğruluğunu artıracaktır. Bu çalışmada görüldüğü üzere yanma öncesi NDVI değerinin 0.25 – 0.45 arasında yanma sonrası ise 0 ile 0.1 arasında değiştiği görülmektedir. Aynı şekilde, vejetasyondaki zararın şiddetini tespit etmek için yangın öncesi ve yangın sonrası NBR indeksi farkları dNBR ile tespit edilebilmektedir.

Birçok bilimde oldukça fazla tercih edilen UA ve CBS, orman yangını tespitinde, yangının topografik faktörler açısından analizi oldukça fazla tercih edilen yöntemlerdir. Ayrıca CBS ile yapılan araziye yönelik yükselti, eğim ve bakı gibi karakteristik bilgiler arazinin yapısı ve yangın hakkında oldukça fazla etkili olduğu ortaya koyulmuştur. Topografik faktörlerden yükselti, eğim ve bakının, yangın şiddetinin yüksek ve orta-yüksek olduğu alanlardaki etkisi değerlendirilmiştir. Buna göre çalışma alanında yüksek ve orta-yüksek yangın şiddeti; 200-300 m arasındaki yükseltide, %30'dan fazla eğimde ve kuzeyli bakılarda görülmektedir. Bu çalışma ile GEE platformunda yanan orman alanlarının tespitinde önemli sonuçlar alınmış olup, bundan sonra dünyanın herhangi bölgesinde oluşabilecek yangın afetinde yangın sonrası elde edilen ilk uydu görüntüsü ile dakikalar içerisinde yangın şiddeti haritalarının üretilebileceği gösterilmiştir. Bu sayede çalışmanın, aynı bölgede oluşabilecek ikinci bir orman yangını durumunda karar vericiler açısından rehber olabileceği gibi orman yangını çıkan farklı alanlarda da test edildiğinde önemi aratacaktır. Ayrıca bu çalışma, ortaya konan bulgular ve sonuçlar ile literatürde bulunan çalışmalardan farklı olarak ortaya koyulmasıyla özgün bir değere sahiptir. Web tabanlı uygulamalar için esnek kütüphaneler olan Google Earth Engine platformu kullanılarak çalışma kapsamında yazılan javascript kodu için web tabanlı bir uygulama geliştirilebilir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2020a. Bitki örtüsü, <https://www.belen.bel.tr/bitki-ortusu/> (Erişim Tarihi: 29.01.2021).
- Anonim, 2020b. <https://earthengine.google.com> (Erişim Tarihi: 22.01.2021).
- Anonim, 2021. https://www.earthdatascience.org/images/courses/earth-analytics/remote-sensing/barc_spectral_response_US_forest_service.png (Erişim Tarihi: 22.01.2021).
- Arekhi M, Goksel C, Balik Sanli F, Senel G, 2019. Comparative Evaluation of the Spectral and Spatial Consistency of Sentinel-2 and Landsat-8 OLI Data for Igneada Longos Forest. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(2): 56.
- Arıca B, Enez K, Küçük Ö, 2011. Uydu Görüntüsü Kullanarak Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim, Kahramanmaraş.

- Atun R, Kalkan K, Gürsoy Ö, 2020. Determining The Forest Fire Risk with Sentinel-2 Images. *Turkish Journal of Geosciences*, 1(1): 22–26.
- Bar S, Parida BR, Pandey AC, 2020. Landsat-8 and Sentinel-2 Based Forest Fire Burn Area Mapping Using Machine Learning Algorithms on GEE Cloud Platform over Uttarakhand, Western Himalaya. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18: 100324.
- Beşli N, Tenekeci E, 2020. Uydu verilerinden karar ağaçları kullanarak orman yangını tahmini. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 11(3): 899–906.
- Bilgili E, 2014. Orman Koruma Dersi Geçici Ders Notları. Trabzon, 155s. <https://teyit.org/wp-content/uploads/2017/01/bilgili-ders-notu-2014.pdf> (Erişim Tarihi: 23.01.2021).
- Butt A, Shabbir R, Ahmad SS, Aziz, N, 2015. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(2): 251–259.
- Çanakçıoğlu H, 1985. Orman Koruma. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3315, O.F. Yayın No: 376, s. 486, İstanbul-Türkiye.
- Dong J, Xiao X, Menarguez MA, Zhang G, Qin Y, Thau D, Biradar C, Moore B, 2016. Mapping Paddy Rice Planting Area in Northeastern Asia with Landsat 8 Images, Phenology-Based Algorithm and Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 185:142-154.
- Escuin S, Navarro R, Fernández P, 2008. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4): 1053–1073.
- 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.
- Haque MI, Basak R, 2017. Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(2): 251–263.
- He T, Sun YJ, Xu JD, Wang XJ, Hu CR, 2014. Enhanced land use/cover classification using support vector machines and fuzzy k-means clustering algorithms. *Journal of Applied Remote Sensing*, 8(1): 083636.
- Karabulut M, Karakoç A, Gürbüz M, Kızılelma Y, 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Başkonuş Dağında (Kahramanmaraş) Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(24), 171-179.
- Key CH, Benson NC, 2006. Landscape assessment (LA). In: Lutes, Duncan C.; Keane, Robert E.; Caratti, John F.; Key, Carl H.; Benson, Nathan C.; Sutherland, Steve; Gangi, Larry J. 2006. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. LA-1-55, 164.
- Khatami R, Mountrakis G, Stehman SV, 2016. A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. *Remote Sensing of Environment*, 177: 89–100.
- Küçük Ö, Bilgili E, Durmaz BD, 2005. Yangın Potansiyelinin Belirlenmesinde Yanıcı Madde Haritalarının Önemi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 6(1): 104–116.
- Kumar L, Mutanga O, 2018. Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential. *Remote Sensing*, 10:1509.
- Kurnaz B, Bayık Ç, Abdikan S, 2019. Determination of Forest Fire Area by Using Satellite Images: Muğla Case. 3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET), 19-21 September.
- Martinez E, 2003. *Remote Sensing Techniques for Land Use Classification*, 1–5.
- Mandanici E, Bitelli G, 2016. Preliminary comparison of sentinel-2 and landsat 8 imagery for a combined use. *Remote Sensing*, 8(12): 1014-2016.
- Nguyen HT, Pearce JM, Harrap R, Barber G, 2012. The application of LiDAR to assessment of rooftop solar photovoltaic deployment potential in a municipal district unit. *Sensors*, 12(4): 4534–4558.
- O'Brien JJ, Hiers JK, Callaham Jr. MA, Mitchell SRJ, 2008. JackInteractions among overstory structure, seedling life history traits and fire in frequently burned neotropical pine forests *Ambio*, 37: 542-547.

- OGM, 2019. Ormancılık istatistikleri 2019. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz/resmi-istatistikler> (Erişim Tarihi: 30.01.2021).
- OGM, 2021. Orman Genel Müdürlüğü 2021 yılı performans programı. Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara <https://www.ogm.gov.tr/tr/duyurular-sitesi/Documents/ORMAN%20GENEL%20M%3%9cD%3%9cRL%3%9c%4%9e%3%9c%2021%20YILI%20PERFORMANS%20PROGRAMI%20%20c4%b0.pdf> (Erişim Tarihi: 22.01.2021).
- Pahlevan N, Chittimalli SK, Balasubramanian SV, Vellucci V, 2019. Sentinel-2/Landsat-8 product consistency and implications for monitoring aquatic systems. *Remote sensing of Environment*, 220: 19-29.
- Quintano C, Fernández-Manso A, Stein A, Bijker W, 2011. Estimation of area burned by forest fires in Mediterranean countries: A remote sensing data mining perspective. *Forest Ecology and Management*, 262(8): 1597–1607.
- Rawat JS, Kumar M, 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1): 77–84.
- Reis M, Dotal H, Abiz B, Tat S, 2016. Determining forest priority areas by using multi-criteria decision making method and geographic information system in Kahramanmaraş, 43–49.
- Rouse Jr JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW, 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. NASA Spe. Scientific and Technical Information Office, National Aeronautics and Space, 351: 309.
- Sabuncu A, Özener H, 2019. Uzaktan Algılama Teknikleri ile Yanmış Alanların Tespiti: İzmir Seferihisar Orman Yangını Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(2): 317–326.
- Saylan İH, Cömert R, 2019. Sentinel-2A Ürünlerinin Yanmış Orman Alanlarının Haritalanmasındaki Başarının Araştırılması. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 1(1): 08–15.
- Stillwell J, Clarke G, 2004. *Applied GIS and spatial analysis*. Wiley Online Library, s.406
- Tonbul H, 2015. Uydu Görüntü Verileri Kullanılarak Orman Yangın Şiddeti ve Yangın Sonrası Durumun Zamansal Olarak İncelenmesi: Akdeniz Bölgesi Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Weyrer TN, 2011. GIS Based Analysis of the Potential of Solar Energy of Roof Surfaces in Baton Rouge, Louisiana, Carinthia University of Applied Science School of Geoinformation, 2. Bachelor Thesis (Printed), May 2011, s.65.
- Xiong J, Thenkabail PS, Tilton JC, Gumma MK, Teluguntla P, Oliphant A, Congalton RG, Yadav K, Gorelick N, 2017. Nominal 30-m Cropland Extend Map of Continental Africa by Integrating Pixel-Based and Object-Based Algorithms Using Sentinel-2 and Landsat-8 Data on Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 9(10):1065.
- Yiğit A, Uysal M, 2019. Afet yönetiminde uzaktan algılamanın kullanımı. İdRc 2019 International Disaster & Resilience Congress, 26-28 June.
- Yiğit Avdan Z, Uğur A, Cömert R, 2018. Orta Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinde Değişim Saptama İle Yanmış Orman Alanların Haritalanması. VII. Uzaktan Algılama - CBS Sempozyumu, 18-21 Eylül, Eskişehir.
- Yomralioğlu T, Nişancı R, Uzun B, 2007. Raster tabanlı nominal değerlendirme yöntemine dayalı arsa-arazi düzenlemesi uygulaması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2–6 Nisan.