



Research Article

EVALUATION OF DIFFERENT REMOTE SENSING INDICES IN DETECTION OF FOREST BURNED AREA: A CASE STUDY OF 2022 MERSİN (GÜLNAR) WILDFIRE

Kıvanç YÜKSEL^{1,*}, 

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Kahramanmaraş, Türkiye

* Correspondence: kyuksel@ksu.edu.tr

Received: 22 September 2022; Accepted: 1 November 2022; Published: 31 December 2022

ORCID^a: 0000-0001-9660-5028

Citation: Yüksel, K. (2022), Yanan orman alanı tespitinde farklı uzaktan algılama indislerinin değerlendirilmesi: 2022 yılı Mersin (Gülnar) orman yangını örneği. *ArtGRID*, 4(2), 160-171

Abstract

In recent years, with the effect of global warming, wildfires are causing increasingly destructive damages. Determining the destruction caused by wildfires in forest areas is a time-consuming and cost effective. The mapping of the forest areas burned as a result of wildfires and the area in terms of burn severity is of great importance in terms of rehabilitation activities. Remote sensing and GIS techniques are widely used in mapping and monitoring studies of forest areas. In terms of providing practical, cost-effective and sensitive results, remote sensing offers significant advantages in mapping the area in terms of burned area and burn severity after wildfires. In this study, the determination of the amount of burned area belonging to the wildfire that occurred in Mersin province Gülnar district in September 2022 and the performances of different remote sensing indices in determining the size of the burned area were compared. Sentinel-2 satellite image was used in the mapping of the study area. The amount of burned area was estimated according to the dNDVI (Differenced normalized difference vegetation index), dSAVI (Differenced soil adjusted vegetation index) and dNBR (Differenced normalized burn ratio) indices. The performance values of three different indices used within the scope of the study were revealed by accuracy analysis. The general accuracy values of the dNDVI, dSAVI and dNBR indices were found to be 75.56%, 84.44% and 88.89%, respectively, in determining the size of the burned area. While the accuracy of the dNDVI was acceptable, the dSAVI and dNBR indices performed very well in detecting the size of the burned area. Areas damaged by wildfires can be detected quickly and precisely with satellite images and remote sensing techniques.

Keywords: Burned area, Sentinel, wildfire, remote sensing, GIS

*Araştırma Makalesi***YANAN ORMAN ALANI TESPİTİNDE FARKLI UZAKTAN ALGILAMA İNDİSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: 2022 YILI MERSİN (GÜLNAR) ORMAN YANGINI ÖRNEĞİ****Özet**

Son yıllarda küresel ısınmanın etkisi ile orman yangınları giderek yıkıcı tahribatlara neden olmaktadır. Orman yangınlarının, orman alanlarında meydana getirdiği tahribatın belirlenmesi zaman alıcı ve maliyetli bir iştir. Orman yangınları sonucunda yanan orman alanlarının ve yanma şiddeti açısından alanın haritalanması, rehabilitasyon çalışmaları açısından büyük önem taşımaktadır. Orman alanlarına ait haritalama ve izleme çalışmalarında uzaktan algılama ve CBS teknikleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Uzaktan algılama, pratik, uygun maliyetli ve hassas sonuçlar vermesi açısından orman yangınları sonrasında yanan alan büyüklüğü ve yanma şiddeti açısından alanın haritalanmasında önemli avantajlar sunmaktadır. Bu çalışmada, 2022 yılı eylül ayında Mersin ili Gülnar ilçesinde meydana gelen orman yangınına ait yanan alan miktarının belirlenmesi ve farklı uzaktan algılama indislerinin yanan alan büyüklüğünün belirlenmesindeki performansları karşılaştırılmıştır. Çalışma alanına ait haritalama kapsamında Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Yanan alan miktarı, dNDVI (Differenced normalized difference vegetation index), dSAVI (Differenced soil adjusted vegetation index) ve dNBR (Differenced normalized burn ratio) indislerine göre tahmin edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan üç farklı indise ait performans değerleri doğruluk analizi ile ortaya konmuştur. Yanan alan büyüklüğünün tespit edilmesinde, dNDVI, dSAVI ve dNBR indislerine ait genel doğruluk değerleri sırasıyla % 75.56, % 84.44 ve % 88.89 olarak bulunmuştur. dNDVI indisine ait doğruluk oranı kabul edilebilir düzeydeyken, dSAVI ve dNBR indisleri yanan alan büyüklüğünün tespit edilmesinde oldukça iyi performans göstermiştir. Orman yangınları sonucu zarar gören alanlar, uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri ile hızlı ve hassas bir şekilde tespit edilebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Yanan alan, Sentinel, orman yangını, uzaktan algılama, CBS

1. GİRİŞ

Son yıllarda yer kürenin ısınması sonucunda tüm dünyada orman yangınlarında önemli bir artış gözlemlenmiştir (Williams ve ark., 2019; Halofsky ve ark., 2020). Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum itibari ile Akdeniz ve Ege sahil şeritleri orman yangınlarına birinci derece hassas alanlardan oluşmaktadır (Küçükosmanoğlu, 1990; Duran, 2014). Bu bölgelerde her yıl binlerce hektar orman alanı yangınlar sonucunda tahrip olmaktadır (Bilici, 2009). Bu alanların yeniden orman alanlarına dönüştürülmesinde, yangın sonrası orman arazisinde meydana gelen ekonomik kayıpların ve ekolojik değişimlerin iyi tespit edilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Li ve ark., 2003; Çömert ve ark., 2017). Bu sebeple, orman yangınları sonucu yanan alanlara ait coğrafi konumların ve alan büyüklüğünün, hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır (Gülci ve ark., 2021).

Orman arazilerinin çok büyük alanlarda yayılış göstermesi ve topografik olarak dağlık ve engebeli koşullarda yer almasından dolayı yanan orman alanlarının, yersel ölçüm teknikleri ile belirlenmesi zor, maliyetli ve uzun zaman alan bir süreç gerektirmektedir (Özdemir ve Demir,

2022; Nasery ve Kalkan, 2020; Koç ve Selik, 1996). Son yıllarda ormancılık çalışmalarında CBS ve uzaktan algılama teknikleri kullanımı, bu süreçleri daha pratik, ekonomik ve yüksek doğruluklu sonuçlarla çalışma imkanı tanımaktadır (Arıca ve ark, 2012; Sağlam ve ark., 2008; Coskuner 2022; Yılmaz ve ark., 2022).

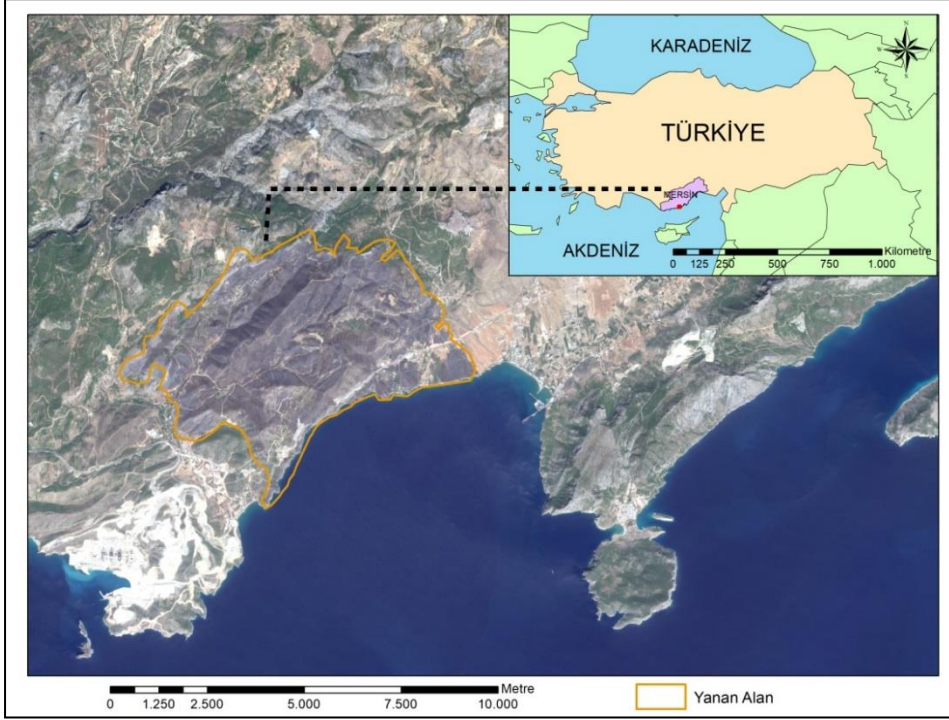
Orman kaynaklarının yönetimi ve izlenmesinde uzaktan algılama ve CBS teknikleri sıklıkla tercih edilen yöntemlerdendir (Kurnar, 2011; Gülci ve ark., 2016; Akay ve Erdoğan, 2017 İban ve Şahin, 2021). Uygun maliyetli ve hızlı sonuç vermesi en önemli avantajlarından. Her geçen yıl orman yangınlarında meydana gelen artış, orman alanlarında büyük ve yıkıcı zararlara yol açmaktadır (Atun ve ark., 2020). Artan orman yangınları, tahrip olan alanların belirlenmesi ve alanların yeniden eski haline dönüştürülmesi için yapılacak ıslah ve ağaçlandırma çalışmaları için bu alanların doğru ve hassas bir şekilde tespit edilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır (Özel ve ark., 2021). Ayrıca, yangın sonrası orman alanında meydana gelen ekolojik tahribatın yanında ekonomik kayıpların tespit edilmesi açısından yanan orman alanının doğru tespit edilmesi büyük öneme sahiptir (Gülci, 2021).

Bu çalışmada, orman yangınları sonucunda yanan alan büyüklüğünün belirlenmesinde farklı uzaktan algılama indislerinin performanslarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Mersin ili Gülnar ilçesinde 2022 yılı Eylül ayında meydana gelen büyük orman yangınında zarar gören orman alanı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak tespit edilmiştir. Yanan alanın büyüklüğü, Sentinel-2 uydu görüntüleri ile dNDVI, dSAVI ve dNBR indisleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı, Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Mersin ili Gülnar ilçesi sınırlarında 33° 32' 13" - 33° 38' 19" doğu boylamları ile 36° 09' 27" - 36° 13' 20" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Gülnar ilçe sınırları içerisinde ve Silifke ilçe sınırına da yakın bir noktada meydana gelen orman yangınına ait yanan orman alanı ve Türkiye haritasındaki coğrafi konumu Şekil 1'de verilmiştir. Orman yangınına ait fotoğraflar Şekil 2'de verilmiştir (URL-1).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu



Şekil 2. Orman yangınına ait görüntü (Foto: URL-1)

2.2. Kullanılan uydu görüntüsüne ait bant özellikleri

Sentinel-2, 2015 yılında fırlatılan S2A ve 2017 yılında fırlatılan S2B birbirlerine 180 açılı ve 98,5 derece yörünge eğimiyle çalışan iki uydudan oluşmaktadır. Sentinel-2'nin, iklim değişikliği, arazi izleme, acil durum yönetimi ve güvenlik gibi amaçlara hizmet etmesi hedeflenmiştir. Yüksek çözünürlüklü multispektral bantlarla donatılmış, 10 m, 20 m ve 30 m çözünürlüklere sahip bantlardan oluşmaktadır (URL-2). Sentinel-2 uydu görüntüsüne ait bant özellikleri, merkezi dalga boyları ve çözünürlükleri Çizelge 1'de verilmiştir.

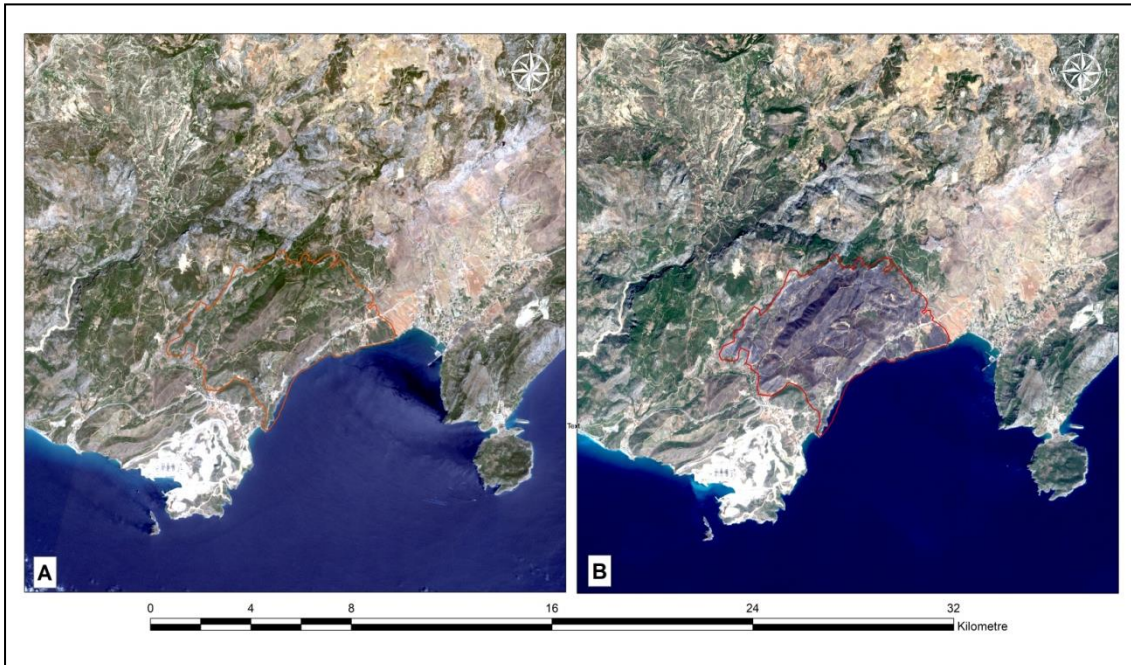
Çizelge 1. Sentinel 2 MSI'a ait bant özellikleri

Sentinel-2 Bantları	Merkezi Dalga Boyu (μm)	Çözünürlük (m)
1-Kıyı aerosol	0.443	60
2-Mavi	0.490	10
3-Yeşil	0.560	10
4-Kırmızı	0.665	10
5-Vejetasyon kırmızı kenar	0.705	20
6-Vejetasyon kırmızı kenar	0.740	20
7-Vejetasyon kırmızı kenar	0.783	20
8-Yakın kızılötesi	0.842	10
8A-Vejetasyon kırmızı kenar	0.865	20
9-Su buharı	0.945	60
10-Kısa dalga kızılötesi (SWIR)	1.375	60
11-Kısa dalga kızılötesi (SWIR)	1.610	20
12-Kısa dalga kızılötesi (SWIR)	2.190	20

Çalışmada kullanılan Sentinel-2 uydu görüntülerine ait tarih bilgileri Çizelge 2'de verilmiştir. Açık erişime sahip Sentinel-2 uydu görüntüsü GEE bulut platformundan indirilmiştir (Şekil 3).

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait tarih bilgileri

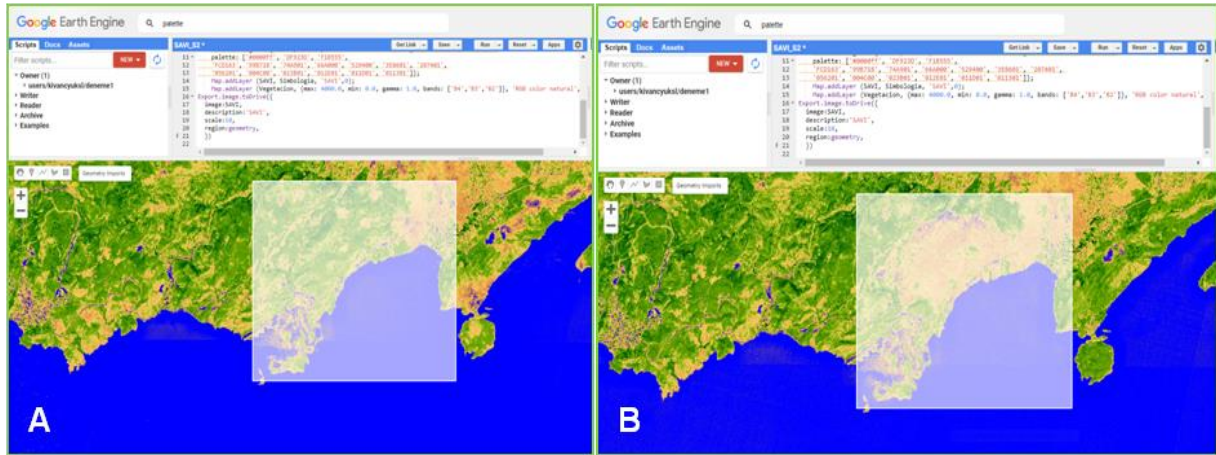
	Yangın öncesi tarih	Yangın sonrası tarih
Sentinel-2	27/07/2022	15/09/2022

**Şekil 3.** Çalışma alanına ait A) Yangın öncesi ve B) Yangın sonrası Sentinel-2 görüntüsü (RGB)

2.3. Yöntem

2.3.1. Yanan alan tespitinde kullanılan indisler

Çalışma kapsamında, yangın sonrası yanan alan miktarlarının tahmin edilmesinde, dNDVI (Differenced normalized difference vegetation index), dSAVI (Differenced soil adjusted vegetation index) ve dNBR (Differenced normalized burn ratio) indislerinden yararlanılmıştır (Şekil 4). Yanan alan miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan analizler, Google Earth Engine bulut platformunda gerçekleştirilmiştir. Google Earth Engine bulut platformu büyük veri setlerine sahiptir. GEE çok kısa sürede büyük veri setlerine ulaşma imkanı sunar ve kullanıcı dostu algoritmalar ile analiz ve karar verme süreçlerini kolaylaştırır (Gorelick ve ark., 2017).



Şekil 4. GEE platformunda SAVI ile yanan alan tespiti ve A) yangın öncesi ve B) yangın sonrası arasındaki bitki örtüsündeki değişim

NDVI (Normalized difference vegetation index), normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, kırmızı (red) bant klorofil emilimini ve yakın kızılötesi (NIR) bant bitki yoğunluğunu iyi yansıtmaya kabiliyetinden yararlanarak vejetasyon hakkında bilgi sağlanmasına yardımcı olan bir bitki örtüsü indeksidir (Tucker, 1979; Veraverbeke ve ark., 2011). NDVI, genellikle -1.0 ile +1.0 arasında değerler vermektedir. NDVI, yangın sonrası yanan alan tespitinde sıklıkla kullanılan bir indekstir. Sadece yangın sonrası görüntüyü kullanarak alan bilgisi verebildiği gibi, yangın öncesi ve yangın sonrası farktan yararlanarak da alan bilgisi verebilmektedir (Escuin ve ark., 2008). dNDVI, yangın öncesi NDVI ile yangın sonrası NDVI arasındaki fark formülü Çizelge 3'te verilmiştir.

SAVI (Soil adjusted vegetation index), toprak ayarlı bitki örtüsü indeksi bir toprak parlaklığı düzeltme faktörü kullanarak toprak parlaklığı etkilerini en aza indirmeye çalışan bir bitki örtüsü indeksidir (Huete, 1988). NIR ve Kırmızı, bu dalga boylarıyla ilişkili bantları ifade eder. L değeri yeşil bitki örtüsünün miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu indeks -1.0 ile +1.0 arasındaki değerler almaktadır. dSAVI, yangın öncesi SAVI ile yangın sonrası SAVI arasındaki fark formülü ile hesaplanmaktadır (Çizelge 3).

NBR (Normalized burn ratio), yanmış alanların belirlenmesinde yakın kızılötesi (NIR) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bantlarını kullanmaktadır (Key ve Benson, 2006) (Çizelge 3). Yanan alan tespiti ve yanma şiddetlerine göre alanın haritalanmasında en sık kullanılan indekslerden biridir. Yakın kızılötesi bantlardaki yansımalar yardımıyla sağlıklı bitki örtüsü hakkında bilgi almamızı sağlar. Yangın sonrası azalan vejetasyon ve orman toprağı gibi alanlar NBR analizi

ile düşük değerler vermektedir. NBR indeksi, -1.0 ile +1.0 arasında değişen değerler almaktadır. dNBR, yangın öncesi NBR ile yangın sonrası NBR arasındaki fark formülü ile hesaplanmaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Yanan alan tespitinde kullanılan indislere ait formülasyonlar

Kullanılan indisler (referans)	Denklemler
NDVI (Tucker, 1979)	$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$
dNDVI	$dNDVI = NDVI_{pre\ fire} - NDVI_{post\ fire}$
SAVI (Huete, 1988)	$dSAVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} * (1 + L)$
dSAVI	$dSAVI = SAVI_{pre\ fire} - SAVI_{post\ fire}$
NBR (Key and Benson, 2006)	$NBR = \frac{(NIR - SWIR2)}{(NIR + SWIR2)}$
dNBR	$dNBR = NBR_{pre\ fire} - NBR_{post\ fire}$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak, dNBR, dSAVI ve dNDVI indislerinin yanan alan büyüklüğünün belirlenmesindeki performansları değerlendirilmiştir. dNDVI, dSAVI ve dNBR indisleri kullanılarak yanan alan büyüklüğü sırasıyla; 1314.55, 1698.90 ve 1875.96 ha olarak tahmin edilmiştir (Şekil 5). dNBR indisi ile alanın % 74.79'u yanan alan olarak, % 25.21'i yanmayan alan olarak tahmin edilmiştir. dSAVI indisi ile alanın % 67.73'ü yanan alan, % 32.27'si ise yanmayan alan olarak tahmin edilmiştir. Son olarak dNDVI indisi ile alanın % 52.47'si yanan alan, % 47.60'ı yanmayan alan olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 4).

Literatürde yanan alan tespiti ile ilgili birçok çalışmada dSAVI indisinin dNDVI'ine kıyasla daha hassas tahminler yaptığına vurgu yapılmıştır (Chuvieco ve ark., 2002). Literatürde yapılan benzer bilimsel çalışmalara paralel olarak, dNBR indisi yanan alan tahmininde, dSAVI ve dNDVI indislerine kıyasla daha iyi bir performans göstermiştir (Nasery ve Kalkan, 2020). Literatürde, bu çalışmada bulunan sonuçlara benzer olarak, dNBR indisinin; dNDVI indisine göre yangından etkilenen alanların ve yanma şiddet seviyelerinin belirlenmesinde daha hassas sonuçlar üretebildiği vurgulanmıştır (Escuin ve ark., 2008; Veraverbeke ve ark., 2011).

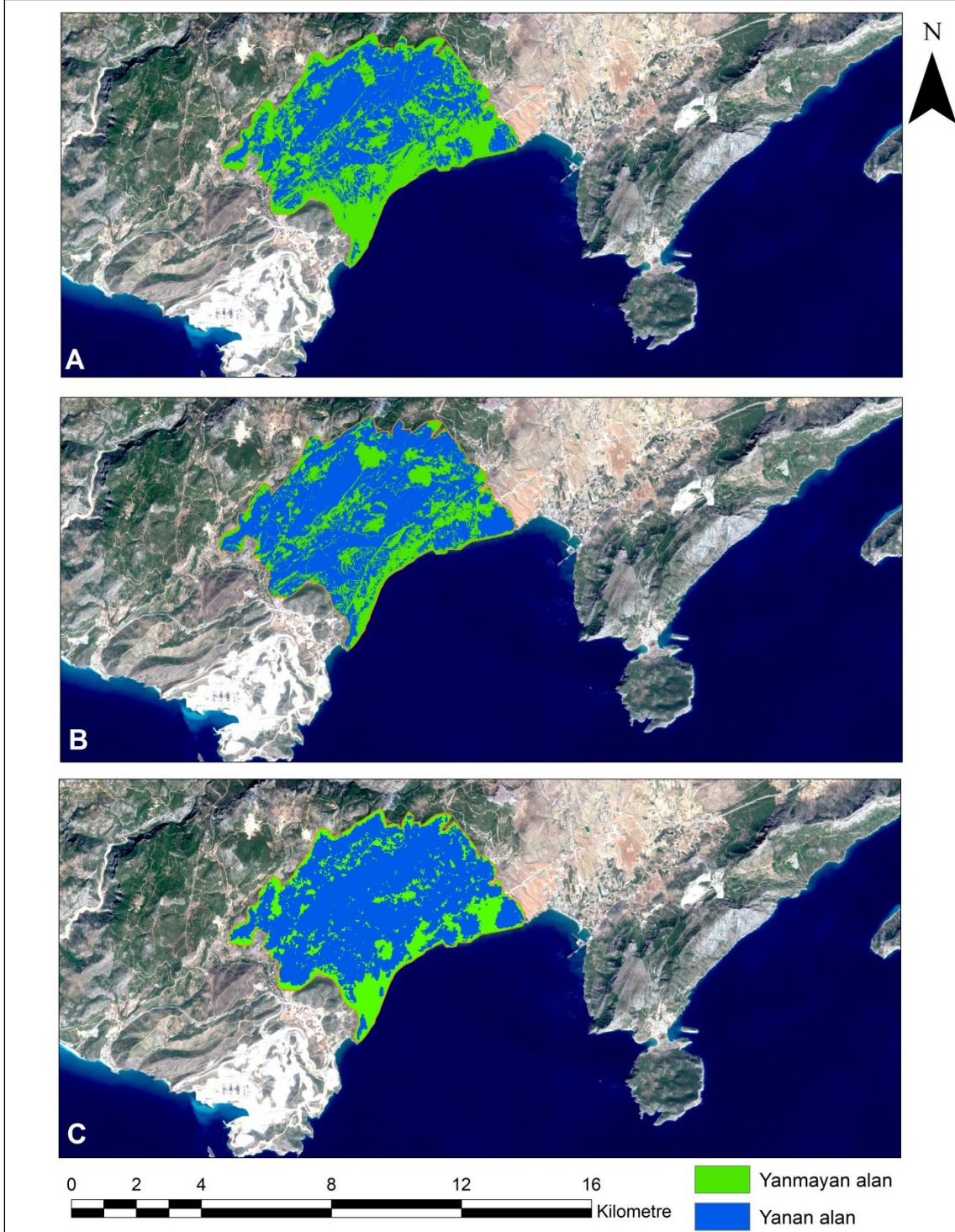
Çizelge 4. Yanan alan tespitinde kullanılan indislere ait tahmin sonuçları

	dNDVI	dSAVI	dNBR
Yanan alan (ha)	1314.55	1698.90	1875.96
Yanan alan (%)	52.40	67.73	74.79
Yanmayan alan (ha)	1193.89	809.54	632.48
Yanmayan alan (%)	47.60	32.27	25.21
Toplam alan (ha)	2508.44	2508.44	2508.44

Yanan alan büyüklüğünün tahmin edilmesinde, dNDVI, dSAVI ve dNBR indislerine ait genel doğruluk değerleri sırasıyla % 75.56, % 84.44 ve % 88.89 olarak bulunmuştur. Kullanılan dNDVI, dSAVI ve dNBR indislerine ait kappa değerleri sırasıyla; % 54.78, % 59.67, % 75.41 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Yanan alan tahmini ve kullanılan indislere ait doğruluk analizi sonuçları

	Kullanıcı Doğruluğu		Üretici Doğruluğu		Genel Doğruluk (%)	Kappa (%)
	Yanan (%)	Yanmayan (%)	Yanan (%)	Yanmayan (%)		
dNDVI	100	59.26	62.07	100	75.56	54.78
dSAVI	89.29	76.47	86.21	81.25	84.44	59.67
dNBR	90	86.67	93.10	81.25	88.89	75.41



Şekil 5. Yangın sonrası A) dNDVI, B) dSAVI ve C) dNBR indislerine ait yanan alan tespiti

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yanan alan tespitinde açık erişime sahip Sentinel 2 uydu görüntüleri hızlı ve ekonomik analiz yapma imkanından dolayı sıklıkla tercih edilmektedir. Orman yangınları sonrasında ekosistem hizmetlerinin yerine getirilmesi ve rehabilitasyon çalışmalarının zamanında yapılabilmesi amacıyla yanan alan miktarının hızlı bir şekilde sınıflandırılması büyük önem taşımaktadır. Bu

çalışmada analiz edilen indisler ve kullanılan uydu görüntüsü yanan orman alanlarının hızlı, ekonomik ve hassas bir şekilde belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, yanan alan büyüklüğü en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla; dNBR, dSAVI ve dNDVI olarak tahmin edilmiştir. dNBR yanan alan büyüklüğünün belirlenmesi ve yanma şiddeti sınıflandırmasında bilimsel çalışmalarda sıklıkla tercih edilen indislerden biridir. Literatürde, dNBR indisinin yanan alan tespiti çalışmalarında etkili indislerden olduğuna vurgu yapılmıştır. dSAVI ve dNDVI indisleri dNBR'ye kıyasla daha düşük tahmin performansı göstermişlerdir. Her iki indis arasında dSAVI, dNDVI indisine kıyasla daha iyi doğruluk değerlerine sahiptir.

Gelişen uzaktan algılama teknolojileri, yüksek çözünürlüklü ve farklı bant özelliklerine sahip uydu görüntüleri ile çalışma imkanı sunmaktadır. Farklı özelliklere sahip uydu görüntüleri, yanan alan tahmininde ve yanma şiddeti sınıflandırmasında kullanılabilir. Ayrıca, farklı bant kombinasyonları kullanılarak geliştirilen yeni uzaktan algılama indislerinin orman yangın tahribatının tespiti edilmesinde değerlendirilmesi ormancılık çalışmalarına katkıda bulunabilir.

TEŞEKKÜR

Yazar, hesaplama kapasiteleri ve Sentinel 2 uydu görüntülerine ücretsiz erişim sağlayan Google Earth Engine bulut platformuna teşekkür eder.

FİNANSAL DESTEK BEYANI

Çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmemektedir.

KAYNAKLAR

- Akay, A.E., Erdoğan, A. 2017. GIS-based multi-criteria decision analysis for forest fire risk mapping. In 4Th International Geoadvances Workshop-Geoadvances 2017: Isprs Workshop On Multi-Dimensional & Multi-Scale Spatial Data Modeling. Copernicus Gesellschaft Mbh. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W4-25-2017>
- Arıcak, B., Enez, K., Küçük, Ö., 2012. Uydu Görüntüsü Kullanarak Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, 220.
- Atun, R., Kalkan, K., Gürsoy, Ö. (2020). Determining the forest fire risk with Sentinel 2 images. Turkish Journal of Geosciences, 1(1), 22-26.
- Bilici, E., 2009. A Study on the Integration of Firebreaks and Fireline with Forest Roads Networks and It's Planning and Construction (A Case Study of Gallipoly National Park) Istanbul University. Faculty of Forestry Journal Series: A 59(2), pp. 86-102. <https://doi.org/10.17099/jffiu.66756>

- Chuvieco, E., Martin, M.P., Palacios, A. 2002. Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing*, 23(23), 5103-5110. <https://doi.org/10.1080/01431160210153129>
- Coskuner, K.A. 2022. Assessing the performance of MODIS and VIIRS active fire products in the monitoring of wildfires: a case study in Turkey. *iForest* 15: 85-94. <https://doi.org/10.3832/ifor3754-015>
- Çömert, R., Matcı, D.K., Emir, H., Avdan, U. 2017. Nesne Tabanlı Sınıflandırma ile Yanmış Orman Alanlarının Tespiti. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(4), 27-34.
- Duran, C. 2014. Mersin ilindeki orman yangınlarının başlangıç noktalarına göre mekânsal analizi (2001-2013). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1(1 A), 38-49. <https://doi.org/10.17568/oad.87328>
- Escuin, S., Navarro, R., Fernandez, 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. <https://doi.org/10.1080/01431160701281072>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Gülci, S., Akay, A.E., Yüksel, K. 2016. Evaluating capabilities of using thermal imagery for detecting impacts of forest operations on residual forests. In *Living Planet Symposium* (Vol. 740, p. 193), Czech Republic, Prague.
- Gülci, N. 2021. Estimating costs of salvage logging for large-scale burned forest lands: A case study on Turkey's Mediterranean coast. *J. For. Res.* 32, 1899–1909. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01255-y>
- Gülci, S., Yüksel, K., Gümüş, S., Wing, M.G. 2021. Mapping Wildfires Using Sentinel 2 MSI and Landsat 8 Imagery: Spatial Data Generation for Forestry. *European Journal of Forest Engineering*, 7(2), 57-66. <https://doi.org/10.33904/ejfe.1031090>
- Halofsky, J. E., Peterson, D. L., Harvey, B.J. 2020. Changing wildfire, changing forests: the effects of climate change on fire regimes and vegetation in the Pacific Northwest, USA. *Fire Ecology*, 16(1), 1-26. <https://doi.org/10.1186/s42408-019-0062-8>
- Huete, A. R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- İban, M.C., Şahin, E. 2021. Monitoring burn severity and air pollutants in wildfire events using remote sensing data: the case of Mersin wildfires in summer 2021. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 487-497. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1008242>
- Key, C.H., Benson, N.C. 2006. Landscape assessment: remote sensing of severity, the normalized burn ratio and ground measure of severity, the composite burn index. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system Ogden, Utah: USDA Forest Service, Rocky Mountain Res. Station.
- Koç, A., Selik, C. 1996. Belgrad ormanında arazi kullanımının uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 46(1), 137-146.
- Kurnar, D. 2011. Monitoring forest cover changes using remote sensing and GIS: a global prospective. *Research Journal of Environmental Sciences*, 5(2), 105. <https://doi.org/10.3923/rjes.2011.105.123>
- Küçükosmanoğlu, A. 1990. Kızılcım-orman yangınları ilişkisi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 40(4), 67-84.
- Li, Z., Fraser, R., Jin, J., Abuelgasim, A.A., Csiszar, I., Gong, P., Pu, R. and Hao, W. 2003. Evaluation of algorithms for fire detection and mapping across North America from

- satellite. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D2). <https://doi.org/10.1029/2001JD001373>.
- Nasery, S., Kalkan, K. 2020. Burn area detection and burn severity assessment using Sentinel 2 MSI data: The case of Karabağlar district, İzmir/Turkey. *Turkish Journal of Geosciences*, 1(2), 72-77.
- Özdemir, F.B., Demir, N. 2022. 2019 İzmir Karabağlar İlçesi Orman Yangın Alanının Uydu Görüntüleri İle Analizi. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 3(1), 20-33. <https://doi.org/10.48123/rsgis.1009319>
- Özel, H.B., Ateşoğlu, A., Kırdar, E. 2021. Orman Yangınları: Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri. (Editör: Taşkın Kavzaoğlu) *Orman Yangınları Sonrası Yanan Alanların Ağaçlandırılması, İzleme ve Değerlendirme* (275-300). Ankara: Türkiye Bilimleri Akademisi. <https://doi.org/10.53478/TUBA.2021.050>
- Sağlam, B., Bilgili, E., Durmaz, B.D., Kadioğulları, A.İ., Küçük, Ö. 2008. Spatio-temporal analysis of forest fire risk and danger using LANDSAT imagery. *Sensors*, 8(6), 3970-3987. <https://doi.org/10.3390/s8063970>
- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- URL-1. <https://www.trthaber.com/foto-galeri/mersinde-kule-donen-ormanlik-alan-havadan-goruntulendi/50141/sayfa-8.html> (Erişim Tarihi: 15.09.2022).
- URL-2. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>. (Erişim Tarihi: 21.08.2022).
- Veraverbeke, S., Harris, S., Hook, S. 2011. Evaluating spectral indices for burned area discrimination using MODIS/ASTER (MASTER) airborne simulator data. *Remote Sensing of Environment*, 115(10), 2702-2709. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.06.010>
- Williams, A. P., Abatzoglou, J. T., Gershunov, A., Guzman-Morales, J., Bishop, D. A., Balch, J. K., Lettenmaier, D. P. 2019. Observed impacts of anthropogenic climate change on wildfire in California. *Earth's Future*, 7(8), 892-910. <https://doi.org/10.1029/2019EF001210>
- Yılmaz, B., Demirel, M., Balçık, F. 2022. Yanmış Alanların Sentinel-2 MSI ve Landsat-8 OLI ile Tespiti ve Analizi: Çanakkale/Gelibolu Orman Yangını. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 76-86. <https://doi.org/10.21324/dacd.941456>



Copyright: © 2022 by the author. Licensee ArtGRID, Türkiye. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).