



## Akdeniz bölgesi'ndeki orman yangınlarının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak değerlendirilmesi: Mersin ili Silifke ilçesi örneği

Mehmet Özgür Çelik<sup>1</sup>, Doęa Fidan<sup>2</sup>, Ali Ulvi<sup>2</sup>, Murat Yakar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33343, Mersin

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve CBS Anabilim Dalı, 33343, Mersin

### MAKALE KÜNYESİ

Geliř Tarihi: 25/05/2023

Kabul Tarihi: 28/12/2023

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1302553>

\* Sorumlu yazar:

mozgurcelik@mersin.edu.tr

### ÖZ

Orman yangınları çevreyi ve canlıları olumsuz etkileyen olaylardır. Bu yangınların önlenmesi ile yangın sonrası ağaçlandırma ve koruma stratejilerinin geliştirilmesi için, hasarın boyutunun belirlenmesi ve yanma şiddetinin hızlı bir şekilde araştırılması gereklidir. Uzaktan algılama (UA) yangından etkilenen bölgelerin ve yanma şiddetinin haritalanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birlikte sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 2021 yılında Mersin ili Silifke ilçesinde meydana gelen orman yangını incelenmiştir. Sahanın yangın öncesi ve sonrasına ait Sentinel-2A ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri yardımıyla NDVI (Normalize Fark Vejetasyon İndeksi) ve NBR (Normalize Yanma Şiddeti) indeksleri hesaplanmıştır. Elde edilen indeks haritalarından fark haritaları oluşturulmuş, yangın sonrasındaki arazi örtüsündeki değişim ve yanma şiddeti belirlenmiştir. Buna göre toplam yanan alanlar 2324,71 hektardır. Yangına "yüksek" derecede maruz kalan alanlar çalışma alanının %27,72'sini (644,44 ha), "orta" derecede yanan alanlar %66,72'sini (1538,16 ha) ve "düşük" seviyede yanan alanlar ise %6,11'ini (142,11 ha) oluşturmaktadır. Ayrıca, EFFIS veri tabanından elde edilen çalışma alanına ait yangın verisiyle de yapılan analizin doğrulaması gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için alıcı işletim karakteristik (receiver operating characteristic - ROC) eğrisi kullanılmış ve eğri altındaki alan (area under the curve - AUC) değeri 0,973 olarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) yetkililerine ve diğer karar vericilere sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamaları konusunda yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

### Araştırma Makalesi

**Anahtar Kelimeler:** Orman yangını, Landsat 8 OLI, Sentinel-2A, Sürdürülebilir orman yönetimi

## Evaluation of forest fires using remote sensing and geographic information systems: a case study of Mersin province, Silifke district

### ABSTRACT

Forest fires are events that negatively affect the environment and living creatures. In order to prevent these fires, and to develop post-fire regeneration techniques, it is vital to promptly evaluate the damage amount and to investigate the fire's severity. Remote sensing (RS) is frequently used with Geographic Information Systems (GIS) to map fire-affected areas and fire intensity. In this study, the forest fire in Silifke district in Mersin took place in 2021 was examined. Before and following the fire, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and NBR (Normalized Burn Ratio) indexes were derived using Sentinel-2A and Landsat 8 OLI satellite images. The index maps were used to generate difference maps, and the change in land cover after the fire, as well as the intensity of the fire, was determined. Accordingly, the total area burned is 2324.71 hectares. The study area is made up of 27.72% (644.44 ha) of "high" fire areas, 66.72% (1538.16 ha) of "moderate" fire areas, and 6.11 (142.11 ha) of "low" fire areas. Furthermore, the analysis was validated using fire data from the EFFIS database for the research area. The receiver operating characteristic (ROC) curve was employed for this operation, and area under the curve (AUC) value was calculated at 0.973. The conclusions are intended to assist the General Directorate of Forestry (GDF) and other decision-makers to practice sustainable land management.

**Key Words:** Forest fire, Landsat 8 OLI, Sentinel-2A, Sustainable forest management

*Bu makaleye atf:*

Çelik, M.Ö., Fidan, D., Ulvi, A., Yakar, M., 2023. Akdeniz bölgesi'ndeki orman yangınlarının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak değerlendirilmesi: Mersin ili Silifke ilçesi örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 9(2), 116-125.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

## 1. Giriş

Orman alanları, normal kapalı ya da boşluklu kapalı doğal veya yapay meşcerelerden oluşan bölgeler olarak tanımlanmaktadır (The Global Economy, 2022, Our World in Data, 2022). Ormanlar biyoçeşitlilik açısından son derece önem arz etmekte, sadece bitkiler için değil, hayvanlar, mantarlar ve mikroorganizmalar için de yaşam alanı oluşturmaktadır (FAO, 2022a). Ormanlar karasal bitki ve hayvanların yaklaşık %80'ini bünyesinde barındırmaktadır (Pourtaghi et al., 2015).

1990 yılında dünya yüzeyinin yaklaşık %31,6'sı (4,24 milyar ha) orman iken bu oran 2022 yılının sonu itibarıyla yaklaşık % 29,6'ya (4,06 milyar ha) düşmüştür (WB, 2023). 32 yıllık zaman dilimi içerisinde orman alanlarının üçte birini kaybeden Paraguay bu süreçte en çok orman kaybeden ülke konumdadır (Our World in Data, 2022).

Dünyadaki orman varlığının %53,93'ü sadece 5 ülkede (Rusya, Brezilya, Kanada, ABD ve Çin) bulunmaktadır (FAO, 2022a). Türkiye ise tüm dünyadaki ormanların %0,55'ini bünyesinde barındırmaktadır (Çizelge 1). Türkiye'nin sahip olduğu orman alanlarının kendi yüzölçümü içerisindeki oranı ise %28,87'dir (Worldometer, 2022).

OGM verilerine (OGM, 2022) ve FAO (FAO, 2022a; FAO, 2022b) kayıtlarına göre Türkiye orman varlığını artıran az sayıdaki ülkelerden biridir.

**Çizelge 1.** En fazla orman alanına sahip on ülke ve Türkiye (Our World in Data, 2022; FAO, 2022a)

Ülke	Orman alanı (milyon ha)	Dünyadaki orman varlığı içindeki oranı (%)
Rusya	815,31	20,09
Brezilya	496,62	12,24
Kanada	346,93	8,55
ABD	309,80	7,63
Çin	219,98	5,42
Avustralya	134,01	3,30
Kongo	126,16	3,11
Demokratik C.	92,13	2,27
Endonezya	72,33	1,78
Peru	72,16	1,78
Hindistan	72,16	1,78
Türkiye	23,24	0,55

Ormansızlaşmanın temel nedenleri beşerî faaliyetler (özellikle tarımsal uygulamalar) ve yangınlardır. 1990 yılından bu yana ormansızlaşma oranı azalma eğilimindeyken, 2015-2020 yılları arasında her yıl 10 milyon ha orman alanı yok olmuş ve son 30 yıllık süreç içerisinde yaklaşık 420 milyon ha orman tahrip edilmiştir (FAO, 2022b). Ayrıca son 30 yılda toplam orman alanlarının %10,34'ü kaybolmuştur (Down to Earth, 2022). Bu alanların yaklaşık %40'ı büyük çaplı ticari tarım faaliyetleri sonucunda, %33'ü yerel tarım uygulamaları sonucunda ve %27'si de orman yangınları sonucunda ormansızlaşmıştır (Lapola ve ark., 2023). Yeterli düzeyde önlem alınmadığı takdirde, sadece tropik bölgelerde 2050 yılına kadar

289 milyon ha alanın ormansızlaşacağı ve bu durumun 169 milyar ton karbondioksitin (Gt CO<sub>2</sub>) atmosfere salınmasına yol açacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2022b).

Orman yangınlarının doğal yaşamı tehdit etmesinin yanı sıra, yerleşim yerlerine sıçraması sonucunda can ve mal kayıpları meydana gelebilmektedir (Sivrikaya ve Küçük, 2022). Orman yangınları, bitki örtüsünün tahrip olması, topraktaki organik maddelerin zarar görmesi ve toprağın nemini kaybetmesinden dolayı kuraklık ve heyelan gibi diğer doğal afetlerin oluşmasını da tetikleyebilmektedir (Lavanya and Padmaja, 2014; Garbolino et al., 2017; Çakır, 2017). Ayrıca, ormanların tutmuş olduğu karbon, yangınlar sonucunda atmosfere hızla salınmakta ve sera etkisini arttırmaktadır (Moayedı ve ark., 2020).

Orman yangınları ormansızlaşmaya sebep olduğu için küresel iklim değişikliğini de arttırmaktadır (Ercan ve ark., 2023; Sargıncı ve Beyazyüz, 2022; Gürsoy et al., 2023; Shin et al., 2019; Amjad et al., 2019). Bu bakımdan mevcut ormansızlaşma sorununa çözüm bulunması, küresel ısınmanın eşik değeri olarak kabul edilen 1,5 °C sınırının aşılması adına son derece önem arz etmektedir (Öztürk ve Gürsoy, 2022). Dünya, hâlihazırda 1,1 °C ısınmıştır bu yüzden ormansızlaşmanın azaltılması ve hatta sonlandırılması, dünyanın korunması ve yaşamın devamlılığı için elzemdir (Bekçi ve Kuşak, 2022). Bunun için; (a) sürdürülebilir arazi yönetimi altında ormanların korunması ve optimum şekilde yönetilmesi, (b) orman alanlarındaki tarımsal faaliyet baskısının azaltılması ve orman yangınlarının önlenmesi ve (c) bozulmuş orman alanlarının restorasyonun yapılması gerekmektedir (FAO, 2022a; FAO, 2022b; Rege and Ochieng, 2022; Libiète et al., 2023; Li et al., 2023; Kimengsi et al., 2022).

Orman yangınlarının önlenmesi, yangınlar meydana geldikten sonra hızlı müdahalenin edilmesi, tahribatın tespit edilmesi ve olumsuz etkilerin giderilmesi için yangınların, bütünleşik şekilde sürdürülebilir arazi yönetimi perspektifinde değerlendirilmesi gerekmektedir (Coruhlu et al., 2020).

Dünyada günümüze kadar birçok orman yangını meydana gelmiş ve milyonlarca ha orman alanı tahrip ya da yok olmuştur. EFFIS (European Forest Fire Information System-Avrupa Orman Yangını Bilgi Sistemi) verilerine göre, dünyada 2006 yılından bu yana 2037 orman yangınında 620055,73 ha alan yok olmuştur (EFFIS, 2023a).

Yüksek yangın tehdidi altında olan Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye'de de çok sayıda orman yangını meydana gelmiştir (Chuvieco, 2009; Giannakopoulos et al., 2009). 2023 yılı şubat ayı itibarıyla, 1990 yılından bu yana Türkiye'deki orman yangını sayısı 69420'dir. Bu yangınlarda toplam 747239 ha alan zarar görmüştür (OGM, 2022). Bu yangınların yaklaşık %90'ına beşerî faaliyetler, %10'luk kısmına ise doğal etkenler sebebiyet vermiştir (Çolak and Sunar, 2020). Ayrıca, yangınların büyük çoğunluğu (yaklaşık %75) verimli ormanlarda meydana gelmiştir. Türkiye'de meydana gelen orman yangınlarına ilişkin bilgiler Çizelge 2' de sunulmuştur.

**Çizelge 2.** Türkiye’de 1990-2023 yılları arasında meydana gelmiş orman yangını sayısal değerleri (OGM, 2022; EFFIS, 2023a)

Yıl	Yangın sayısı	Yanan alan (ha)	Yıl	Yangın sayısı	Yanan alan (ha)
1990	1750	13742	2007	2829	11664
1991	1481	8081	2008	2135	29749
1992	2117	12232	2009	1793	4679
1993	2545	15393	2010	1861	3317
1994	3239	30828	2011	1954	3612
1995	1770	7676	2012	2450	10454
1996	1645	14922	2013	3755	11456
1997	1339	6317	2014	2149	3117
1998	1932	6764	2015	2150	3219
1999	2075	5804	2016	3188	9156
2000	2353	26353	2017	2411	11993
2001	2631	7394	2018	2167	5644
2002	1471	8514	2019	2688	11332
2003	2177	6644	2020	3399	20971
2004	1762	4876	2021	2793	139503
2005	1530	2821	2022	2160	12799
2006	2227	7762	2023	172	32065

Literatürde orman yangınlarının etkilerini irdeleyen çok sayıda çalışma bulunmakta birlikte, bu çalışmalarda yaygın olarak UA ve CBS araçlarını da içinde barındıran farklı yöntem ve parametreler kullanılmaktadır (Isaev et al., 2002; Navarro et al., 2017; Çolak and Sunar, 2020). UA ve CBS yöntemi

içerisinde bulunan farklı yöntem ve veriler tercih edilmektedir (Saglam et al., 2008; Satir et al., 2016; Orhan et al., 2020; Silva et al., 2020; Oğuz et al., 2021; Fidanboy ve ark., 2022). Orman yangınları ile ilgili çalışmalarda kullanılan yöntem ve parametreler Çizelge 3’te sunulmuştur.

**Çizelge 3.** Orman yangınlarına yönelik hasar tespit çalışmalarında kullanılan yöntem ve parametreler

Referans	Yöntem	Parametre									
		NDVI	NBR	LST	LuLc	GNDVI	dNDVI	dNBR	FWI	FMI	
Isaev et al., (2002)	UA	●									
Çolak and Sunar (2020)	UA, CBS	●		●	●						
Navarro ve ark., (2017)	UA	●	●			●	●	●			
Shin et al., (2019)	İHA tabanlı UA	●									
Jin and Lee (2022)	UA, CBS		●				●				
Bentekhici et al., (2020)	UA, CBS			●			●				
Sari, (2021)	AHP, VIKOR, TOPSİS			●	●						
Satir et al., (2016)	YSA									●	●
Silva et al., (2020)	YSA									●	●
Yakubu et al., (2015)	Lojistik Regresyon Modeli	●								●	●

\*NDVI=Normalized Difference Vegetation Index(Normalize Fark Vegetasyon İndeksi); NBR=Normalized Burn Ratio(Normalize Yanma Şiddeti); LST= Land Surface Temperature (Arazi Yüzey Sıcaklığı);LuLc = Land use/Land cover arazi kullanımı/arazi örtüsü;GNDVI=Green Normalized Difference Vegetation Index (Normalize Fark Yeşil Vegetasyon İndeksi); dNDVI= Delta Normalized Vegetation Index (Delta Normalize Fark Vegetasyon İndeksi); dNBR= Delta Normalized Burn Ratio (Delta Normalize Yanma Şiddeti); FWI=Fire Weather Index (Yangın Hava İndeksi); FMI=Fuel Moisture index (Yanma Nem İndeksi), YSA=Yapay Sinir Ağları.

Bu çalışmada, Akdeniz Bölgesi’nde yer alan ve Türkiye’nin yangın potansiyeli en yüksek alanlarından olan Mersin ilinde uygulama gerçekleştirilmiştir. 2021 yılında Mersin ilinde meydana gelmiş 89 adet orman yangını sonucunda 9661,20 ha alanın zarar görmesi bu alandaki orman yangını tehlikesi boyutunu gözler önüne sermektedir (OGM, 2022). Çalışmada, 2021 yılında Mersin ili Silifke ilçesinin muhtelif yerlerinde meydana gelmiş yangınlardan bir tanesi incelenmiştir. Yangın sonucunda meydana gelen tahribat UA ve CBS yardımıyla tespit edilmiş, arazi örtüsündeki değişimler belirlenmiştir. Bunun için, Sentinel-2A ve Landsat 8 OLI yangın öncesi ve sonrası uydu görüntüleri kullanılarak NDVI ve NBR indeksleri hesaplanmıştır. Yapılan değişim analizinin doğrulaması EFFIS veri tabanından elde edilen çalışma alanına ait yangın verisiyle gerçekleştirilmiştir (EFFIS, 2023b). Çalışmanın temel amacı,

yüksek yangın riski altındaki Akdeniz Bölgesi’nde yer alan çalışma alanında meydana gelmiş yangınların ve etkilerinin incelenmesi olup, elde edilen sonuçların Orman Genel Müdürlüğü (OGM) yetkililerine ve diğer karar vericilere sürdürülebilir orman ve arazi yönetimi açısından yardımcı olacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Çalışma alanı

Mersin ili, Akdeniz havzasında bulunmasından dolayı kuraklık ve küresel iklim değişikliği ile yangın tehdidi altındadır (Duran, 2014; Çelik and Gülersoy, 2018; MGM, 2022a). Türkiye’nin güneyinde 36–37° kuzey enlemleri ile 33–35° doğu

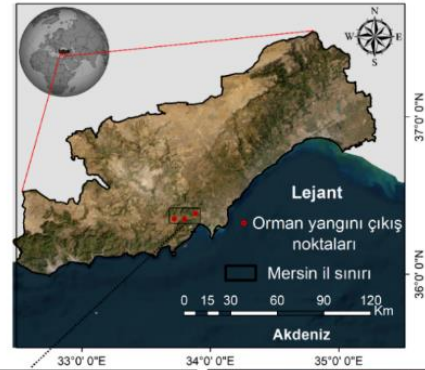
boylamları arasında yer alan Mersin, 2 milyona yakın nüfusa ve  $15853\text{km}^2$ 'lik alana sahiptir (Mersin Valiliği, 2022). Mersin ilinin şehir merkezi ve nüfus yoğunluğu kentin sahil kesiminde bulunmaktadır (Bekçi ve Kuşak, 2022; Bekçi ve ark., 2022).

Yüksek kesimlerde yapılaşma az olmakla birlikte orman alanları fazlalık göstermektedir. İl genelindeki bu durum, uygulama bölgesi Silifke ilçesinde de geçerlidir. Orman alanları ağırlıklı olarak dağlık, engebeli ve rakımın fazla olduğu kesimlerde bulunmaktadır Mersin ilinin %52,71'i (835534 ha) orman alanları ile kaplıdır. Nüfus bakımından Türkiye'nin en büyük 11. ili olan ve büyükşehir statüsünde yer alan Mersin'in yüzölçümünün yarısından fazlası orman alanlarından oluşmaktadır. Silifke'nin ise yüzölçümünün %59,37'si (153398,4 ha) orman alanıdır (OBM, 2022).

Çalışma alanı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında en yüksek ortalama sıcaklık değerine ( $30,2^\circ\text{C}$ ) sahiptir (MGM, 2022b). 28 Temmuz 2021 akşam saatlerinde birbirine yakın üç farklı ormanlık alanda başlayan, yaklaşık bir hafta süren orman yangını kontrol altına alınmış ve söndürülmüştür (Şekil 1). Yangın gününde ortalama sıcaklık  $32,1^\circ\text{C}$  iken, gün içerisinde en yüksek sıcaklık  $39^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmış ve hissedilen sıcaklık  $40,1^\circ\text{C}$  olarak ölçülmüştür (Weather Spark, 2021). Gün içerisinde ve sonraki günlerde hakim rüzgâr yönü kuzey ve kuzeydoğu olduğu için burada çıkan orman yangını 5 mahalleyi içine alan yerleşim yerlerini tehdit etmiştir. Yangının çıktığı zaman dilimi, bölge ve yayılım yönü dikkate alındığında, birçok ev, otel, pansiyon ve işletme boşaltılmıştır.

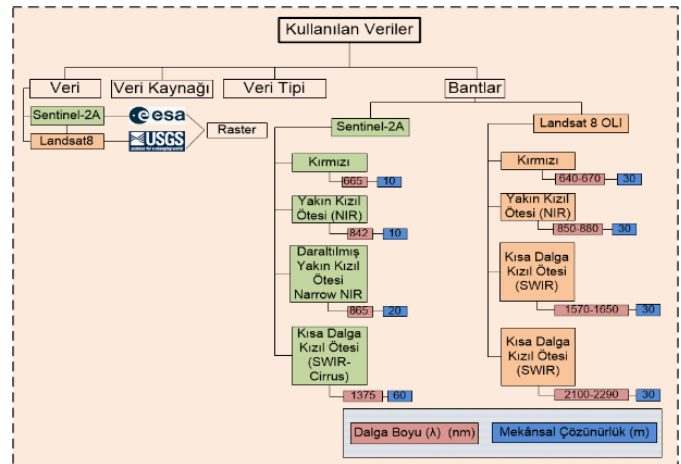
## 2.2 Kullanılan veriler

Bu çalışmada orman yangını öncesine (24 Temmuz 2021) ve sonrasına (10 Ekim 2021) ait Sentinel-2A (<https://www.esa.int/>) ve Landsat 8 OLI (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) uydu görüntüleri Avrupa Birliği Uzay Ajansı (ESA, 2021) ve Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmaları Kurumu'ndan (USGS, 2021) temin edilmiştir. Sentinel-2A uydu görüntüsü L1-C, Landsat 8 OLI uydu görüntüsü ise L1 seviyesindedir. Sentinel-2A, rektifikasyonlu ve radyometrik olarak düzeltilmiş atmosfer üstü yansımaya değerlerine dönüştürülmüş veriler sunmaktadır. Benzer şekilde, Landsat 8 OLI de verileri sağlamaktadır (Öztürk, 2022).



Şekil 1. Çalışma alanı

Ormanların ve orman yangınlarının izlenmesine imkân tanıyan bu uydular farklı özelliklere sahiptir. Sentinel-2A, 10, 20 ve 60 m mekânsal çözünürlükte görüntü sunan ve de 13 spektral bant içeren bir uydudur (ESA, 2023). 60 m çözünürlükteki bantlar atmosferik düzeltmeler için kullanılmaktadır (Warren ve ark., 2019). Landsat 8 OLI ise 15 ile 100 m mekânsal çözünürlüğe sahip, görünür, yakın kızılötesi ve termal bantlar başta olmak üzere 11 spektral banda sahip bir uydudur (USGS, 2023). 15 m çözünürlükteki pankromatik bant görüntü zenginleştirmede kullanılmaktadır (Mwaniki ve ark., 2017). Termal bantlar 100 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir ancak L1 ve L2 seviye görüntülerde, yeniden örneklendirilerek 30 m çözünürlükte olmaktadır ve çeşitli analizler için kullanılmaktadırlar (Seleem et al., 2022; Arunachalam et al., 2023). Kullanılan veriler ve özellikleri Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan veriler ve özellikleri

### 2.3 Yöntem

Mersin ili Silifke ilçesinde meydana gelen orman yangınlarının nicelik ve nitelik olarak değerlendirilmesi için UA verileri olan uydu görüntüleri kullanılarak CBS tabanlı analiz etmek amacıyla için Sentinel-2A ve Landsat 8 OLI yangın öncesi ve sonrası uydu görüntülerinden NDVI ve NBR indeksleri hesaplanmıştır (Eşitlik 1 ve Eşitlik 2). Yangın öncesi ve sonrası indeks değerlerinin farkları oluşturulmuş (Eşitlik 3 ve Eşitlik 4) ve çalışma alanında meydana gelen değişimler haritalanmıştır.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

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

$$dNDVI = NDVI_{önce} - NDVI_{sonra} \quad (3)$$

$$dNBR = NBR_{önce} - NBR_{sonra} \quad (4)$$

Yangınlar bitkilerde yer alan klorofil pigmentinin zarar görmesine ve hatta yok olmasına yol açtığından dolayı, uzaktan algılamadaki algılayıcı sistemler ile bitkilerin elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerindeki yansımaya değerlerindeki değişkenlik hesaplanabilmektedir. Sağlıklı bitkiler SWIR (kısa dalga kızılötesi) bölgesinde az yansımaya yaparken, NIR (yakın kızılötesi) bölgesinde fazla yansımaya yapmaktadır (Liu et al., 2020). Sağlıklı ve yanmış bitkilerin bu farklılıkları NDVI ve NBR indeksleriyle rahatlıkla hesaplanabilmektedir (Escuin et al., 2008). NDVI (-1 ile +1) arasındaki değerler ile ifade edilmektedir. Sağlıklı olan bitkiler için NDVI indeks değeri daha yüksek (+1'e yakın) olurken, bitki örtüsünün zarar görmesi ya da seyrek olması durumunda NDVI değeri -1'e

yaklaşmaktadır. NBR indeksi ise (-2,00 ile +2,00) arasında değer almaktadır. Yanan alanlar için değerler (+0,10 ile +1,35) arasında olurken, sağlıklı bitkilerin olduğu yanmamış alanlarda (-0,10 ile +0,10) arasında olmaktadır (Sabuncu ve Özener, 2019). Ayrıca, NBR ile yanma şiddeti hakkında güvenilir bilgi edinilebilmektedir (Çizelge 4).

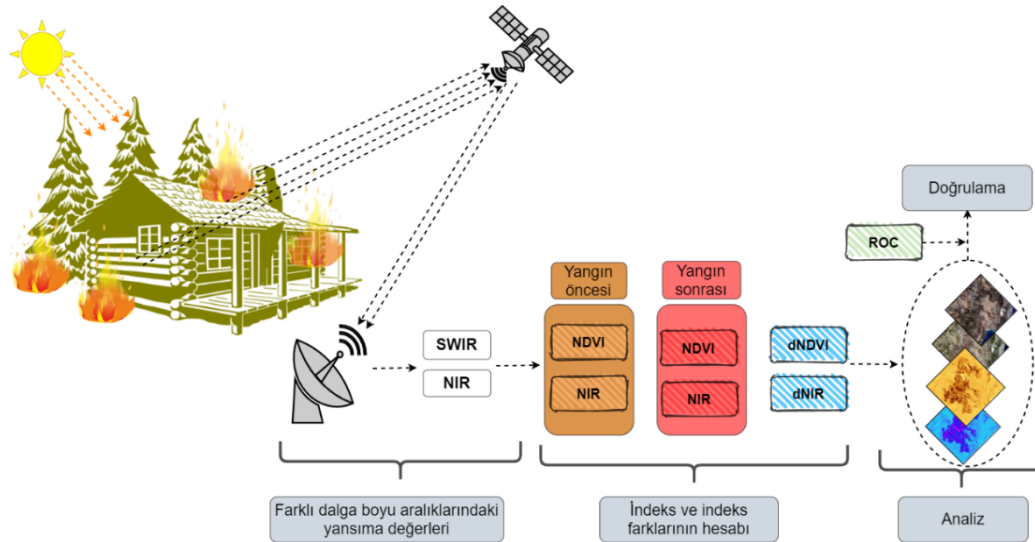
**Çizelge 4.** Yanma şiddeti değerleri (USGS FIREMON, 2023)

Yanma şiddeti	Yanma şiddeti değerleri
Düşük	0,1 / 0,27
Orta	0,27 / 0,66
Yüksek	>0,66

Yangın öncesi ve sonrası NDVI ve NBR indeks farkları alınarak yangın nedeniyle meydana gelen değişim ve yangının şiddeti belirlenebilmektedir.

Meydana gelen değişimin analiz edilmesi sonucunda çalışmanın birincil hedefi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Ancak, bilimsel araştırmaların tutarlılığı ve güvenilirliği için doğrulama yapılması son derece önemlidir (Kalantar et al., 2020; Orhan, 2021; Naghibi et al., 2016). Bu işlemde farklı yöntemler kullanılmakla birlikte sıklıkla alıcı işletim karakteristik (receiver operating characteristic – ROC) eğrisi tercih edilmektedir (Da et al., 2023; Nguyen et al., 2023; Si et al., 2022; Pourtaghi et al., 2016). Eğri altındaki alan (area under the curve - AUC) değeri tahminin doğruluğunu ifade etmektedir (Golkarian et al., 2018). AUC değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. 1'e yakın olan değerler, model performansının daha iyi olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada da yapılan değişim analizinin doğrulamasında ROC eğrisi kullanılmıştır.

Çalışmanın metoduna ait akış şeması Şekil 3'te sunulmuştur.



**Şekil 3.** Çalışmadaki iş akış şeması

### 3. Bulgular

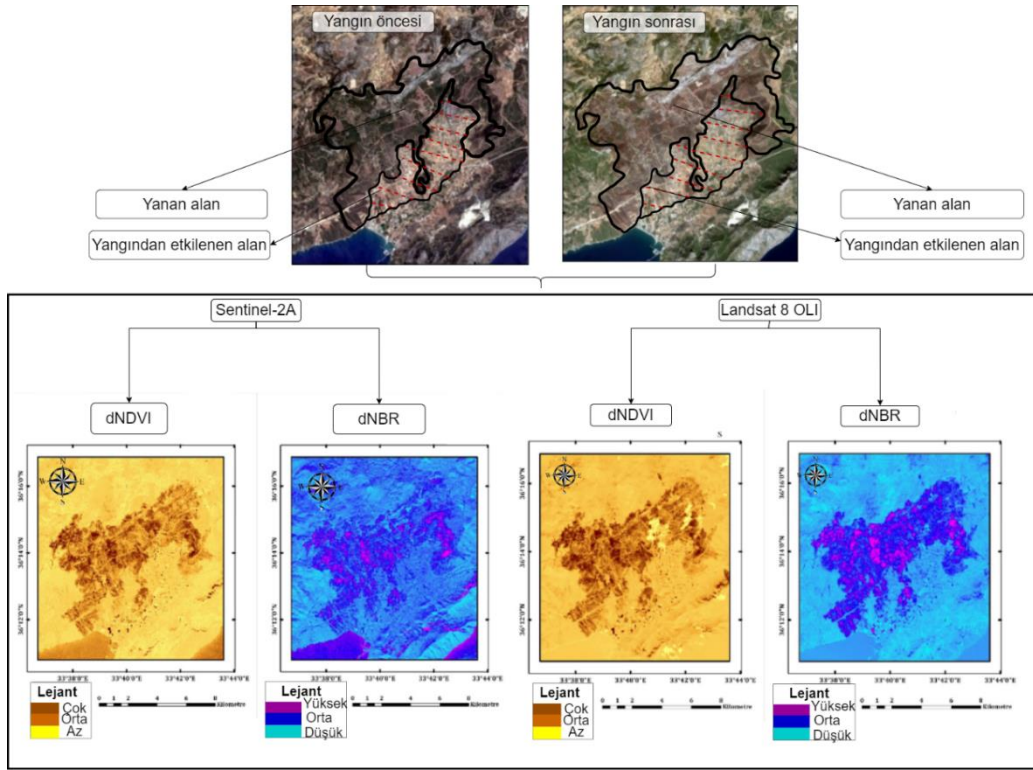
Yangın sonrasında yangın öncesine göre meydana gelen değişiklikler, oluşturulan haritalar ile görselleştirilmiştir (Şekil 3). Sırasıyla 60 ve 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip Sentinel-2A ve Landsat 8 OLI uydu verilerinden elde edilen indeks fark

haritaları irdelendiğinde, arazi örtüsündeki değişikliklere ve yanma şiddetine bağlı olarak hangi alanların yangından daha çok etkilendiğine ulaşılabilmektedir (Çizelge 5). Çalışma alanında meydana gelen yangın sonucunda toplam yanmış alanlar 2324,71 hektardır.



Yanmayan ancak yangın sınırında yer alan ve olumsuz duruma maruz kalan alanlar ise 1200,21 hektardır. İki uydudan elde edilen bulguların ortalamasına göre yangına “yüksek” derecede maruz kalan alanlar çalışma alanının %27,72’sini

(644,44 ha), “orta” derecede yanmış alanlar %66,72’sini (1538,16 ha) ve “düşük” seviyede yanmış alanlar ise %6,11’ini (142,11 ha) oluşturmaktadır.

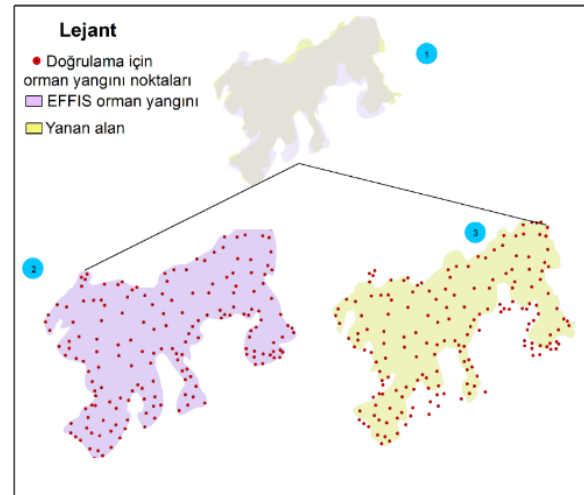


Şekil 4. dNDVI ve dNBR haritaları

Çizelge 5. Yangın sonrasındaki arazi örtüsündeki değişim ve yanma şiddeti

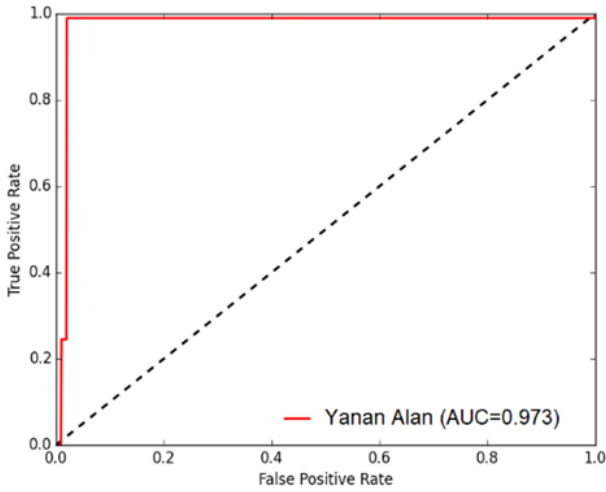
UA Verileri	Arazi Örtüsündeki Değişim (ha)	Yanma Şiddeti
	672,55	Yüksek
Sentinel-2A	1503,86	Orta
	148,30	Düşük
	616,34	Yüksek
Landsat 8 OLI	1572,46	Orta
	135,91	Düşük

Arazi örtüsünde meydana gelen değişim tespit edildikten sonra yapılan bu işlemin doğrulaması gerçekleştirilmiştir. Bunun için ROC eğrisi kullanılmıştır. EFFIS veri tabanından çalışma alanına ait poligon formatta yangın verisi temin edilmiştir. Bu veride rastgele 186 adet nokta test verisi olarak kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. EFFIS orman yangını ve analizle elde edilen yanmış alan haritaları

Yapılan doğrulama işleminde AUC değeri 0.973 olarak hesaplanmıştır (Şekil 6). Ayrıca, alan bazlı olarak da doğrulama verisiyle analizle elde edilen yanmış alan verisi kıyaslanmıştır (Çizelge 6).



Şekil 5. Yanan alanın doğrulaması için ROC

Çizelge 6. EFFIS orman yangını ile ve yanan alan verisi kıyaslaması

Veri	Yanan alan (ha)	Fark (ha)
EFFIS	2557,80	33,09
Analiz	2324,71	

Çizelge 2' de sunulan orman yangınlarına envanterine bakıldığında, 2019 yılından itibaren hem sayı hem de alan bazında yükselme trendine girdiği, 2021 yılında ise zirve yaptığı görülmektedir. Bu sonuçların çıkmasında küresel iklim değişikliğinin önemli rolü bulunduğu aşikârdır. Mersin ilinde de son beş yıldaki orman yangın sayısındaki artış, bu sonucu destekler niteliktedir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Mersin ilindeki orman yangını değerleri (OGM, 2022)

Yıl	Yangın sayısı	Yanan alan (ha)
2017	54	927,72
2018	71	69,98
2019	90	360,78
2020	87	509,15
2021	89	9661,20
2022	99	2118,13

#### 4. Tartışma

Çalışma alanının küresel ısınma ve kuraklık tehdidi altında olmasından dolayı orman yangınlarına karşı savunmasız durumda olduğu bilinmektedir. Bu kapsamda, potansiyel orman yangınlarından korunmak, zararlarının en aza indirilmesi, ormansızlaşmanın önüne geçilmesi ve mevcut orman alanlarının en iyi şekilde yönetilmesi gerektiği aşikârdır. Bunun için bütüncül bir anlayışla sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda ormanların çevreye uyumlu şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

Çoruhlu and Çelik (2022) ve Çoruhlu et al. (2021)'in çalışmalarında vurguladığı üzere sürdürülebilir arazi yönetimi bu hedefi gerçekleştirebilecek özelliklere sahiptir. İban and Sekertekin (2022)'in ifade ettiği üzere sürdürülebilir arazi yönetimi kamu yönetiminin, kamu ekonomisinin, hukukun ve bilimsel araştırmaların gereksinimlere cevap veren bir yapıda

olmasından dolayı orman alanlarının ve yangınlarının yönetilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda, Çolak and Sunar (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, yüksek yangın baskısı altında olan Türkiye'de hâlihazırda çeşitli uygulamalar ve sistemler (Sürdürülebilir Orman Yönetimi-SOY) olmasına rağmen kapsamlı bir orman yangını bilgi sistemine ihtiyaç bulunduğu ifade edilmiştir. Orman yangınlarının boyutu, meydana gelen yerin doğal yapısı, çıkış sebebinin içeren bir bilgi sisteminin kurulması son derece önem arz etmektedir. OGM her yıl ormancılık istatistiklerini (yanan alan, yangın sayısı, çıkış sebebi) şeffaf şekilde yayınlamasına rağmen konumsal bilgilerin olmaması nedeniyle arazi bilgi sistemi olarak değerlendirilmesi pek de mümkün değildir. İfade edilen şekilde bir bilgi sisteminin kurulması, karar vericilerin daha doğru kararlar vermesine katkı sağlayacaktır. Diğer bilim insanlarının yaptığı çalışmalar da bunu desteklemektedir (Ghorbanzadeh et al., 2019; Bustillo Sánchez et al., 2021; İban and Şahin, 2022).

Çalışmada, orman yangınları sonucunda arazi yüzeyindeki tahribatın boyutunu ve arazi örtüsündeki değişimin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen ürünler karar vericiler için güvenilir ve pratik bir altlıktır (Karabulut ve ark., 2013; Dilekçi ve ark., 2021). Yanan ve yangından etkilenen alanların miktarı, tehdit altındaki insan sayısı, yanan alanların yangından etkilenme türü (yüksek, orta ve düşük) gibi veriler, kamuoyunun şeffaf ve doğru şekilde bilgilendirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, yangından sonraki yapılacak iş ve uygulamalar (hasar tespit, yenileme vb.) için kararların hızlı ve güvenilir şekilde alınması konusunda bilimsel literatüre değerli bir katkı sağlamaktadır (Arca et al., 2020).

NDVI ve NBR indeksleri kullanılarak çalışma alanındaki yangın sonrası değişim analiz edilmiş ve Sabuncu ve Özener (2019), Yılmaz ve ark. (2022)'in çalışmalarında vurguladığı üzere bir doğrulama yapılmıştır.

Bununla birlikte, bu çalışmanın sınırlı olduğu durumlar vardır. Orman yangınının hasar tespit çalışmalarında kullanılan parametre ve verilerin mekânsal çözünürlüğünün daha fazla olması daha detaylı analizlerin yapılmasına imkân tanıyacaktır. Yüksek çözünürlüklü (5, 10 m) veriler ile yanan alanların tespitindeki doğruluk ve hassasiyet artacaktır. Bu çalışmada ise 60 ve 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip Sentinel-2A ve Landsat 8 OLI uydularıyla analiz gerçekleştirilmiştir Parametrelerin artırılması ve çeşitlendirilmesi sonuçları doğrudan etkilemektedir. Bu bulguyu destekleyen birçok çalışma yapılmıştır (Pouyan et al., 2021; Arca et al., 2020; Doğan and Yakar, 2018; Oğuz et al., 2021). İban and Sekertekin (2022)'in vurguladığı üzere parametre seçiminde kesin bir ortak görüş yoktur. Daha çok, çalışma alanının özelliğine göre eldeki mevcut veri ve literatürde yer alan parametrelerin bazıları tercih edilmektedir.

#### 5. Sonuçlar

Son yıllarda dünya genelinde orman yangınları artış göstermekte ve bu durum ormansızlaşmaya neden olmaktadır. Akdeniz havzasında yer alan Türkiye küresel iklim değişikliğinin artırdığı orman yangınlarına karşı yüksek tehdit altında bulunmaktadır. Bu yüzden, meydana gelen orman yangınlarının tespit edilmesi ve hasarlarının belirlenmesi, sürdürülebilir orman yönetimi için gerekli unsurlardan biridir.

Tüm bu sebeplerden dolayı, Türkiye'nin güneyindeki Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Mersin ilinde çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada 2021 yılında meydana gelen, etkileme alanı ve şiddeti fazla olan Silifke'deki orman yangınları ele alınmıştır. Yangın öncesi ve sonrasında uydu görüntüleri analize tabi tutulmuştur. Tonbul et al. (2016), Arisanty et al. (2019)'ün de çalışmalarında tercih ettiği üzere NDVI ve NBR indeksleri kullanılmıştır. Benzer sonuçları veren bu indekslerle analizler gerçekleştirilmiştir. İndeks farkları alınarak yanan alanlar ve yanma şiddeti kantitatif olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Bununla birlikte, farklı yöntemlerle yapılan analizinin tutarlılığı için doğrulama işlemi gerçekleştirilmemiştir. Elde edilen çıktı ürünler, harita mühendisliği, coğrafya bilimi ve araştırmanın alanı dikkate alınıp değerlendirilmelidir. Yangına maruz bölgelerin ve yanma şiddetlerinin değerlendirilmesi yangın sonrası izleme çalışmalarında, araştırmacılar, ormancılar ve yöneticiler için kritik bir araçtır.

Ayrıca, kapsamlı veriler ve yeterli bilgisayar donanım sistemleri ile çalışmanın sınırları bölgesel ulusal, kıtasal veya küresel olarak genişletilebilir. Yapılan bu işlemlerin temel amacı, sürdürülebilir arazi yönetimi altında orman ve orman yangınlarının yönetilmesidir. Nihayetinde, sürdürülebilir orman yönetimi sisteminin oluşturulmasıdır. Böylece, ormanların korunması, en iyi şekilde yönetilmesi, gelecek nesillere aktarılması, orman yangınlarının azaltılması ve önlenmesi gerçekleştirilebilir. Bu çalışmanın Mersin ilinde ve Türkiye'de sürdürülebilir orman yönetimi sistemine hizmet etmesi öngörülmektedir.

## Kaynaklar

- Amjad, D., Kausar, S., Waqar, R., Sarwar, F., 2019. Land cover change analysis and impacts of deforestation on the climate of district Mansehra, Pakistan. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 14(6), 103-113.
- Arca, D., Hacısalihoğlu, M., Kutoğlu, Ş. H., 2020. Producing forest fire susceptibility map via multi-criteria decision analysis and frequency ratio methods. *Natural Hazards* 104, 73-89.
- Arisanty, D., Adyatma, S., Muhaimin, M., Nursaputra, A., 2019. Landsat 8 OLI TIRS Imagery Ability for Monitoring Post Forest Fire Changes. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 27(3), 1105-1120.
- Arunachalam, M., Joshua, R. M., Kochuparampil, A. J., Saravanavel, J., 2023. ArcOLITIRS: A toolbox for radiometric calibration and surface temperature estimation from Landsat 8 products in ArcGIS environment. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 51(3), 453-468.
- Bekçi, R. N., Kuşak, L., 2022. Mekânsal çözünürlüğün güneşlenme potansiyeline etkisi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi* 4(1), 46-51.
- Bekçi, R. N., Zorlu, Ö., Menekşe, E., 2022. Regression analysis and use of artificial neural networks in housing valuation forecasting: case example of Güvenevler neighbourhood in Mersin. *Estate Development with Risk Analysis, Advanced GIS* 2(1), 24-32.
- Bentekhici, N., Bellal, SA., Zegrar, A., 2020. Contribution of remote sensing and GIS to mapping the fire risk of Mediterranean forest case of the forest massif of Tlemcen (North-West Algeria). *Natural Hazards* 104(1), 811-831.
- Bustillo Sánchez, M., Tonini, M., Mapelli, A., Fiorucci, P., 2021. Spatial assessment of wildfires susceptibility in SantaCruz (Bolivia) using random forest. *Geosciences* 11(5), 224.
- Chuvieco, E., 2009. *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems* (p. 257). Springer, Berlin / Heidelberg.
- Coruhlu, Y. E., Baser, V., Yıldız, O., 2021. Object-based geographical data model for determination of the cemetery sites using SWOT and AHP integration. *Survey Review* 53(377), 108-121.
- Coruhlu, Y. E., Uzun, B., Yıldız, O., 2020. Zoning plan-based legal confiscation without expropriation in Turkey in light of ECHR decisions. *Land use Policy* 95, 104598.
- Çakır, M., 2017. Toprak faunasının kurak ekosistemlerdeki görevleri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 67-78.
- Çelik, M. A., Gülersoy, A. E., 2018. Climate classification and drought analysis of Mersin. *Manisa Celal Bayar University Journal of Social Sciences* 16(1), 1-26.
- Çolak, E., Sunar, F., 2020. Evaluation of forest fire risk in the Mediterranean Turkish forests: A case study of Menderes region, Izmir. *International journal of disaster risk reduction*, 45, 101479.
- Çoruhlu, Y. E., Çelik, M. Ö., 2022. Protected area geographical management model from design to implementation for specially protected environment area. *Land Use Policy* 122, 106357.
- Das, J., Mahato, S., Joshi, P. K., Liou, Y. A., 2023. Forest fire susceptibility zonation in Eastern India using statistical and weighted modelling approaches. *Remote Sensing*, 15(5), 1340.
- Dilekçi, S., Marangoz, A. M., Ateşoğlu, A., 2021). Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri orman yangını risk alanlarının belirlenmesi. *Geomatik*, 6(1), 44-53.
- Doğan, Y., Yakar, M., 2018. GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences* 3(2), 50-55.
- Down to Earth, 2022. Down to Earth state of the world's forests <https://www.downtoearth.org.in/news/forests/state-of-the-world-s-forests-2022-10-of-total-forest-area-on-earth-lost-in-30-years-82658>.
- Duran, C., 2014. Mersin ilindeki orman yangınlarının başlangıç noktalarına göre mekânsal analizi (2001-2013). *Ormancılık Araştırma Dergisi* 1(1 A), 38-49.
- EFFIS, 2023a. European Forest Fire Information System. [effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/estimates](https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/estimates) (Erişildi 03.01.2023).
- EFFIS, 2023b. European Forest Fire Information System. <https://effis.jrc.ec.europa.eu/applications/data-and-services> (Erişildi 16.11.2023).
- Ercan, B., Özdilim, S., Avcı, M. G., 2023. Orman yangınlarına ilk müdahale ekiplerinin yerleşim planlaması: Aliğa-İzmir örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 96-103.
- ESA, 2023. Sentinel. [sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2](https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2) (Erişildi 03.01.2023).
- ESA. 2021. ESA. <http://www.esa.int/> (Erişildi 15.10.2021).
- 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.
- FAO. 2022a. EFFIS statistic estimates <https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/estimates> (Erişildi 29.12.2022).
- FAO, 2022b. The State of the World's Forests (SOFO) <https://www.fao.org/publications/sofo/2022/en/> (Erişildi 30.12.2022).
- Fidanboy, M., Adar, N., Okyay, S., 2022. Derin öğrenmeye dayalı orman yangını tahmin modeli geliştirilmesi ve Türkiye yangın risk haritasının oluşturulması. *Ormanlık Araştırma Dergisi* 9(2), 206-218.
- Garbolino, E., Sanseverino-Godfrin, V., Hinojos-Mendoza, G., 2017. Describing and predicting of the vegetation development of Corsicadue to expected climate change and its impact on forest fire risk evolution. *Safety Science* 88, 180-186.
- Ghorbanzadeh, O., Valizadeh Kamran, K., Blaschke, T., Aryal, J., Naboureh, A., Einali, J., Bian, J., 2019. Spatial prediction of wildfire susceptibility using field surveygpsdata and machine learning approaches. *Fire* 2(3).
- Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., Goodess, C. M., 2009. Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 C global warming. *Global and Planetary Change* 68(3), 209-224.
- Golkarian, A., S. A. Naghibi, B. Kalantar, Pradhan, B., 2018. Groundwater Potential Mapping Using C5.0, Random Forest, and Multivariate Adaptive Regression Spline Models in GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190,149.
- Gürsoy, M. İ., Orhan, O., Tekin, S., 2023. Creation of wildfire susceptibility maps in the Mediterranean Region (Turkey) using convolutional neural networks and multilayer perceptron techniques. *Forest Ecology and Management*, 538, 121006.
- Iban, M. C., Sekertekin, A., 2022. Machine learning based wildfire susceptibility mapping using remotely sensed fire data and GIS: A case study of Adana and Mersin provinces, Turkey. *Ecological Informatics* 69, 101647.
- Isaev, A. S., Korovin, G. N., Bartalev, S. A., Ershov, D. V., Janetos, A., Kasischke, E. S., Shugart, H. H., French B. E. O. Murphy, T. L., 2002. Using remote sensing to assess Russian forest fire carbon emissions. *Climatic Change*, 55, 235-249.
- İban, M. C., Şahin, E., 2022. Monitoring burn severity and air pollutants in wildfire events using remotesensing data: the case of Mersin wildfires in summer 2021. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 12(2), 487-497.
- Jin, R., Lee, K. S., 2022. Investigation of forest fire characteristics in north korea using remote sensing data and GIS. *Remote Sensing* 14(22), 5836.
- Kalantar, B., Ueda, N., Idrees, M. O., Janizadeh, S., Ahmadi, K., Shabani, F., 2020. Forest fire susceptibility prediction based on machine learning models with resampling algorithms on remote sensing data. *Remote Sensing*, 12(22), 3682.
- Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M., Kızılelma, Y., 2013. Coğrafi bilgi sistemleri kullanarak başkonuş dağında (Kahramanmaraş) orman yangını risk alanlarının belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(24), 171-179.
- Kimengsi, J. N., Owusu, R., Djenontin, I. N., Pretzsch, J., Giessen, L., Buchenrieder, G., Pouliot, M., Acosta, A. N., 2022. What do we (not) know on forest management institutions in sub-Saharan Africa A regional comparative review. *Land Use Policy* 114, 105931.
- Lapola, D. M., Pinho, P., Barlow, J., Aragão, L. E., Berenguer, E., Carmenta, R., Liddy, H. M., Walker, W. S., 2023. The drivers and impacts of Amazon Forest degradation. *Science*, 379(6630), eabp8622.
- Lavanya, B., Padmaja, B., 2014. A Novel approach for identification of forest fires using land surface temperature images. *IOSR Journal of Computer Engineering* 16(5), 78-83.
- Li, W., Guo, W. Y., Pasgaard, M., Niu, Z., Wang, L., Chen, F., Qin Y., Svenning, J. C., 2023. Human fingerprint on structural density of forests globally. *Nature Sustainability* 1-12.
- Lîbiete, Z., Jansons, Ā., Ruņis, D., Donis, J., 2023. Forest resources and sustainable management. In *Forest Microbiology* (pp. 3-31). Academic Press.
- Liu, S., Zheng, Y., Dalponte, M., Tong, X., 2020. A novel fire index-based burned area change detection approach using Landsat-8 OLI data. *European journal of remotesensing* 53(1), 104-112.
- Mersin Valiliği, 2022. Nüfus ve dağılım. <http://www.mersin.gov.tr/nufus-ve-dagilim>(Erişildi 15.11.2022)
- MGM, 2022a. Kuraklık analizi, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB> (Erişildi 27.12.2022).
- MGM, 2022b. İl ve ilçe veri değerlendirme. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A> (Erişildi 27.12.2022).
- Moayed, H., Mehrabi, M., Bui, D. T., Pradhan, B., Foong, L. K., 2020. Fuzzy-metaheuristicensembles for spatial assessment of forest fire susceptibility. *Journal of Environmental Management* 260, 109867.
- Mwaniki, M. W., Kuria, D. N., Boitt, M. K., Ngigi, T. G., 2017. Image enhancements of Landsat 8 (OLI) and SAR data for preliminary landslide identification and mapping applied to the central region of Kenya. *Geomorphology*, 282, 162-175.
- Naghibi, S. A., H. R. Pourghasemi, Dixon, B., 2016. GIS-based Groundwater Potential Mapping Using Boosted Regression Tree, Classification and Regression Tree, and Random Forest Machine Learning Models in Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188,44.
- Navarro, G., Caballero, I., Silva, G., Parra, P., Vázquez, Á., Caldeira, R., 2017. Evaluation of forest fire on Madeira Island using Sentinel-2A MSI imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 58, 97-106.
- Nguyen, Q. H., Nguyen, H. D., Le, D. T., Bui, Q. T., 2023. Fine-tuning LightGBM using an artificial ecosystem-based optimizer for forest fire analysis. *Forest Science*, 69(1), 73-82.
- OBM, 2022. Silifke Orman bilgileri <https://mersinobm.ogm.gov.tr/SilifkeOIM/Sayfalar/default.aspx> (Erişildi 08.12.2022).

- OGM, 2022. Orman Genel Müdürlüğü. Ormancılık ve Yangın İstatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> (Erişildi 17.08.2023).
- Oğuz, E., Oğuz, K., Öztürk, K., 2021. Determination of flood susceptibility areas of Düzce region. *Journal of Geomatics* 7(3), 220-234.
- Orhan, O., 2021. Land suitability determination for citrus cultivation using a GIS-based multi-criteria analysis in Mersin, Turkey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106433.
- Orhan, O., Yakar, M., Ekercin, S., 2020. An application on sinkhole susceptibility mapping by integrating remote sensing and geographic information systems. *Arabian Journal of Geosciences* 13, 886.
- Our World in Data, 2022. Our World in Data forest area. <https://ourworldindata.org/forest-area> (Erişildi 29.12.2022).
- Öztürk, D., 2022. Sentinel-2A MSI ve Landsat-9 OLI-2 görüntüleri kullanılarak farklı geçirimsiz yüzey indekslerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi: Samsun Örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 31(2), 401-423.
- Öztürk, T., Gürsoy, F., 2022. Küresel iklim değişikliğinin Arktik Okyanusu'na jeopolitik etkisi. *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 22(1), 117-31.
- Pourtaghi, Z. S., Pourghasemi, H. R., Aretano, R., Semeraro, T., 2016. Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques. *Ecological indicators*, 64, 72-84.
- Pourtaghi, Z. S., Pourghasemi, H. R., Rossi, M., 2015. Forest fire susceptibility mapping in the Minudasht forests, Golestan province, Iran. *Environmental Earth Sciences* 73(4), 1515-1533.
- Pouyan, S., Pourghasemi, H. R., Bordbar, M., Rahmanian, S., Clague, J. J., 2021. A multi-hazard map-based flooding, gully erosion, forest fires, and earthquakes in Iran. *Scientific Reports*, 11(1), 1-19.
- Rege, J.E.O., Ochieng, J.W., 2022. The state of capacities, enabling environment, applications and impacts of biotechnology in the forestry sector. *Agricultural Biotechnology in Sub-Saharan Africa*, 123-143.
- 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.
- Saglam, B., Bilgili, E., Dincdurmaz, B. D., Kadiogulları, A. İ., Küçük, Ö., 2008. Spatio-temporal analysis of forest fire risk and danger using LANDSAT imagery. *Sensors* 8(6), 3970-3987.
- Sari, F., 2021. Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Muğla, Turkey: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *Forest Ecology and Management* 480, 118644.
- Sargıncı, M., Beyazyüz, F., 2022. İklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkisi: İklim akılcı ormancılık bakış açısı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 142-149.
- Satir, O., Berberoglu, S., Donmez, C., 2016. Mapping regional forest fire probability using artificial neural network model in a Mediterranean forest ecosystem. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 7(5), 1645-1658.
- Seleem, T., Bafi, D., Karantzia, M., Parcharidis, I., 2022. Water quality monitoring using Landsat 8 and Sentinel-2 satellite data (2014–2020) in Timsah Lake, Ismailia, Suez Canal Region (Egypt). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50(12), 2411-2428.
- Shin, J. I., Seo, W. W., Kim, T., Park, J., Woo, C. S., 2019. Using UAV multispectral images for classification of forest burn severity—A case study of the 2019 Gangneung forest fire. *Forests* 10(11), 1025.
- Si, L., Shu, L., Wang, M., Zhao, F., Chen, F., Li, W., Li, W., 2022. Study on forest fire danger prediction in plateau mountainous forest area. *Natural Hazards Research*, 2(1), 25-32.
- Silva, I. D. B., Valle, M. E., Barros, L. C., Meyer, J. F. C., 2020. A wildfire warning system applied to the state of Acre in the Brazilian Amazon. *Applied Soft Computing* 89, 106075.
- Sivrikaya, F., Küçük, Ö., 2022. Modeling forest fire risk based on GIS-based analytical hierarchy process and statistical analysis in Mediterranean region. *Ecological Informatics* 68, 101537.
- The Global Economy, 2022. The Global Economy rankings forest area. [https://www.theglobaleconomy.com/rankings/forest\\_area/](https://www.theglobaleconomy.com/rankings/forest_area/) (Erişildi 29.12.2022).
- Tonbul, H., Kavzoglu, T., Kaya, S., 2016. Assessment of fire severity and post-fire regeneration based on topographical features using multitemporal Landsat imagery: A case study in Mersin, Turkey. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 763-769.
- USGS FIREMON, 2023. United States Geological Survey, Fire Effects Monitoring and Inventory Protocol. <https://www.frames.gov/firemon/home> Erişildi 17.08.2023.
- USGS, 2021. United States Geological Survey. 20201. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Erişildi 15.10.2021).
- USGS, 2023. United States Geological Survey <https://www.usgs.gov/landsat-missions> (Erişildi 1.03.2023).
- WB, 2023. The World Bank. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS?end=2020&start=1990&view=chart> (Erişildi 27.02.2023).
- Warren, M. A., Simis, S. G., Martinez-Vicente, V., Poser, K., Bresciani, M., Alikas, K., Spyarakos, E., Giardino, C., & Ansper, A., 2019. Assessment of atmospheric correction algorithms for the Sentinel-2A multispectral imager over coastal and inland waters. *Remote sensing of environment*, 225, 267-289.
- Weather Spark, 2021. Weather Spark hava tahmini <https://tr.weatherspark.com/h/d/98267/2021/7/28/28-Temmuz-2021-%C3%87ar%C5%9Famba-tarihinde-inMersin-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu#metar-04-50> (Erişildi 12.12.2022).
- Worldometer, 2022. Worldometers Turkey food agriculture <https://www.worldometers.info/food-agriculture/turkey-food-agriculture/> (Erişildi 01.12.2022).
- Yakubu, I., Mireku-Gyimah, D., & Duker, A. A. (2015). Review of methods for modelling forest fire risk and hazard. *African Journal of Environmental Science and Technology* 9(3), 155-165.
- Yılmaz, B., Demirel, M., & Balçık, F. (2022). Yanmış alanların Sentinel-2 msi ve Landsat-8 olı ile tespiti ve analizi: Çanakkale/Gelibolu orman yangını. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 76-86.