

Yanmış Orman Alanlarının Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırılması: Kozan Orman Yangını Örneği

Sevim Yasemin ÇİÇEKLİ*¹ ORCID 0000-0002-8140-1265

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 12.02.2024

Kabul tarihi: 27.06.2024

Atıf şekli/ How to cite: ÇİÇEKLİ, S.Y., (2024). Yanmış Orman Alanlarının Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırılması: Kozan Orman Yangını Örneği. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(2), 503-514.

Öz

Orman yangınları son yıllarda sık meydana gelen bir afet olup, yangınlar sebebiyle ormanlarda yaşayan canlıların yaşam alanları yok olmaktadır. Bitki örtüsünün örtünün yok olmasıyla erozyon, sel-taşkın ve hava kirliliği gibi doğal afetlerin sayısında ve hızında artma görülür. Gelişen uydu teknolojileri ile orman alanlarının gözlemlenmesinde uzaktan algılama tekniklerinin kullanımını mümkün olmuştur. Bu çalışmada 23 Ağustos 2020’de Adana’nın Kozan ilçesinde meydana gelen orman yangını sonrası değişen bitki örtüsü Sentinel-2B MSI uydu görüntüleri kullanılarak gözlemlenmiştir. 29 Temmuz 2020 ve 28 Ağustos 2020 tarihinde algılanmış Sentinel-2B MSI uydu görüntülerine Normalize Yanma Oranı (NBR) bant oranlama tekniği uygulanmış, Fark Normalize Yanma Oranı (dNBR) fark yöntemi kullanılarak yanan alanlar belirlenerek, doğruluk analizi yapılmıştır. Çalışma sonunda yanan ve zarar gören alan dNBR yöntemi ile 28,26 km² olarak hesaplanmış olup, yöntemin %96 oranında yüksek bir doğruluk sağladığı tespit edilmiştir. Sentinel-2B MSI görüntülerine Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) uygulanarak yangın sonrası bölgede yapılan ağaçlandırma çalışması 25 km² lik bir alanın bitki örtüsüne kavuştuğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Normalize yanma oranı, Fark normalize yanma oranı, Sentinel-2B, Orman yangını, Normalize fark bitki örtüsü indeksi

Investigation of Burned Forest Areas Using Remote Sensing Techniques: The Case of Kozan Forest Fire

Abstract

Forest fires are a frequent disaster in recent years, and the habitats of creatures living in forests are destroyed due to fires. With the loss of vegetation cover, there is an increase in the number and speed of natural disasters such as erosion, floods and air pollution. With developing satellite technologies, it has become possible to use remote sensing techniques in observing forest areas. In this study, changing vegetation after the forest fire that occurred in Kozan district of Adana on August 23, 2020 were observed using Sentinel-2B MSI satellite images. Normalized Burn Ratio (NBR) band ratio technique was applied to Sentinel-2B MSI satellite images detected on July 29, 2020 and August 28, 2020, burned areas were detected using the

*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Sevim Yasemin ÇİÇEKLİ, s.y.cicekli@gmail.com

Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) method, the accuracy analysis was performed. At the end of the study, the burned and damaged area was calculated as 28,26 km² using the dNBR method determined that the method provided a high accuracy of 96%. By *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) method to the Sentinel-2B MSI images, the afforestation work carried out in the post-fire region revealed an increase in vegetation cover of an area of 25 km².

Keywords: Normalized burn ratio, Differenced normalized burn ratio, Sentinel-2B, Forest fire, Normalized difference vegetation index

1. GİRİŞ

Orman yangınları, bitki örtüsünü tahrip olmasına, bu alandaki canlıların yaşam alanlarının zarar görmesine ve ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Orman yangınlarının gözlemlenmesi, oluşan tahribatın tespit edilmesi ve yanan alanlarda zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin analiz edilmesi ekolojik ve ekonomik açıdan önemlidir. Uydu teknolojilerine meydana gelen yenilikler ve gelişmeler ile orman alanlarının gözlemlenmesinde ve orman yangınlarının analizinde uzaktan algılama tekniklerinin kullanımını mümkün olmuştur.

Literatürde orman yangınlarının hasarlarını tespit etmek amacı ile uzaktan algılama teknikleri kullanarak yapılmış birçok çalışma vardır. Özdemir ve Demir, İzmir Karabağlar bölgesinde 2019 yılında çıkan orman yangını uydu görüntülerini kullanarak Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Normalize Yanma Oranı (NBR), Yanmış Alan İndeksi (BAI), Yalın Toprak İndeksi (BSI) teknikleri kullanarak analize etmiş ve %99 oranında doğrulukla Fark Normalize Bitki Örtüsü İndeksi (dNDVI) ve Fark Normalize Yanma Oranı (NBR) (dNBR) kullanarak yanan alanı hesaplamıştır [1]. Yılmaz ve arkadaşları, Çanakkale Gelibolu'da meydana gelen orman yangını Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntülerine BAI, Normalize Fark Nem İndeksi (NDMI), NBR ve NDVI teknikleri uygulamıştır. Her iki uydu tekniği için de en iyi sonucun Fark Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (dNDVI) yönteminin verdiği tespit edilmiştir [2]. Bright ve arkadaşları (2019) Landsat uydu görüntülerini kullanarak Kuzey Amerika'da yangın sonrası iyileşmeyi NBR yöntemi ile

gözlemlemiş ve yedi yıllık süreci incelemiştir [3]. Tsotgerel ve arkadaşları, Moğolistan'da meydana gelen orman yangınından sonra 2015-2018 Landsat-8 uydu görüntülerine NBR, NDVI uygulamış ve değişimi gözlemlemiştir [4]. Bıçakçı ve Yıldız, dNBR ve dNDVI yöntemi ile Belen orman yangınında hasar almış alanı tespit etmiştir [5]. Çavdaroglu, Muğla'da meydana gelen orman yangınına dNBR ve NDVI yöntemlerini kullanarak analiz etmiştir [6]. Yılmaz ve arkadaşları, Belen orman yangınında hasar gören alanı dNBR ve NDVI yöntemleri kullanarak analiz etmiştir [7]. Bant oranlama teknikleri yüksek doğruluk sağlayarak, daha hızlı ve ekonomik olarak sonuç vermektedir.

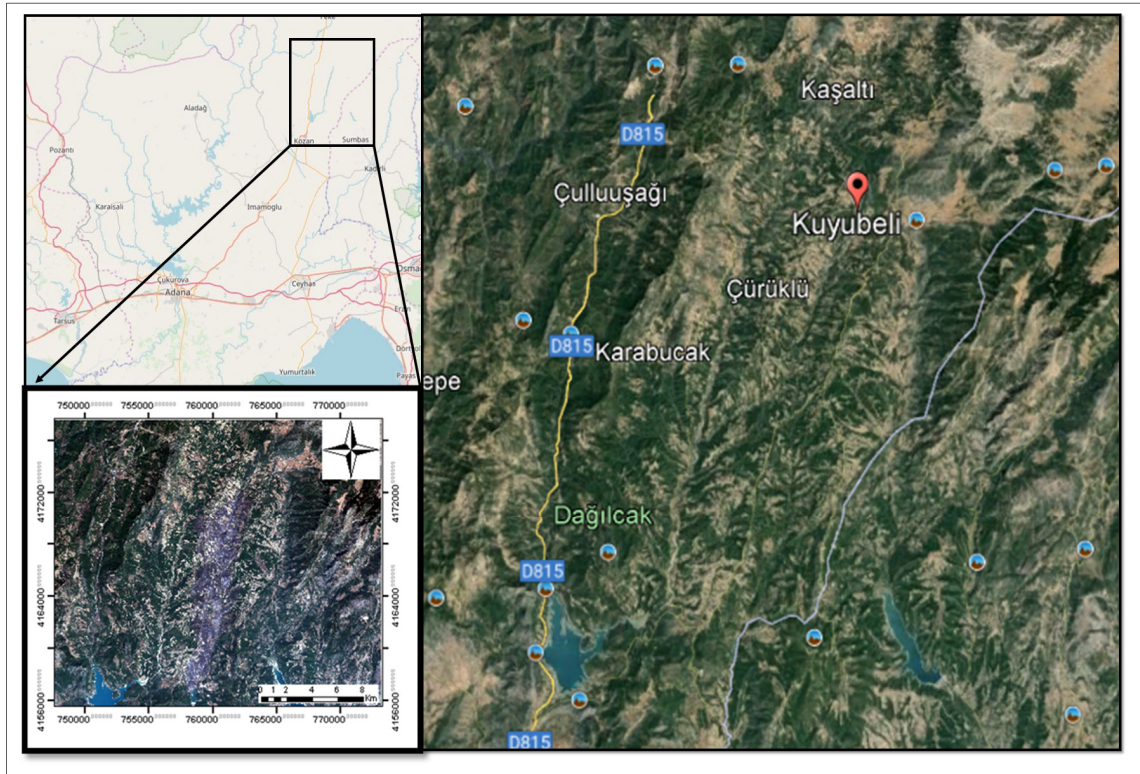
Adana'nın Kozan ilçesinde 23 Ağustos 2020'de bir orman yangını meydana gelmiş, çok geniş bir alana yayılmış, yerleşim yerleri boşaltılmış ve yangının kontrol altına alınması yaklaşık üç gün sürmüştür [8]. 2021 yılında bölgede yeniden bir ağaçlandırma çalışması başlamıştır [9]. Bu çalışmanın amacı, Adana'nın Kozan ilçesinde 23 Ağustos 2020'de meydana gelen ve çok büyük bir alana zarar veren orman yangını sonrası Sentinel-2B MSI uydu görüntüleri ile zarar gören alanın tespit edilmesi ve bölgede yangın sonrası ağaçlandırma çalışmaları yapıldığından iyileşme miktarının belirlenmesidir. 29 Temmuz 2020 ve 28 Ağustos 2020 tarihlerinde algılanmış Sentinel-2B uydu görüntülerine NBR ve dNBR indeksleri uygulanmış, yanan bölge ve yanma miktarları belirlenerek doğruluk analizi yapılmıştır. 29 Temmuz 2020, 28 Ağustos 2020 ve 24 Temmuz 2023 Sentinel-2B MSI görüntülerine NDVI uygulanarak yangın sonrası bölgede yapılan ağaçlandırma çalışması bitki örtüsünün artışı tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Adana'nın Kozan ilçesinde yer almaktadır. 23 Ağustos 2020'de Kozan ilçe merkezinin kuzey doğusunda yer alan Kuyubeli Köyü'nde başlayıp, güneye doğru yayılan ve üç gün

süren orman yangının sebep olduğu hasar araştırılmıştır. Yangından Kuyubeli, Çamlarca, Karahamzalı, Boztahta, Çürüklü, Eskimantaş köyleri de etkilenmiştir. Bu nedenle Kuyubeli, Çamlarca, Karahamzalı, Boztahta, Çürüklü, Eskimantaş köyleri çalışma alanında bulunmaktadır (Şekil 1)



Şekil 1. Çalışma alanı [10,11]

2.2. Veri Seti

Bu çalışmada 29 Temmuz 2020, 28 Ağustos 2020 ve 24 Temmuz 2023 tarihinde algılanmış Sentinel-2B uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri Avrupa Uzay Ajansı (ESA) web sayfasından temin edilmiştir [10]. 29 Temmuz 2020 tarihinde algılanmış Sentinel 2B görüntü 828 megabayt, 28 Ağustos 2020 tarihinde algılanmış

Sentinel 2B görüntü 821 megabayt ve 24 Temmuz 2023 tarihinde algılanmış Sentinel 2B görüntü 827 megabayt boyutundadır. Sentinel-2B, 7 Mart 2017'de fırlatılan bir Avrupa optik görüntüleme uydusudur. Avrupa Uzay Ajansı'nın Copernicus Programı kapsamında fırlatılan ikinci Sentinel-2 uydusudur. Sentinel-2B uydu görüntüleri Çizelge 1'de Sentinel-2B uydusunun bantlarına ait özellikleri yer almaktadır [10]. (Şekil 1)

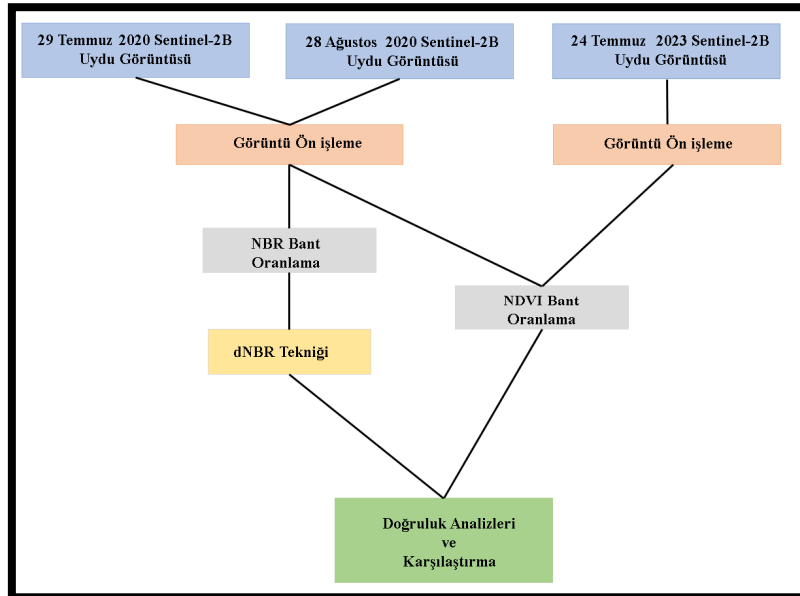
Çizelge 1. Sentinel-2B bantları ve özellikleri [10]

Sentinel-2B Uydu bantları	Özellikler	
	Dalga boyu (mikrometre)	Çözünürlük (m.)
Bant-1 Kıyı Aerosol	0,442	60
Bant-2 Mavi	0,492	10
Bant-3 Yeşil	0,559	10
Bant-4 Kırmızı	0,665	10
Bant-5 Bitki örtüsü kırmızı kenar	0,703	20
Bant-6 Bitki örtüsü kırmızı kenar	0,739	20
Bant-7 Bitki örtüsü kırmızı kenar	0,779	20
Bant-8 NIR (Yakın kızılötesi, Near-infrared)	0,833	10
Band-8A Bitki örtüsü kırmızı kenar	0,864	20
Band-9 Su buharı	0,943	60
Band-10 SWIR cirrus (Kısa dalga kızıl ötesi, Short wavelength infrared)	1,376	60
Band-11 SWIR (Kısa dalga kızıl ötesi, Short wavelength infrared)	1,610	20
Band-12 SWIR (Kısa dalga kızıl ötesi, Short wavelength infrared)	2,185	20

2.3. Metot

Sentinel-2B görüntüleri, ESA web sayfasından temin edilmiştir [10]. Kullanılan görüntüler, L1C serisi olduğundan ve atmosferik düzeltmeleri yapılmış halde sunulmuştur bu nedenle ön işleme aşamasında yalnızca görüntülerin kesilmiş ve NBR

uygulanırken kullanılan NIR bantı 10 m., SWIR bantı 20 m. çözünürlüklü olmasından dolayı, NBR için kullanılan bantlar 20 m.'ye yeniden örneklenmiştir (Şekil 2). Görüntülerin kesilmesi ve yeniden örnekleme işlemi ESA'ya ait SNAP yazılımında yapılmıştır. (Şekil 1)



Şekil 2. İş akış diyagramı

2.3.1. Normalize Yanma Oranı (NBR) ve Fark Normalize Yanma Oranı (dNBR)

Araştırma bölgesinde yer alan yanmış bölgeleri ve yanma şiddetini belirlemek için literatürde yaygın olarak dNBR indeksi kullanılmaktadır [12]. NBR, hesaplamada NIR ve SWIR₂ bantları kullanılır. Formülü Eşitlik 1’de yer almaktadır.

$$NBR = \frac{NIR - SWIR_2}{NIR + SWIR_2} \quad (1)$$

Sentinel 2B uydu görüntülerinde bant 8, NIR ve bant 12 SWIR₂ yi temsil eder (Çizelge 1). NBR hesaplanırken bant 8 ve bant 12 kullanılmıştır.

NBR değer aralığı -1 ila 1’dir. NBR değerinin -1 değerine yakın olması yanmış bitki örtüsü anlamına gelmektedir. dNBR ise meydana gelen yangını öncesi ve sonrası hesaplanan değerlerin farkı alınarak elde edilmektedir [12]. dNBR formülü Eşitlik 2’de yer almaktadır.

$$dNBR = NBR_{önce} - NBR_{sonra} \quad (2)$$

2.3.2. Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

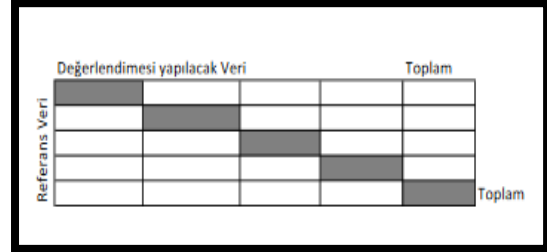
Bitki örtüsünü belirlemek için NDVI yöntemi sıklıkla kullanılır [13]. NIR ve kırmızı bantları kullanılarak Eşitlik 3’de yer alan ifade ile hesaplanmaktadır.

$$NDVI = \frac{NIR - KIRMIZI}{NIR + KIRMIZI} \quad (3)$$

Sentinel 2B uydu görüntülerinde bant 8, NIR ve bant 4 kırmızı bantı temsil eder (Çizelge 1). NDVI hesaplanırken bant 8 ve bant 4 kullanılmıştır.

2.3.3. Hata Matrisi

Çalışmada hataların tespit edilmesi için hata matrisleri kullanılmıştır. Hata matrisinde düşey sütun kullanılan kontrol noktalarını (referans veri), yatay sütun ise değerlendirmesi yapılacak veriyi temsil eder [14]. Hata matrisinin şematik gösterimi Şekil 3’te sunulmuştur.



Şekil 3. Hata matrisi şematik gösterimi

Matris üzerinde doğruluk sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısının (köşegen toplamı) referans piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle elde edilir [15].

Kappa değeri doğruluk analizi yapan bir yöntem olup, hata matrisinin köşegen elemanları, satır ve sütun değerleri toplamı ve toplam hücre sayısını kullanır [16]. Kappa formülü Eşitlik 4’te sunulmuştur.

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (4)$$

Kappa denkleminde “r” sınıf sayısını, “xii” Hata matrisinin köşegen elemanları, “x_{i+}” Satır toplamı, “x_{+i}” Sütun toplamı, “N” Hata matrisindeki toplam hücre sayısını temsil eder [16].

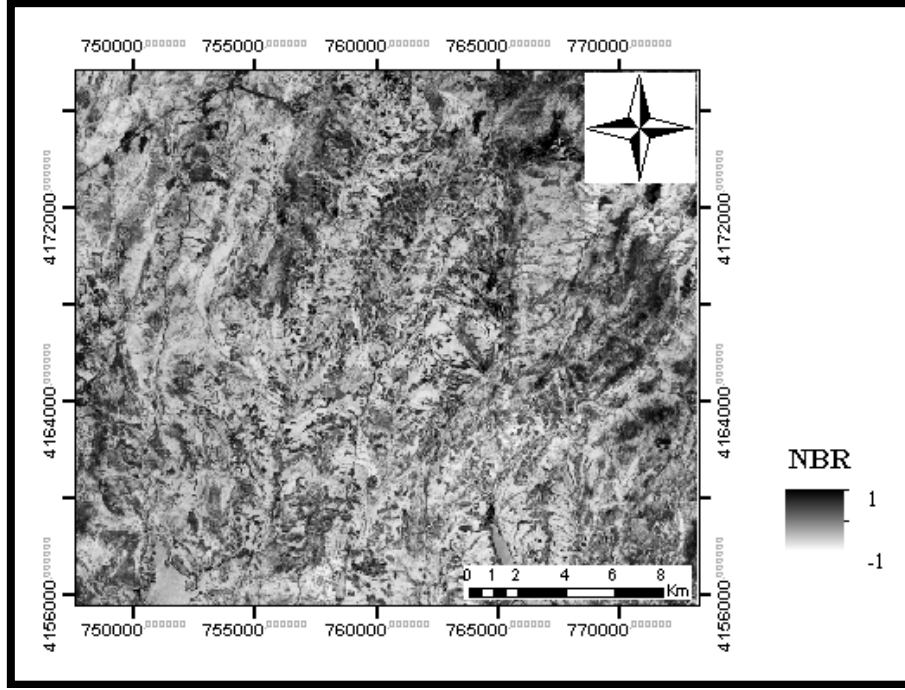
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular

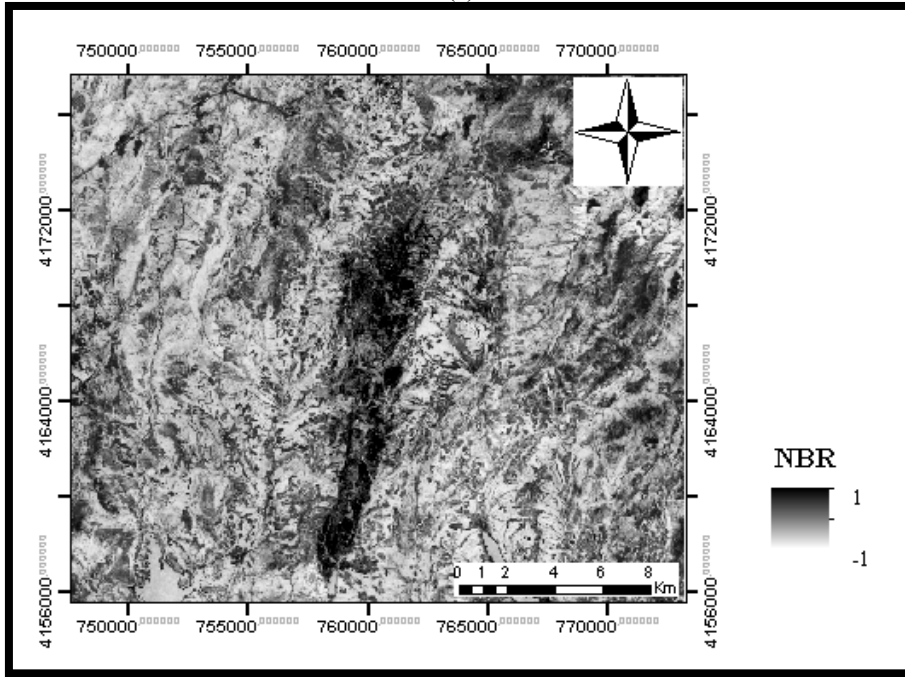
Görüntülere NBR, dNBR ve NDVI yöntemleri uygulanmış, hata matrisleri oluşturularak doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. NBR ve dNBR Yöntemleri ile Elde Edilen Bulgular

29 Temmuz 2020 ve 28 Ağustos 2020 tarihli görüntülere NBR bant oranlaması uygulanmıştır (Şekil 4). NBR yönteminden sonra, elde edilen NBR görüntüleri kullanılarak dNBR fark yöntemi uygulanmıştır (Şekil 5).

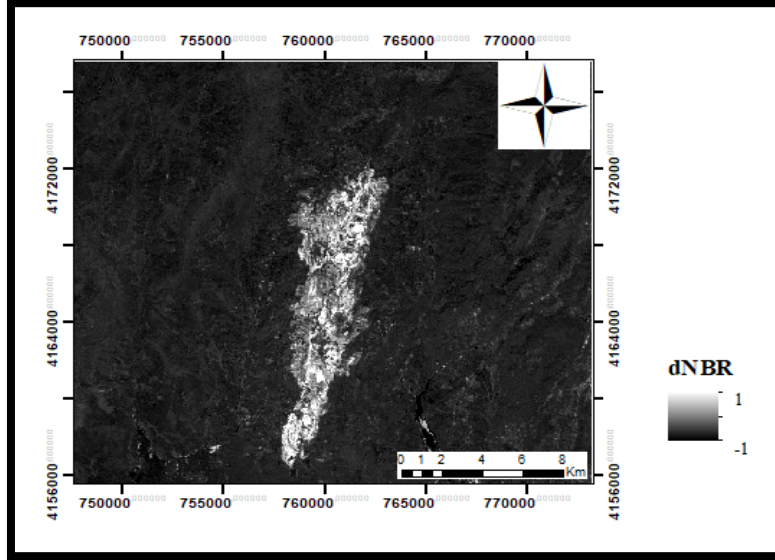


(a)



(b)

Şekil 4. (a) 29 temmuz 2020 NBR görüntüsü, (b) 28 Ağustos 2020 NBR görüntüsü



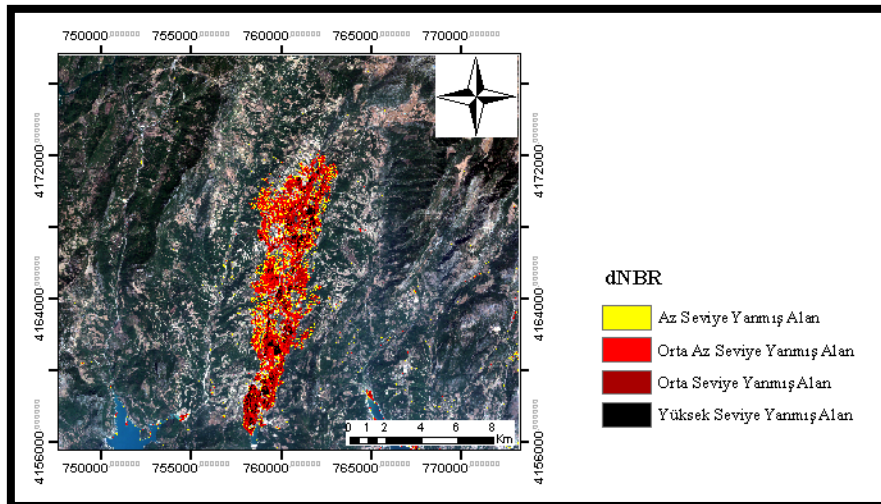
Şekil 5. dNBR görüntüsü

Yanma derecelerine göre sınıflama işleminde kullanılacak eşikleri belirlemek için, Avrupa Orman Yangınları Bilgi Sistemi (EFFIS) web sayfasından Sentinel-2 uyduları için alınan yanma derecelerine göre dNBR aralıkları Çizelge 2’de verilmiştir.

EFFIS’den temin edilen bilgiler ve histogram üzerinden geometrik aralıklar kullanılarak belirlenen yanma sınıfları oluşturulmuştur (Şekil 6).

Çizelge 2. Yanma derecelerine göre dNBR aralıkları [17]

Sınıf	dNBR aralığı
Yanmamış	< 0,1
Az	0,1 – 0,270
Orta-az seviye yanmış	0,270 – 0,440
Orta yüksek seviye yanmış	0,440 – 0,660
Çok Yüksek seviye yanmış	>=0,660



Şekil 2. dNBR görüntüsü

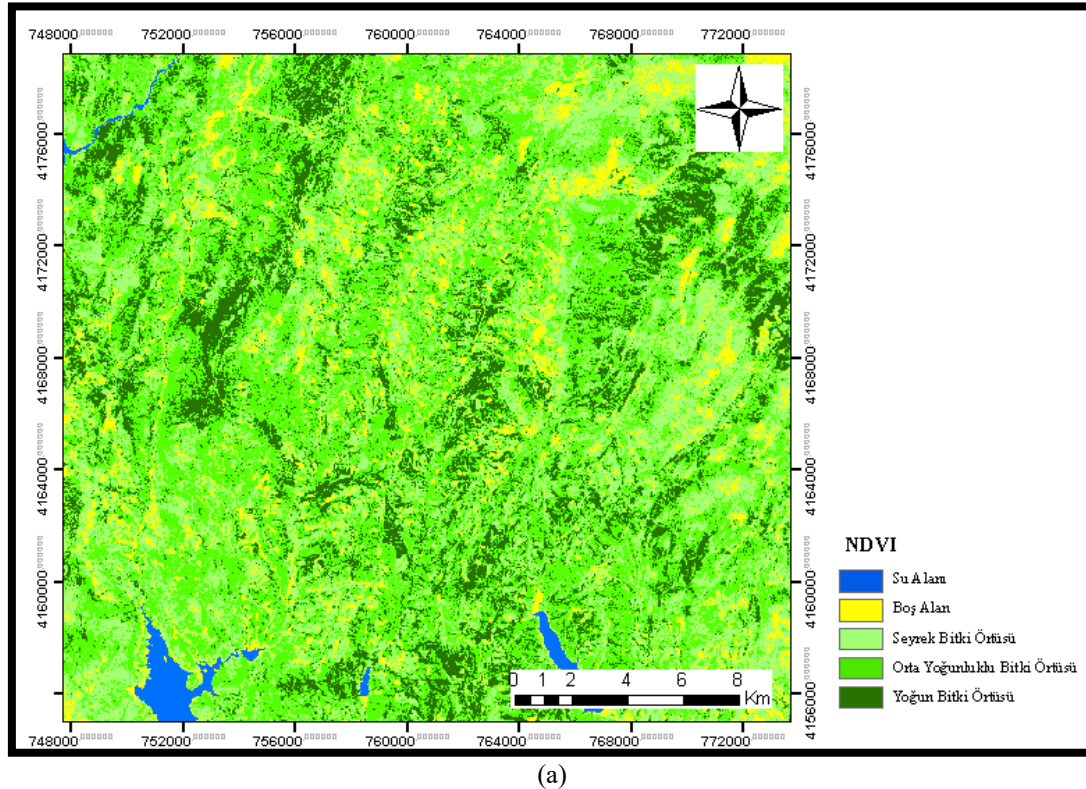
29 Temmuz 2020 ve 28 Ağustos 2020 NBR görüntüleri karşılaştırıldığında yanmış orman alanındaki NBR değerinin değiştiği ve 1 değerine yaklaştığı görülmektedir (Şekil 4). dNBR görüntülerinde yanan alanlar 0,1-1 aralığındadır. dNBR görüntüsünde orman yangınında zarar görmüş alanın, dNBR değerinin diğer alanlardan farklı olduğu ve 1 değerine yakın olduğu görülmektedir (Şekil 5, Şekil 6).

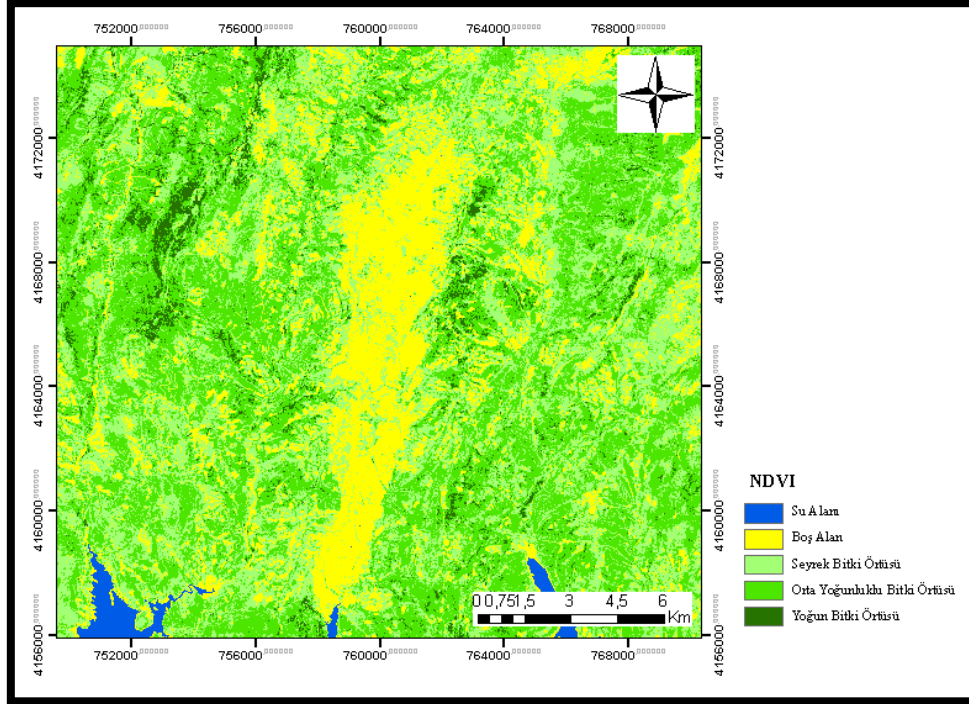
3.1.2. NDVI Yöntemi ile Elde Edilen Bulgular

29 Temmuz 2020, 28 Ağustos 2020 ve 24 Temmuz 2023 tarihli Sentinel görüntülerine NDVI uygulanmıştır. NDVI haritaları oluşturulurken kullanılan aralıklar Çizelge 3’de yer almaktadır. Literatürdeki çalışmalarda kullanılan değerler ve histogram üzerinden geometrik aralıklar kullanılarak sınıflar oluşturulmuştur (Şekil 7).

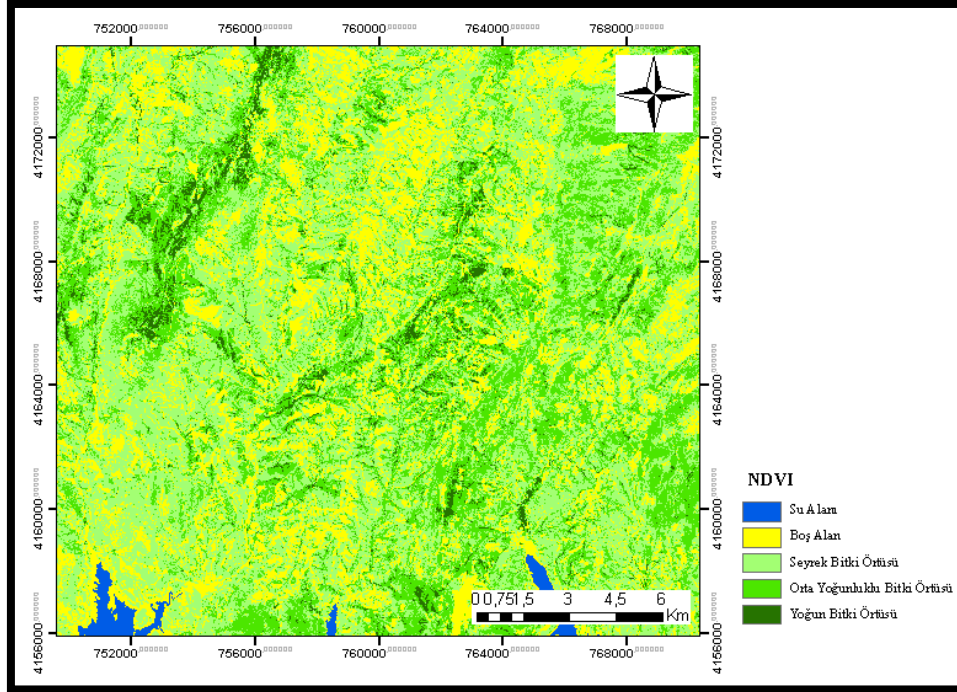
Çizelge 3. NDVI sınıfları aralıkları

Sınıf	NDVI aralığı	
Su alanı	<-0,046	[18], [19]
Boş alan	-0,046- 0,25	[19]
Seyrek bitki örtüsü	0,25- 0,35	[20], [19]
Orta yoğunluklu bitki örtüsü	0,35- 0,5	[20], [19]
Yoğun bitki örtüsü	0,5- 1	[20], [19]





(b)



(c)

Şekil 7. 29 Temmuz 2020 (a), 28 Ağustos 2020 (b) ve 24 Temmuz 2023 (c) NDVI haritaları

Bitki örtüsünün orman yangını sebebi ile aldığı hasardan dolayı, 28 Ağustos 2020 tarihli görüntüye ait NDVI haritasında, 29 Temmuz 2020 tarihli görüntüye ait NDVI haritasından farklı olarak yanmış alanının boş alan sınıfı olarak görülmektedir. Yapılan ağaçlandırma çalışması sonrasında 24 Temmuz 2023 tarihli görüntüye ait NDVI haritasında ise yanmış alanın bitki örtüsünde artış olduğu görülmektedir (Şekil 7).

3.1.3. Hesaplanan Yanma Sınıfları ve Doğruluk Analizi

Orman yangınında zarar gören alanlar hesaplanmıştır. Toplam 28,26 km² alan yanmış olup 2,35 km² (235 hektar) alan tamamen yanmıştır. Oluşturulan yanma sınıflarının piksel sayıları ve alanları Çizelge 4’de sunulmuştur.

Çizelge 4. Hesaplanan yanma sınıfları

Yanma sınıfı	Piksel	Alan (km ²)
Yüksek seviye yanmış alan	5879	2,35
Orta seviye yanmış alan	22977	9,19
Orta az seviye yanmış alan	29459	11,7
Az yanmış alan	12578	5,02

Çalışma alanı üzerinde rastgele seçilmiş ve NDVI sınıfı bilinen 100 adet kontrol noktası ile doğruluk analizi yapılmıştır. Hata matrisi oluşturulmuş ve NDVI yönteminin doğruluğu Çizelge 5’deki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 5. NDVI doğrulukları ve kappa değeri

Görüntü tarihi	Genel doğruluk	Kappa değeri
29 Temmuz 2020	%93	0,900
28 Ağustos 2020	%91	0,874
24 Temmuz 2023	%88	0,832

dNBR yönteminin doğruluğunu tespit etmek için çalışma alanı üzerinde dNBR sınıfı bilinen 100 adet kontrol noktası rastgele seçilerek, hata matrisi oluşturulmuş ve dNBR yönteminin doğruluğu %96 olarak, kappa değeri 0,81 olarak hesaplanmıştır.

3.2. Tartışma

Çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürdeki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyumludur. Özdemir ve Demir, yanan alanları Sentinel MSI verileriyle hesaplanan dNBR yöntemleri ile %99 doğrulukla [1], Yılmaz ve arkadaşları yanmış alanları Sentinel-2 görüntüleri için dNBR %89 doğrulukla [2] tespit etmiştir. Öncü ve Çorumluoğlu, Tınazlı İzmir bölgesinde orman yangını için yaptıkları çalışmada, yanmış alanları NBR yöntemi ile % 99,2, NDVI yöntemi ile %99,5 doğrulukla tespit etmiştir [21]. Yüksel, Mersin Gülnar’da yanmış orman alanını dNBR yöntemi ile %88,89 doğrulukla tespit etmiştir [22].

2020 yangını sonrasında oluşan hasar sonrası 2021 yılında başlayan ağaç dikme çalışmaları ile 25 km² alan bitki örtüsüne kavuşmuştur.

28 Ağustos 2020 ve 29 Temmuz 2020 NDVI haritaları incelendiğinde boş alan sınıfının değişiminin aynı görüntülere ait NBR haritaları ve dNBR haritasının yanmış alanları temsil eden sınıfları ile uyum sağladığı gözlemlenmektedir. 24 Temmuz 2023 NDVI ve 28 Ağustos 2020 NDVI haritaları karşılaştırıldığında ağaçlandırma çalışması sonrasında boş alan sınıfı azalmış olduğu ve dNBR haritasında yanmış alanları temsil eden bölgenin bitki örtüsündeki artış görülmektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar, uzaktan algılama tekniklerinin orman yangınlarının araştırılması ve zarar gören bitki örtüsünün takip edilmesi konusunda büyük bir öneme sahip olduğunu göstermekte olup, literatürdeki çalışmaların sonuçları ile uyum sağlamaktadır. Öncü ve Çorumluoğlu, uzaktan algılama tekniklerinin orman yangınlarının analiz edilmesi ve orman yangın bölgesindeki farklı noktalarda çıkan yangının neden olduğu toplam hasarın ve hasar yoğunluk seviyelerinin kısa sürede belirlenmesinde önemli bir araç olduğunu tespit etmiştir [21]. Yüksel, uydu görüntülerinin yanan alan tespit edilmesinde ve yanma şiddetlerinin hesaplanmasında kullanılabileceğini belirtmiştir [22].

4. SONUÇ

Orman yangınları, ekolojik ve çevresel açıdan büyük bir öneme sahip orman alanları için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Teknoloji, orman yangınları sonrası zarar gören alanları yüksek doğrulukla tespit edilmesi için uzaktan algılama tekniklerinin kullanımını yaygınlaştırmıştır ve bant oranlama teknikleri sıklıkla kullanılan bir yöntem olmuştur. Bu çalışmada 23 Ağustos 2020 tarihinde Adana ili Kozan ilçesinde meydana gelen orman yangını sonucunda yanan alanı tespit etmek, yangın haritalarını üretmek ve ağaçlandırma çalışması sonrası iyileşme miktarını hesaplamak için NBR, dNBR ve NDVI yöntemleri kullanılmıştır.

Meydana gelen yangından etkilenen orman alanı dNBR yöntemi ile 28,26 km² bulunmuştur. Hata matrisi oluşturulmuş ve %96 doğruluk tespit edilmiştir. Ayrıca 25 km² lik iyileşme NDVI yöntemi ile tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalardan elde edilen sonuçlarla uyum sağlamıştır.

Uydu teknolojilerinin kullanımı, orman yangınlarını hızlı bir şekilde tespit edilmesi, analiz etme ve yorumlamanın daha kolay olmasını sağlayacaktır. Sonuç olarak, uzaktan algılama teknikleri orman yangınlarının gözlemlenmesi ve analizinde büyük bir öneme sahiptir. Yanmış alanların tespit edilmesi, yanan orman alanlarının yeniden ağaçlandırılması çalışmaları için uzaktan algılama görüntüleri kolaylıkla kullanılabilir.

Daha ileri araştırmalarda yangını etkileyen sıcaklık ve rüzgar gibi ek parametrelerin de dahil edilebilir. Yanmış alanlarda ekolojik zararı tahmin etmek için çalışmaya yeni parametreler dahil edilebilir.

5. KAYNAKLAR

- Özdemir, F.B., Demir, N., 2022. 2019 İzmir Karabağlar İlçesi Orman Yangın Alanının Uydu Görüntüleri ile Analizi. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*, 3(1), 20-33.
- 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.

- Bright, B.C., Hudak, A.T., Kennedy, R.E., Braaten, J.D., Henareh K.A., 2019. Examining Post-Fire Vegetation Recovery with Landsat Time Series Analysis in Three Western North American Forest Types. *Fire Ecology*, 15(1), 1-14.
- Tsogtgerel, O., Cho, K., 2021. A Study on Evaluating Recovery from Forest Fire in Mongolia Using NDVI and NBR Derived from Landsat Oli Data. *The 42nd Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2021)*, 1-8.
- Bıçakçı, C., Yıldız, S.S., 2024. Google Earth Engine ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Şiddetinin Belirlenmesinde Farklı İndekslerin Karşılaştırılması: 2023 Hatay-Belen Yangını Örneği. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 708-719.
- Cavdaroglu G.C., 2021. Google Earth Engine Based Approach for Finding Fire Locations and Burned Areas in Muğla, Turkey. *American Journal of Remote Sensing*, 9(2), 72-77.
- Yılmaz, O.S., Oruç, M.S., Ateş, A.M., Gülgen, F., 2021. Orman Yangını Şiddetinin Google Earth Engine ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Analizi: Hatay-Belen Örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2), 1519-1532.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Adana İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2020. Kozan İlçesinde Orman Yangını Kontrol Altına Alındı Soğutma Çalışmaları Devam Ediyor, <https://adana.tarimorman.gov.tr/Haber/707/Kozan-Ilcesinde-Orman-Yangini-Kontrol-Altina-Alindi-Sogutma-Calismalari-Devam-Ediyor>., Erişim tarihi: 10 Ocak 2024.
- Adana Valiliği, 2021. Kozan Yangınında Yok Olan Orman Alanları Yeniden Ağaçlandırılıyor, <http://adana.gov.tr/ms-3453>. Erişim tarihi: 10 Ocak 2024.
- ESA, 2023. European Space Agency Data Hub.<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Erişim tarihi: 10 Ocak 2024.

11. Google LLC, 2024. Google Earth Engine (Computer software) <https://earthengine.google.com>. Erişim tarihi :6 Mayıs 2024.
12. Key, C.H., Benson, N.C., 2006. Landscape Assessment: Ground Measure of Severity, The Composite Burn Index, And Remote Sensing of Severity, The Normalized Burn Ratio, in: Lutes, D.C., Keane, R.E., Caratti, J.F., Key, C.H., Benson, N.C., Sutherland, S., Gangi, L.J. (Gtr.), FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System, 1-55, Washington DC.
13. Pettorelli, N., Ryan, S., Mueller, T., Bunnefeld, N., Jędrzejewska, B., Lima, M., Kausrud, K., 2011. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Unforeseen Successes in Animal Ecology. *Climate Research*, 46(1), 15-27.
14. Yener, H., Koç, A., Çoban, H.O., 2006. Uzaktan Algılama Verilerinde Sınıflandırma Doğruluğunun Belirlenmesi Yöntemleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 56/2.
15. Davarcı, M.A., 2011. 2006-2010 Yılları Arasında Seyhan ve Yüreğir İlçelerinde Uzaktan Algılama ile Ekili Ürün Değişimi Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 114.
16. Çetinkaya, B., Toz, G., 2007. Coğrafi Veri Seçim İşlemi Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Hata Matrisinin Kullanımı. *İtü Dergisi/D*, 6(5-6), 59-68.
17. European Forest Fire Information System (EFFIS), <https://effis.jrc.ec.europa.eu/about-effis/technical-background/fire-severity>. Erişim tarihi: 10 Ocak 2024.
18. Bisrat, E., Berhanu, B., 2018. Identification of Surface Water Storing Sites Using Topographic Wetness Index (TWI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Journal of Natural Resources and Development*, 8, 91-100.
19. Mehta, A., Shukla, S., Rakholia, S., 2021. Vegetation Change Analysis Using Normalized Difference Vegetation Index and Land Surface Temperature in Greater Gir Landscape. *J Sci Res*, 65(3), 1-6.
20. Hashim, H., Abd Latif, Z., Adnan, N.A., 2019. Urban Vegetation Classification with NDVI Threshold Value Method with Very High Resolution (VHR) Pleiades Imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 237-240.
21. Öncü, G., Çorumluoğlu, Ö., 2023. Assessment of Forest Fire Damage Severity By Remote Sensing Techniques. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 10(2), 151-158.
22. Yüksel, K., 2022. Yanan Orman Alanı Tespitinde Farklı Uzaktan Algılama İndislerinin Değerlendirilmesi: 2022 Yılı Mersin (Gülnar) Orman Yangını Örneği. *ArtGRID- Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 4(2), 160-171.