



TUFUAB -MERSİN 2021

<https://tufuab2021.mersin.edu.tr/>



Sentinel-2A Uydu Görüntüleri İle Farklı Makine Öğrenmesi Algoritmaları Ve Yangın İndeksleri Kullanılarak Yanmış Orman Alanların Tespiti: Marmaris Örneği

Onur Can Adam¹, Ömer Faruk Kılıç¹, Onur Can Bayrak^{*1}, Füsün Balık Şanlı¹

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Uzaktan Algılama,
Orman Yangını,
Sınıflandırma,
Makine Öğrenmesi

ÖZ

Ormanlar, yeryüzündeki yaşamın sürekliliğin sağlanması açısından önemli bir yere sahiptir. Oksijen dengesinin korunması, erozyonun önlenmesi, doğal hayata ev sahipliği yapması, vb. sebeplerden dolayı korunması gereken orman alanlarını tehdit eden en büyük unsur orman yangınlarıdır. Ormanlık alanların boyutları dikkate alındığında, ormanlık alanların izlenmesi için en uygun veri kaynağı uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilmiş uydu görüntüleridir. Çalışma kapsamında; 2021 yılının Ağustos ayında, Türkiye' nin Muğla iline bağlı olan Marmaris ilçesinde meydana gelen orman yangınlarından önceki ve sonraki Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak arazi sınıflandırılması ve yanmış alanların belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Yeşil alanların tespiti için Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), yanmış alanların belirlenmesi için Normalize Edilmiş Yanma Oranı (Normalized Burn Ratio, NBR), yangın şiddetini belirlemek için Normalize Edilmiş Yanma Oranı Farkı (Difference Normalized Burn Ratio, dNBR) indekslerinden faydalanılmıştır. Yangın sonrasında ait görüntüden toplanan su, orman, yanmış alan, yerleşim bölgesi, tarım arazisi ve boş arazi sınıflarına ait örneklemeler, Rasgele Orman (RO), Destek Vektör Makineleri (DVM) ve k-En Yakın Komşuluk (k-EYK) makine öğrenmesi algoritmalarıyla sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucunda, arazi sınıflarına ait genel doğruluk RO, DVM ve k-EYK sınıflandırıcıları için sırasıyla %93.88, %96.48 ve %94.36 oranlarında bulunmuş olup yanmış alanlar için %97.44, %97.56 ve %97.15 doğruluk elde edilmiştir.

Detection of Burned Forest Areas Using Fire Indexes from Sentinel-2A Satellite Images with Different Machine Learning Algorithms: A Case Study of Marmaris

Keywords

Remote sensing,
Wildfire,
Classification,
Machine Learning

ABSTRACT

Forests have a vital role in terms of ensuring the sustainability of life on earth due to maintaining oxygen balance, preventing erosion and hosting natural life. Wildfires are a significant threat to forest areas; hence, they need to be protected. Considering the size of forest areas, the most suitable data source for monitoring forest areas is satellite images obtained by remote sensing methods. In the scope of this study; the analysis of wildfires that occurred in the Marmaris district of Muğla province of Turkey was carried out using Sentinel-2 images, by machine learning-based classifiers (Random Forest (RF), Support Vector Machines (SVM), and k-Nearest Neighbour (k-NN)) for land-use classification and determination of burnt areas. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for detecting vegetation and forest areas, Normalized Burn Ratio (NBR) for identifying burned areas, Normalized Burn Ratio Difference (NBR) for determining fire severity) indices were generated to compare the classification results. As a result of the study, the overall accuracy of the land classes (Water, Forest, Burned Area, Residential Area, Farmland, and Wasteland) was found to be 93.88%, 96.48% and 94.36% for the RF, SVM and k-NN classifiers, respectively, and 97.44%, 97.56% and 97.15% accuracy were obtained for the burned areas.

* Sorumlu Yazar

(can.adam@std.yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-9297-5187
(faruk.kilic@std.yildiz.edu.tr) ORCID ID 000-0003-4466-7408
*(onurcb@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-5147-747X
(fbalik@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1243-8299

Kaynak Göster;

Adam O C, Kılıç Ö F, Bayrak O C & Şanlı F B (2022). Sentinel-2A Uydu Görüntüleri İle Farklı Makine Öğrenmesi Algoritmaları Ve Yangın İndeksleri Kullanılarak Yanmış Orman Alanların Tespiti: Marmaris Örneği. 11. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik Sempozyumu, 48-53, 12-14 Mayıs 2022, Mersin, Türkiye.

1. GİRİŞ

Orman yangınları; orman tahribatı, doğal yaşam alanlarının kaybı, sera gazı emisyonlarının artışı, toprak erozyonu, biyolojik çeşitliliğin yok olması, vb. sebeplerden dolayı günümüzde doğal hayatı en çok etkileyen felaketlerden biri olarak kabul edilmektedir (Şahin & Sipahioğlu, 2002; Lu vd., 2015). T.C. Orman Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Türkiye'de 2017-2020 yılları arasında toplam 8254 adet yangın meydana gelerek 37.947 hektar orman alanı yanmıştır (T.C. Orman Genel Müdürlüğü, 2021). 2021 yılının Temmuz ve Ağustos aylarında Türkiye'nin Akdeniz, Ege, Marmara, Batı Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde orman yangınları meydana gelerek ormanlar bu yangınlardan etkilenmiştir.

Uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak orman yangınlarının izlenmesi; yangın süresi ve yangın sonrasındaki yanmış alanların tespit edilerek meydana gelen hasarın belirlenmesi açısından büyük önem arz etmektedir (Sabuncu & Özener, 2019). Uzaktan algılama literatüründe, bitki örtüsü ve yangına yönelik geliştirilen Orta Kızılötesi Yangın İndeksi (MIRBI), Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti İndeksi (NBR - Normalized Burn Ratio), Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti Fark İndeksi (dNBR - Differential Normalized Burn Ratio), Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) indeksler ve sınıflandırma yöntemleri kullanılarak orman yangınlarına yönelik hasar tespitine dair çalışmalar mevcuttur.

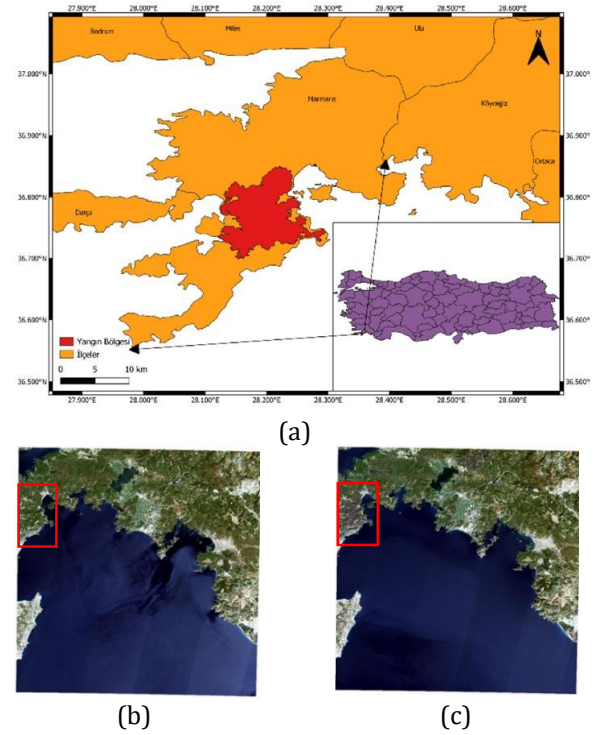
(Lu & He, 2014), Kanada'daki Grasslands Ulusal Parkı'nda 2013 yılında meydana gelen 53.1 km²'lik bir alandaki yangın sonucunda; Landsat 8 uydu görüntülerinden hesapladıkları MIRBI, NBR ve dNBR indekslerine göre 46.9 km²'lik bir alanın yandığını tespit etmiştir. (Sabuncu & Özener, 2019) tarafından yapılan çalışmada, T.C. Orman Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre 2009 yılında İzmir ili Seferihisar ilçesindeki ormanlık alanın yanmasıyla ortaya çıkan hasarın tespiti; Landsat-5 uydusundan elde edilen NBR, dNBR ve NDVI indekslerine uygulanan maksimum benzerlik sınıflandırma algoritması ile gerçekleştirilmiştir. (Pacheco vd., 2021), Portekiz'in Santarem ve Castelo Branco bölgelerinde Temmuz 2019'da meydana gelen orman yangınının haritalanması için makine öğrenmesi temelli sınıflandırma algoritmalarını; Landsat-8, Sentinel-2 ve Terra uydu verilerinde kullanarak 93.4 km²'lik bir alandaki orman yangınına %89 oranında Genel Doğruluk ile belirlemiştir. Bir diğer çalışmada (Polat & Kaya, 2021), Harran Üniversitesi Osmanbey kampüsündeki ağaçlandırma alanında meydana gelen orman yangınına, Sentinel 2 uydu görüntülerinden NDVI ve NBR indekslerini kullanarak 55 hektarlık yeşil alan kaybını belirlemiştir.

Orman yangınlarında doğal alanların yanısıra yerleşim bölgeleri, ulaşım yolları, tarım arazileri ve boş araziler de etkilenmektedir. Yangın alanlarının büyüklüğü de dikkate alındığında, uzaktan algılama yöntemlerinin sadece yangın alanlarının belirlenmesinde değil, yangından etkilenebilecek bölgelerin otomatik belirlenmesinde de kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple; çalışma kapsamında; 2021 yılında Temmuz-Ağustos aylarında Türkiye'nin Muğla ili

Marmaris ilçesinde meydana gelen orman yangınlarındaki su, orman, yanan alan, yerleşim bölgesi, tarım arazisi ve boş arazilerin belirlenmesi için Sentinel-2A uydu görüntülerinden toplanan örneklem RF (Random Forest) (Breiman, 2001), SVM (Support Vector Machines) (Boser, vd., 1992) ve kNN (k-Nearest Neighbor) (Fix & Hodges, 1951) makine öğrenmesi sınıflandırıcılarında eğitim ve test işlemlerine tabi tutulmuştur. Kullanılan makine öğrenmesi sınıflandırıcılarının yangın bölgesindeki arazi sınıflarının belirlenmesindeki performansı incelenerek karşılaştırma yapılmıştır.

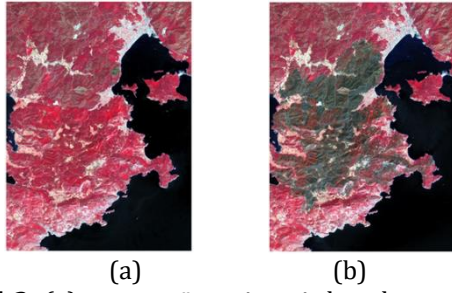
2. ÇALIŞMA ALANI ve VERİ SETİ

Gerçekleştirilen çalışmada, Şekil 1'de görülebileceği üzere; Sentinel-2A uydusuna ait 28 Temmuz 2021 tarihindeki yangın öncesindeki (T084602) ve 17 Ağustos 2021 tarihindeki (T085325) yangın sonrasındaki görüntüler kullanılmıştır (Şekil 1-b ve Şekil 1-c). Uydu görüntülerinin indirilebilmesi için Quantum-GIS programındaki "Semi Automatic Classification" eklentisi kullanılmıştır.



Şekil 1. (a): Çalışma bölgesi, (b) yangın öncesi ve (c): yangın sonrası uydu görüntüleri

İndirilen görüntüler, yangın bölgesine göre daha geniş bir çerçeveye sahip olduğundan dolayı Marmaris ilçesini kapsayacak şekilde kırpıldıktan sonra örneklem toplama aşamasında yeşil alanların daha kolay ayırt edilebilmesi için Sentinel-2A uydusuna ait renkli kızılötesi band kombinasyonu (B8-B4-B3) uygulanmıştır (Şekil 2-a ve Şekil 2-b).



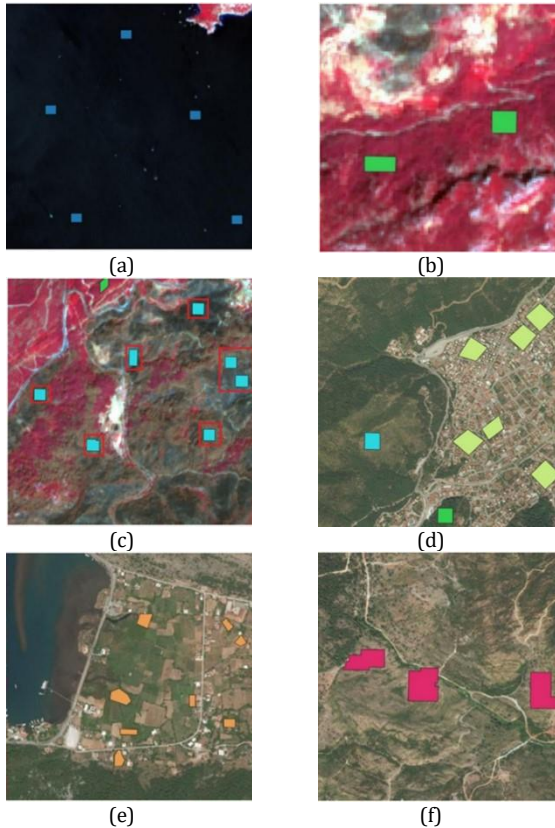
Şekil 2. (a): yangın öncesine ait kırpılmış görüntü, (b): yangın sonrasına ait kırpılmış görüntü

Makine öğrenmesi sınıflandırıcılarının eğitimi ve testi için su, orman, yanmış alan, yerleşim bölgesi, tarım arazisi ve boş arazi sınıfı olmak üzere toplam 6 sınıftan veri toplanmıştır. Toplanan verilerin örnek gösterimi Şekil 3’te gösterilmiştir. Toplanan örneklemere ait sınıf bilgileri, örneklem ve piksel sayıları Tablo-1’de verilmiştir.

Tablo 1. Toplanan örneklemere ait bilgiler

Sınıf	Örneklem Sayısı	Piksel Sayısı
Su	60	6,585
Orman	60	1,350
Yanmış Alan	60	12,290
Yerleşim Bölgesi	45	3,000
Tarım Arazisi	41	1,635
Boş Arazi	50	5,790
Toplam	316	30,650

Elde edilen örneklemelerin %80’i makine öğrenmesi sınıflandırıcılarının eğitimi, %20’ si ise testi için ayrılmıştır.



Şekil 3. (a): Su, (b): orman, (c): yanmış alan, (d): yerleşim bölgesi, (e): tarım arazisi ve (f): boş arazi sınıflarından toplanan örneklemeler

3. METODOLOJİ

Çalışmada, toplanan örneklemelerin sınıflandırılması için QGIS programındaki Orfeo Toolbox eklentisi kullanılarak RF, SVM ve kNN sınıflandırıcılarına dair eğitim ve test işlemleri yapılmıştır.

3.1. RF Sınıflandırıcısı

RF (Rasgele Orman) sınıflandırıcısı, sınıflandırmada yüksek performans sergilediği için sıklıkla tercih edilmektedir. Hem hızlı hem de yüksek doğruluk sağlaması yönünden toplu öğrenmede sıklıkla kullanılan iki yöntem olarak bilinen hızlandırma ve torbalama yöntemlerine göre avantaj sağlamaktadır. Rastgele orman, ağaç tipi sınıflandırıcılar topluluğudur. Torbalama yönteminin gelişmiş bir şekli olarak kabul edilebilir. Rastgele Orman algoritmasında kullanıcıdan ağaç sayısı (N) ve ağaç yapısının oluşturulması için her düğümde kullanılacak değişken sayısı m’nin tanımlanması beklenmektedir (Breiman, 2001). Her ağaç için bootstrap tekniği kullanılarak önyüklemeli örneklem oluşturularak her bir örneklem için ağaç gelişimi başlar. CART (Classification and Regression Tree) algoritması kullanılarak her düğümde m rasgele değişken için en iyi dallanma belirlenmektedir.

3.2. SVM Sınıflandırıcısı

SVM (Destek vektör makineleri algoritması); sınıflandırma, regresyon analizi ve uyuşumsuz değerlerin tespiti için kullanılabilen bir makine öğrenmesi temelli sınıflandırma algoritmasıdır. SVM sınıflandırıcısı, doğrusal ve doğrusal olmayan verileri de sınıflandırabilmektedir. Doğrusal veriler için gerçekleştirilen sınıflandırmada algoritmanın çalışma prensibi, iki sınıfı birbirinden ayırabilen en uygun karar fonksiyonunun tahmin edilmesi, yani iki sınıfı birbirinden en uygun şekilde ayırabilen hiper-düzlemin tanımlanması esasına dayanmaktadır (Boser, vd., 1992)

3.3. kNN Sınıflandırıcısı

kNN (k-En Yakın Komşuluk); sınıflandırma ve regresyon analizi için kullanılabilen bir kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Sınıfı bilinmeyen veri, eğitim setindeki diğer veriler ile karşılaştırılıp ve mesafe ölçümü yapılmasına dayanmaktadır. Hesaplanan uzaklığa göre henüz bir sınıfa atanmamış veriye en uygun sınıf ataması gerçekleştirilir (Fix & Hodges, 1951).

3.4. Yangın İndeksleri

Çalışma kapsamında Bitki alanlarının kontrolü için NDVI, makine öğrenmesi yöntemlerinin yanmış alanların tespitindeki performansının belirlenmesi için ise referans veri olarak NBR indeksinden elde edilen görüntüler kullanılmıştır. İndeks işlemleri Quantum-GIS programındaki “Semi-Automatic Classification” eklentisi yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

NDVI; [-1, 1] aralığında tanımlı olan ve bitki örtüsü hakkında bilgi veren bir spektral indekstir. 0’ dan küçük değerler çöl, boş arazi, bulut, buz veya su kütlesi gibi bitki

örtüsünün bulunmadığı yerleri göstermektedir. 0' dan büyük olan değerler ise bölgede bitki örtüsü varlığını ifade etmektedir. NDVI hesabı NIR (yakın kızılötesi) bandı ve Red (kırmızı) band farklarının, bu bandların toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir (Eşitlik 1).

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

Yanmış alanları belirlemek için kullanılan NBR indeksi, yanma şiddetini belirli bir skalaya koyarak ölçeklendirmek için kullanılan bir spectral indeks çeşididir. NBR, NIR (yakın kızılötesi) bandı ile SWIR (kısa dalga kızılötesi) bandının farkının, toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir (Eşitlik 2)

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

dNBR ise yangın şiddetini haritalamak için kullanılan spectral indeks çeşidi olmakla birlikte; NBR indeksi uygulanmış yangın öncesi y_0 ve yangın sonrası y_s görüntülerinin farkları alınarak elde edilmektedir (Eşitlik 3).

$$\Delta NBR = NBR_{y_0} - NBR_{y_s} \quad (3)$$

3.5. Doğruluk Değerlendirmesi

Çalışmada kullanılan makine öğrenmesi temelli sınıflandırma algoritmalarının toplanan örneklemdeki test verilerine ve hesaplanan indekslerine göre (i) genel doğruluk, (ii) kullanıcı ve (iii) üretici doğruluğu ile (iv) Kappa değeri hesaplanarak bulunmuştur.

(i) Genel doğruluk, doğru sınıfa atanan piksellerin toplam piksel sayısına bölünmesi ile,

(ii) Kullanıcı doğruluğu; doğru sınıfa atanan piksel sayısının o sınıfa atan piksellerin toplamına bölünmesi ile,

(iii) Üretici doğruluğu ise doğru sınıflandırılmış piksel sayısının o sınıfa atanan referans piksel sayısına bölünmesiyle,

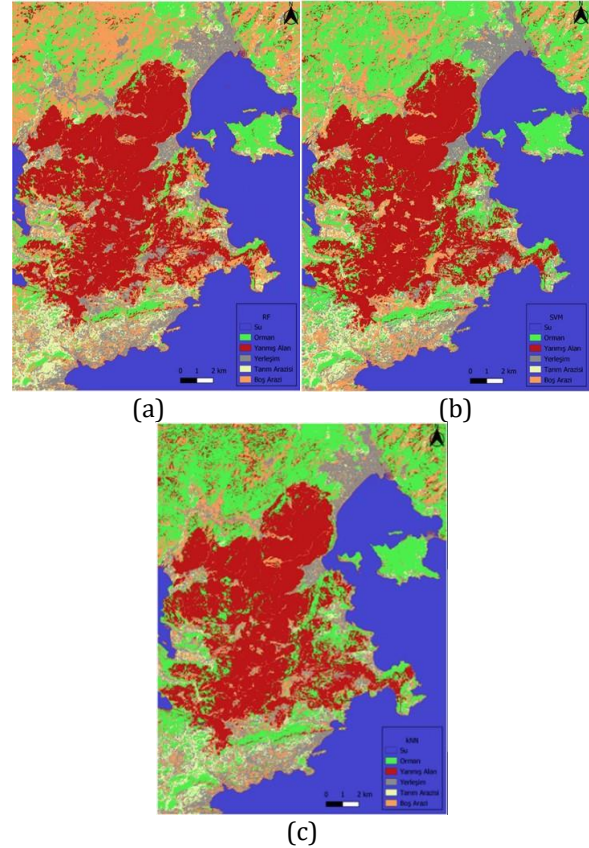
(iv) Kappa değeri k ise hata matrisinin satır ve sütun toplamlarının doğru sınıfa atanan değerler ve toplam referans piksellerinin sayısı kullanılarak hesaplanmaktadır (Eşitlik 5).

$$\hat{k} = \frac{N * \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (5)$$

N toplam referans piksel sayısını, r sınıf sayısını, x_{ii} doğru sınıfa atanan piksel sayısını, x_{i+} ve x_{+i} sırasıyla i . satır ve sütun toplamını göstermektedir.

4. BULGULAR

Toplanan veri setindeki 6 sınıfa ait 316 örneklem, her sınıfta homojen olacak şekilde %80 eğitim, %20 test olmak üzere 2 parçaya ayrılmıştır. Makine öğrenmesi algoritmalarından elde edilen hata matrisi sonuçları, kullanıcı ve üretici doğrulukları ve doğruluk karşılaştırma sonuçları sırasıyla Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4' te; RF, SVM ve kNN sınıflandırıcılardan elde edilen görsel sonuçlar ise Şekil-4' te verilmiştir.



Şekil 4. (a): RF sınıflandırıcısı, (b): SVM sınıflandırıcısı, (c): kNN sınıflandırıcısına ait sonuç görüntüleri ve (d): Yangın öncesi NDVI görüntüsü, (e): Yangın öncesi NBR görüntüsü, (f): Yangın sonrası NBR görüntüsü ve (g): dNBR görüntüsü

Tablo 2. Hata matrisi sonuçları

RF Sınıflandırıcısından Elde Edilen Piksel Bazında Hata Matrisi							
	Su	Orman	Yanan Alan	Yerleşim Bölgesi	Tarım Arazisi	Boş Arazi	Toplam
Su	1,317	0	0	0	0	0	1317
Orman	0	154	0	0	5	0	154
Yanan Alan	0	7	2,323	39	0	15	2496
Yerleşim	0	0	0	504	5	613	1122
Tarım Arazisi	0	109	0	3	314	0	399
Boş Arazi	0	0	135	54	8	530	727
Toplam	1,317	270	2,458	600	327	1,158	6130
SVM Sınıflandırıcısından Elde Edilen Piksel Bazında Hata Matrisi							
	Su	Orman	Yanan Alan	Yerleşim	Tarım Arazisi	Boş Arazi	Toplam
Su	1,317	0	0	0	0	0	1317
Orman	0	185	0	0	5	0	190
Yanan Alan	0	0	2,435	39	0	22	2496
Yerleşim	0	0	0	548	9	20	577
Tarım Arazisi	0	85	0	1	313	0	399
Boş Arazi	0	0	23	12	0	1,116	1151
Toplam	1,317	270	2,458	600	327	1,158	6130
kNN Sınıflandırıcısından Elde Edilen Piksel Bazında Hata Matrisi							
	Su	Orman	Yanan Alan	Yerleşim	Tarım Arazisi	Boş Arazi	Toplam
Su	1,317	0	0	0	0	0	1,317
Orman	0	186	0	0	17	0	203
Yanan Alan	0	0	2,457	40	0	32	2,529
Yerleşim	0	0	0	455	7	60	522
Tarım Arazisi	0	84	0	3	303	0	390
Boş Arazi	0	0	1	102	0	1,066	1,169
Toplam	1,317	270	2,458	600	327	1,158	6,130

Tablo 2' deki sonuçlardan elde edilip Tablo 3' te hesaplanan bilgilere göre;

RF sınıflandırıcısından su, orman, yanmış alan, yerleşim bölgesi, tarım arazisi ve boş arazi sınıfları için sırasıyla; %100, %100, %97.44, %44.92, %73.81, %72.90 kullanıcı doğruluğu ve %100, %57.04, %94.51, %84.00, %96.02, %45.77 üretici doğruluğu elde edilmiştir. SVC sınıflandırıcısının sonuçlarına göre; su, orman, yanmış alan, yerleşim bölgesi, tarım arazisi ve boş arazi sınıflarından sırasıyla; %100, %97.37, %97.56, %94.97, %78.45, %96.96 kullanıcı doğruluğu ve %100, %68.52, %99.06, %91.33, %95.72, %96.37 üretici doğruluğu gözlemlenmiştir. kNN sınıflandırıcısının sonuçlarına göre; su, orman, yanmış alan, yerleşim bölgesi, tarım arazisi ve boş arazi sınıflarından sırasıyla; %100, %91.63, %97.15, %87.16, %77.69, %91.19 kullanıcı doğruluğu ve %100, %68.89, %99.96, %75.83, %92.66, %92.05 üretici doğruluğu gözlemlenmiştir. Tablo 4' ten görülebileceği üzere; RF, SVM ve kNN sınıflandırıcılarından elde edilen genel doğruluk, kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu ve tespit edilen yanmış alan değerleri sırasıyla; %93.88, %96.48 ve %94.36 genel doğruluk, %97.44, %97.56 ve %97.15 kullanıcı doğruluğu, %94.51, %99.06 ve %99.96 üretici doğruluğu bulunmasıyla birlikte 8,923.62 ha, 9,232.45 ha ve 9,128.67 ha' lık yanmış alan tespiti gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Kullanıcı ve üretici doğrulukları

RF Sınıflandırıcısından Elde Edilen Kullanıcı ve Üretici Doğrulukları		
	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu
Su	100.00	100.00
Orman	100.00	57.04
Yanmış Alan	97.44	94.51
Yerleşim Bölgesi	44.92	84.00
Tarım Arazisi	73.81	96.02
Boş Arazi	72.90	45.77
SVM Sınıflandırıcısından Elde Edilen Kullanıcı ve Üretici Doğrulukları		
	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu
Su	100.00	100.00
Orman	97.37	68.52
Yanmış Alan	97.56	99.06
Yerleşim Bölgesi	94.97	91.33
Tarım Arazisi	78.45	95.72
Boş Arazi	96.96	96.37
kNN Sınıflandırıcısından Elde Edilen Kullanıcı ve Üretici Doğrulukları		
	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu
Su	100.00	100.00
Orman	91.63	68.89
Yanmış Alan	97.15	99.96
Yerleşim Bölgesi	87.16	75.83
Tarım Arazisi	77.69	92.66
Boş Arazi	91.19	92.05

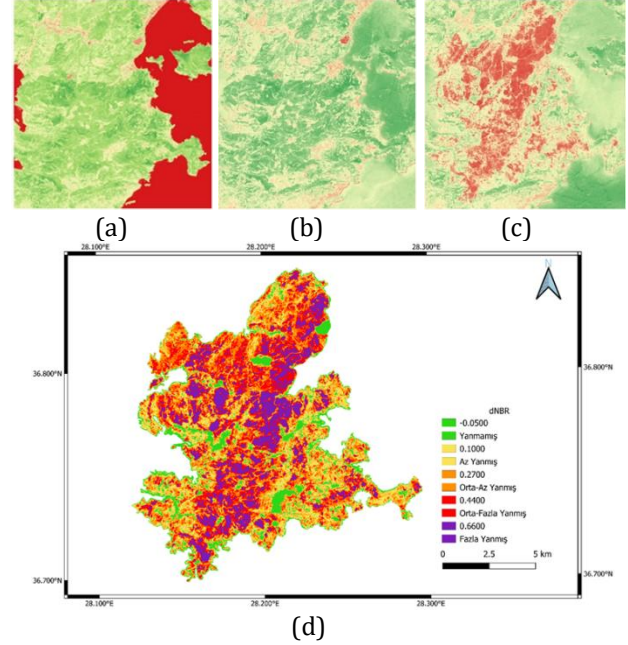
Su sınıfı, her 3 yöntemde de %100 doğrulukta tespit edilmiştir. Orman sınıfı 3 yöntemde de benzer sonuçlar vermiştir. Her 3 yöntemin tespit etmiş olduğu yanmış alan miktarları incelendiğinde, dNBR indeksine göre SVM' in %84, kNN' in %83, RF' in ise %81 doğrulukta sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Alan farkları incelendiğinde SVM' de 1,821.77 ha, kNN' de 1,925.55 ha, RF' de ise 2,130.6 ha' lık yanmış alan farkı gözlemlenmiştir.

SVM ve kNN yöntemlerinden elde edilen yerleşim bölgesindeki kullanıcı ve üretici doğrulukları sırasıyla %94.97 ile %91.33 ve %87.16 ile %75.83 oranında bulunmuştur.

Tarım arazisi sınıfına ait doğruluk değerleri her 3 yöntemde benzer skorlar üretmiştir.

Boş arazi sınıfına ait SVM ve kNN yöntemlerinden kullanıcı ve üretici doğruluğu için sırasıyla %96.96 ile %96.37 ve %91.19 ile %92.05 değerleri elde edilmiştir.

Şekil-5' te yangın öncesi ve yangın sonrasına ait NDVI ve NBR görüntüleri ile dNBR görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5. (a): Yangın öncesi NDVI görüntüsü, (b): Yangın öncesi NBR görüntüsü, (c): Yangın sonrası NBR görüntüsü ve (d): dNBR görüntüsü

Tablo 4. Makine öğrenmesi algoritmalarının doğruluklarının karşılaştırılması ve yangın öncesi ile yangın sonrası görüntülerden elde dNBR ve NDVI indekslerine göre yanmış alan miktarı SVM ve kNN yöntemlerinden elde edilen yerleşim bölgesindeki kullanıcı ve üretici doğrulukları sırasıyla %94.97 ile %91.33 ve %87.16 ile %75.83 oranında bulunmuştur. Tarım arazisi sınıfına ait doğruluk değerleri her 3 yöntemde benzer skorlar üretmiştir. Boş arazi sınıfına ait SVM ve kNN yöntemlerinden kullanıcı ve üretici doğruluğu için sırasıyla %96.96 ile %96.37 ve %91.19 ile %92.05 değerleri elde edilmiştir.

Tablo 4. Makine öğrenmesi algoritmalarının doğruluklarının karşılaştırılması ve yangın öncesi ile yangın sonrası görüntülerden elde dNBR ve NDVI indekslerine göre yanmış alan miktarı

Yöntem	Genel Doğruluk	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu	Yanmış Alan (ha)
RF	93,88	97,44	94,51	8,923.62
SVM	96,48	97,56	99,06	9,232.45
kNN	94,36	97,15	99,96	9,128.67
dNBR	-	-	-	11,054.22
NDVI	-	-	-	11,056.51

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Sunulan çalışmada, Temmuz-Ağustos 2021 tarih aralığında Muğla ilinin Marmaris ilçesindeki orman yangınları sonucundaki yanmış alanlar ve bölgedeki araziler, Sentinel-2A uydu görüntülerinden toplanan

örneklemeler vasıtasıyla makine öğrenmesi temelli yöntemlerle sınıflandırılmıştır. Yanmış alanların sınıflandırma doğruluğu, uzaktan algılamada kullanılan bitki ve yangın indeksleri ile karşılaştırılarak tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda SVM ve kNN sınıflandırıcılarının yangın bölgelerinde yanmış alan ve diğer arazi sınıflarının tespitinde kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

Makine öğrenmesi sınıflandırıcıları tarafından tespit edilen yanmış alan miktarının, referans veri olarak kullanılan dNBR ve NDVI' a göre 1,800-2,130 ha aralığındaki farklarından dolayı, görüntü ve örneklem sayılarının artırılmasıyla sonuçların iyileştirilebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma sayesinde; geliştirilecek makine öğrenmesi temelli bir sistemin, yangın uyarı, izleme ve yangın sonrası sistemlere implementasyonunun yapılarak dinamik bir sistem kurulması planlanmaktadır.

Yazarların Katkısı

Çalışmaya yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışmada herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Boser B E, Guyon I M & Vapnik V N (1992). A training algorithm for optimal margin classifiers. In *Proceedings of the fifth annual workshop on Computational learning theory* (pp. 144-152).
- Breiman L (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.

- Fix E & Hodges J L (1951). Nonparametric discrimination: consistency properties. *Randolph Field, Texas, Project*, 21-49.
- Lu B, He Y & Tong A (2015). Evaluation of spectral indices for estimating burn severity in semiarid grasslands. *International Journal of Wildland Fire*, 25(2), 147-157.
- Pacheco A D P, Junior J A D S, Ruiz-Armenteros A M & Henriques R F F (2021). Assessment of k-Nearest Neighbor and Random Forest classifiers for mapping forest fire areas in central Portugal using Landsat-8, Sentinel-2, and Terra Imagery. *Remote Sensing*, 13(7), 1345.
- Polat N & Kaya Y (2021). Çok Bantlı Uydu Görüntüleriyle Orman Yangınlarında Hasar Tespiti. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (1) , 172-181.
- 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.
- Şahin C & Sipahioğlu Ş (2002). *Doğal Afetler ve Türkiye*. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara.
- T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (2021). Ormancılık İstatistikleri, <https://www.ogm.gov.tr/tr/ekutuphane/resmiiistatistikler>



© Author(s) 2022.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>