

Uzaktan Algılama ve Veri Bilimi Teknikleriyle Orman Yangınları için Meteorolojik Etkilerin İzlenmesi

*Makale Bilgisi / Article Info

Alındı/Received: 23.05.2024

Kabul/Accepted: 12.09.2024

Yayımlandı/Published: xx.xx.xxxx

Monitoring Meteorological Impacts for Forest Fires with Remote Sensing and Data Science Techniques

Mustafa Mutlu UYSAL^{1*}, Murat UYSAL²

¹Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü, Balıkesir, Türkiye

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye



© Afyon Kocatepe Üniversitesi

© 2025 The Authors | Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 (CC BY-NC) International License

Öz

Bu çalışmada uzaktan algılama veri ve teknikleriyle çalışma alanına özgü meteorolojik veri seti oluşturulup Google Colab ortamında python kodları kullanılarak orman yangınları için meteorolojik etkilerin izlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Google Earth Engine Kataloğundan çalışma alanına ait Terra Climate görüntüleri aylık zamansal çözünürlükte indirilerek Arcmap yazılımı ile ön işleme yapılmıştır. Çalışma alanında gerçekleşmiş orman yangını koordinatları ile yangın var/yok noktası oluşturulmuştur. Bu noktalar bulunduğu pikseller için değer çıkarımı yapılarak Evapotranspirasyon, Rüzgâr hızı, Toprak nemi, Yağış, Maksimum sıcaklık, Minimum sıcaklık ve Potansiyel güneş radyasyonundan oluşan 2050*8 satır*sütundan oluşan veri seti hazırlanmıştır. Google Colab ortamında veri analizleri yapılarak Orman yangınları ile korelasyonları Evapotranspirasyon -0,57, Rüzgâr hızı 0,20, Nem -0,13, Yağış -0,67, Maksimum sıcaklık 0,29, Minimum sıcaklık 0,24 ve Potansiyel güneş radyasyonu 0,13 olarak tespit edilmiştir.

Abstract

In this study, it was aimed to create a meteorological data set specific to the study area with remote sensing data and techniques and to monitor the meteorological effects of forest fires by using Python codes in the Google Colab environment. In this context, TerraClimate images of the study area were downloaded monthly from the Google Earth Engine Catalog and pre-processed with Arcmap software. A fire/no fire point was created with the coordinates of the forest fire that occurred in the study area. By extracting values for the pixels where these points are located, a data set consisting of 2050 * 8 rows * columns consisting of Evapotranspiration, Wind speed, Humidity, Precipitation, Maximum temperature, Minimum temperature and Potential solar radiation was prepared. Data analysis was made in the Google Colab environment and correlations with forest fires were calculated and they were found -0.57 for Evapotranspiration, 0.20 for Wind speed, -0.13 for Humidity, -0.67 for Precipitation, 0.29 for Maximum temperature, 0.24 for Minimum temperature and 0.13 for Potential solar radiation.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama; Veri Bilimi; Orman Yangını; İklim; Korelasyon

Keywords: Remote sensing; Data Science; Forest Fire; Climate data; Correlation

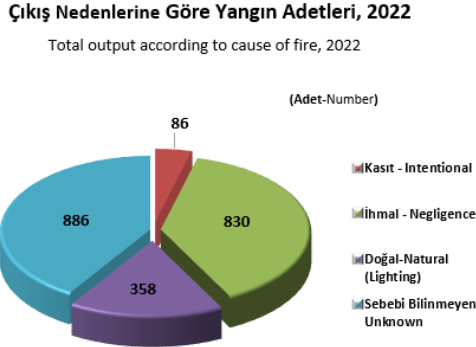
1. Giriş

Ormanlar karasal ekosistemde canlıların yaşamsal unsurlarından olup toprak, su ve iklim gibi doğal faktörlerin bütünlüğünü ve sürdürülebilirliğini sağlarlar. Orman yangınları sosyal ve ekonomik etkilerin yanı sıra ekosistemin bozulmasına sebep olan afetlerdendir. Dünyada iklim değişimi etkileri artmakta olup iklim krizinin orman yangınlarında da artışa sebep olacağı öngörülmektedir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli 6. Raporunun Sentez Raporunda mevcut durum hakkında 21. yüzyılın ilk yirmi yılında (2001-2020) küresel yüzey sıcaklığının 1850-1900'den 0,99 [0,84 ila 1,10] °C daha yüksek olduğu belirtilmiştir (URL-1). Yüksek hava sıcaklıkları, düşük bağıl nem ile kuru ve şiddetli rüzgârların bulunduğu dönemlerde oluşan yangınlar şiddetli olmaktadır. Genel olarak, sıcaklığın çok yüksek, bağıl

nemin ise %10'un altına düştüğü durumlarda potansiyel yangın tehlikesi çok yüksek olarak değerlendirilir. Akdeniz iklim kuşağında bulunan ülkemizin de ege ve Akdeniz bölgeleri orman yangınları riski en yüksek alanlar olup iklim değişikliği etkileriyle afet risklerinde de artış beklenmektedir (Küçük & Sağlam, 2004; Kavzoğlu, 2021.) Ülkemizde yangınlar çıkış nedenlerine göre Kasıt, İhmal, Doğal ve Sebepi Bilinmeyen yangınlar üst başlığında sınıflandırılmıştır. Şekil 1' de görüldüğü gibi 2022 yılında ülkemiz genelinde oluşan yangınların %41'nin sebebi bilinmemektedir.

Orman yangınlarının tamamen önlemek pek mümkün olmasa bile yangın öncesi tedbirlerle, yangınların sayısını, şiddetini ve oluşacak zararları en aza indirilmesi mümkündür. Bu sebeple orman yangınlarının sebepleri, alınması gereken önlemler ve yangın davranışlarına

yönelik birçok akademik ve kurumsal araştırmalar bulunmaktadır. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknikleri ormanlar gibi büyük alanlara yönelik incelemelerde en önemli kaynak ve uygulama haline gelmiş olup bu tekniklerle yapılmış birçok araştırma mevcuttur (Çolak & Sunar, 2020; Sabuncu & Özener, 2019; Kavlak vd. 2020; Alkayış vd. 2022).



Şekil 1. Yangın İstatistikleri 2022 (URL-2)

Geleneksel ölçüm teknikleri orman yangını risk değerlendirmesi için faydalı ve zemin doğrulaması için de gereklidir. Ancak bu teknik maliyetli ve zaman alıcıdır. Uzaktan algılama ve CBS, orman yangını riskini yerel ve büyük ölçekte yüksek doğrulukla ve zaman açısından verimli bir şekilde tahmin etme, haritalandırma ve değerlendirme fırsatı vermektedir. Yangın yönetiminde her aşamada risk tahmini, tespit ve analiz için yine uzaktan algılama teknolojilerinden yararlanılmaktadır (Çolak & Sunar, 2020). Özellikle son yıllarda gelişen bilgi teknolojileri ile nesnelerin interneti gibi veri üreticilerinin artması bu verilerin depolanması gibi gelişmeler ile büyük veriler oluşmuştur. Uzaktan algılama ve yapay zeka teknikleri entegre edilerek büyük verilerden orman yangınları için risk analizi araştırmaları yapılmaktadır (Satır vd. 2016; Hacısalihoğlu, 2018; Thach vd. 2018; Sayad vd. 2019; Beşli & Tenekeci, 2020; Naderpour vd. 2021).

Orman yangınları için risk tahmini çalışmalarında kullanılan değişkenler farklılık gösterse de sıcaklık, Yağış, Nem, Rüzgar hızı gibi değişkenler parametre haline gelmiş olup tahminlerde en çok kullanılan meteorolojik değişkenlerdir (Thach vd. 2018; Zhang vd. 2019; Novo vd. 2020; Naderpour vd. 2021; Mohajane vd. 2021). Bu çalışmada da en çok kullanılan meteorolojik değişkenlerin yanı sıra potansiyel güneş radyasyonu ve gerçek evapotranspirasyon değişkenleri de ele alınmıştır.

Bu çalışmanın amacı uzaktan algılama kaynaklı veriler ve çalışma alanı içerisinde gerçekleşmiş 6 yıllık orman yangını koordinatları ile bir adet bağımlı değişken (yangın var/yok) ve 7 adet bağımsız değişkenden (maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, yağış, rüzgar, toprak nemi,

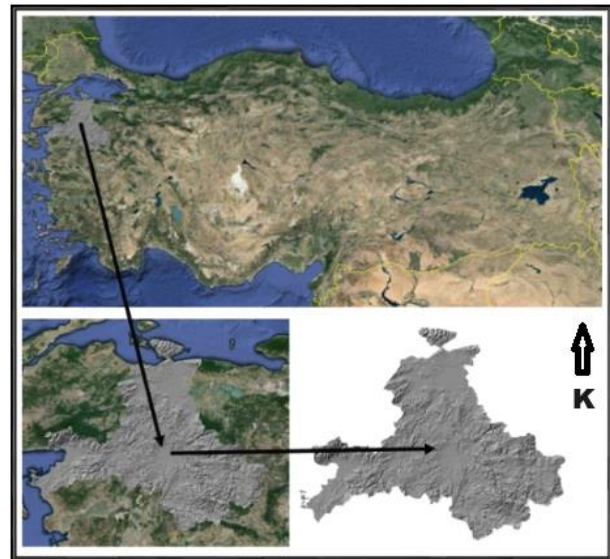
evapotranspirasyon ve potansiyel güneş radyasyonu) oluşan veri seti oluşturmak, oluşturulan veri setinden bulut tabanlı Google colab ara yüzünde orman yangınları için meteorolojik etkileri analiz etmektir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada uygulama alanı için temin edilen yangın noktası koordinatları, 2017 ve 2022 yılları arasında bulunan 6 yılda mayıs ayından eylül ayına kadar aylık zamansal çözünürlükte sınıflandırılıp her nokta geçmiş uydu görüntülerinden kontrol edilip hatalı noktalar veya doğruluğu kesinleştirilemeyen noktalar elimine edilmiştir. Kesinleştirilen noktalardaki yanan alanlar için her piksel yangın var değeri atanmıştır. Rastgele nokta üretimi ve eşit dağılım kontrollü olarak yangın yok noktaları üretilmiştir. TerraClimate ve Aster GDEM verilerinden 30*30 konumsal çözünürlüklü 7 adet bağımsız değişken Arcmap ortamında haritalandırılıp bağımlı değişkenle çakıştırılmıştır. Her piksel için değer çıkarımı yapılarak 2050*8 satır ve sütundan oluşan veri seti hazırlanmıştır. Veri seti Google Colab ara yüzünde Python dili kullanılarak Keşifsel Veri Analizi ile veri seti görselleştirilip korelasyon analizi yapılmıştır.

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü sorumluluk sahası olan yaklaşık Balıkesir il sınırlarında bulunan alan adalar hariç tutularak belirlenmiştir (Şekil 2). Yüzölçümü 14.299 km² olan Balıkesir'in toprakları 39,20° - 40,30° Kuzey paralelleri ve 26,30° - 28,30° Doğu meridyenleri arasında yer alır. Hem Marmara hem de Ege denizine kıyısı bulunan Balıkesir'in ege kıyılarında akdeniz iklimi hakimken doğusunda karasal kuzeyinde ise karadeniz iklimi özellikleri görülmektedir (URL-3).



Şekil 2. Lokasyon Haritası

Çalışma alanı olarak belirlenen ve Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü sorumluluk sahasında kalan alanda 2017 ve 2022 yılları arasında 445 adet yangın gerçekleşmiş olup yıllara göre yangın sayısı ve yanan alan miktarı şekil 3’ te gösterilmiştir. Yanan alan miktarı her ne kadar yıllara göre değişse de yangın sayısı geçmişten günümüze artış göstermektedir.

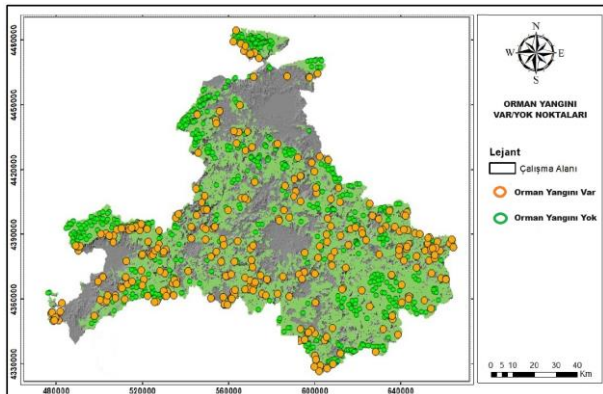


Şekil 3. Orman Genel Müdürlüğü, Yangın İstatistikleri 2022 (Balıkesir OBM)

2.2 Veri Seti

2.2.1 Bağımlı değişken

Bağımlı değişken olan orman yangınları 2017 ila 2022 yılları arasında mayıstan başlayıp eylül sonuna kadar olan yangınlardan oluşturulmuştur. Yangın noktaları incelenerek komşu piksellerde yanmış alanda kalıyorsa o piksellere de yangın var değeri atanmıştır. Çalışma alanı içerisinde eşit dağılım gözetilerek yaklaşık yangın Var sayısı kadar yangın Yok pikseli üretilmiştir. Sonuç olarak 2050 piksele değer atanarak bağımlı değişken oluşturulmuştur (Şekil4,5).



Şekil 4. Orman Yangını var(turuncu)/yok(yeşil) noktaları



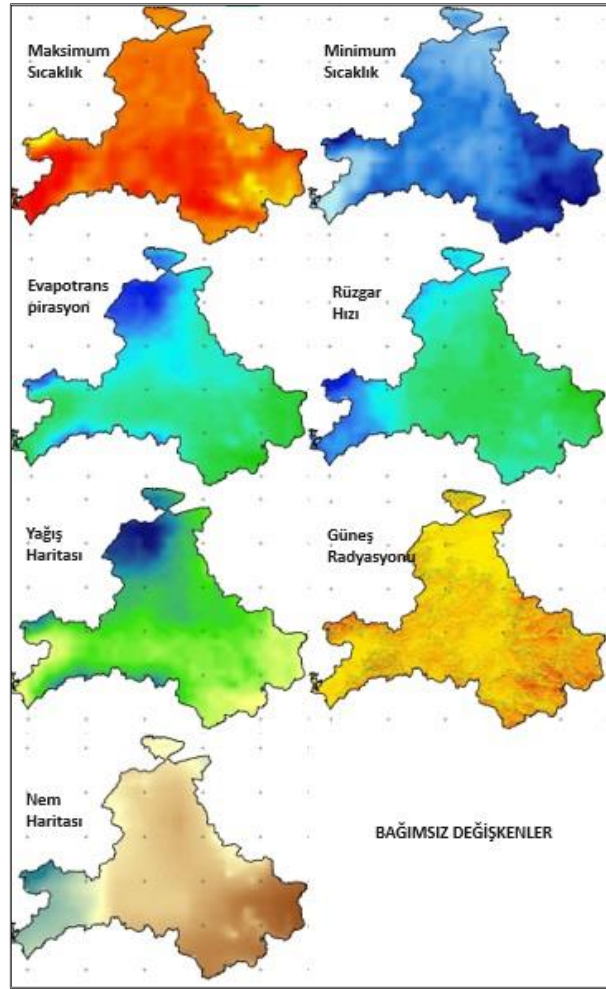
Şekil 5. Orman Yangını Görüntüsü

2.2.2 Bağımsız değişkenler

Bağımsız değişkenler Maksimum sıcaklık, Minimum sıcaklık, Yağış, Toprak Nemi, Rüzgar hızı, Gerçek evapotranspirasyon, Potansiyel güneş radyasyonundan oluşan meteorolojik parametrelerdir. Google Earth Engine platformu ile temin edilen ham veriler ArcGIS yazılımı ile çalışma alanına uygun olarak sınırlandırılarak aynı formatta aynı piksel boyutunda ve aynı datum ve projeksiyonda(Datum: ITRF, Projeksiyon: UTM) düzenlenmiştir(URL-4). Potansiyel güneş radyasyonu hariç diğer değişkenler Terra Climate iklim verisinin aylık zamansal çözünürlükte üretilmiştir. Sadece Potansiyel güneş radyasyonu ASTER GDEM verilerinden üretilmiş olup yıllık zamansal çözünürlükte üretilmiştir.

Bağımsız değişkenlerden sıcaklıklar, yağış, rüzgar, evapotranspirasyon ve nem Terra Climate verisinden temin edilmiş olup 2017 ila 2022 yılları arasında mayıs ayından eylül ayına kadar 6*5 olarak 30 adet harita üretilmiştir. Aylık zamansal çözünürlükte olup Bilinear yeniden örneklem tekniği ile 30m*30m konumsal çözünürlükte düzenlenmiştir (Şekil 6).

Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin tamamı görüntülerden piksel değer çıkarımı yapılarak veri seti oluşturulmuştur (Tablo 1). Bağımsız değişkenlerin tamamı kantitatif veridir. Veri seti oluşturulduktan sonra keşifsel veri analizi ve veri görselleştirme teknikleriyle veri seti incelenmesi yapılmıştır. Her bir değişken için histogram oluşturulmuş Çeyreklikler yardımıyla aykırı değerler tespit edilerek veri setinden bazı satırlar elimine edilmiştir. Potansiyel güneş radyasyonu, ASTER uydu görüntüsünden elde edilen Sayısal Yükseklik Modelinden Arcmap yazılımı ile alansal güneş radyasyonu olarak üretilmiştir. Yıllık zamansal çözünürlük ve 30m*30m konumsal çözünürlükte düzenlenmiştir.



Şekil 6. Bağımsız Değişkenler

Tablo 1. Veri seti

G_Evapotranspirasyon	Ruzgar_hizi	Nem	Yagis	Maksmim_S	Minumum_S	P_Gunes_Rad	VAR/YOK
24.76967959	2.400593745	20.52415648	22.02276887	16.39867468	4.850178912	1350755	0
24.77599506	3.024131289	35.57440643	15.75868711	30.3245766	16.34163185	1265373	1
24.99432157	3.439732938	43.86272336	11.32897351	29.70685854	16.20414256	1117838	1
25.17209341	2.230800155	34.42318322	19.27574831	18.28477486	7.322981496	1011784	0
25.20021393	3.079279023	39.83622096	7.841611626	28.20009194	14.78334802	1376915	0
25.36406694	1.861013751	23.60730586	23.04901202	22.05660576	11.53226883	1293784	1
25.3780814	2.484760175	23.5	22.84760175	18.1609593	6.230479651	1354358	0
25.53218132	3.38958081	43.34479352	9.320151681	29.15034335	15.26425885	1189632	0
25.53829749	4.827161004	40.92920886	15.31978389	29.58165456	20.68100691	1086616	1
25.60649335	2.9563849	39.70274552	17	26.16438822	13.97888489	1085266	1
25.62107791	3.173318103	38.20465604	15.12257803	29.07626737	15.18971409	1131888	1

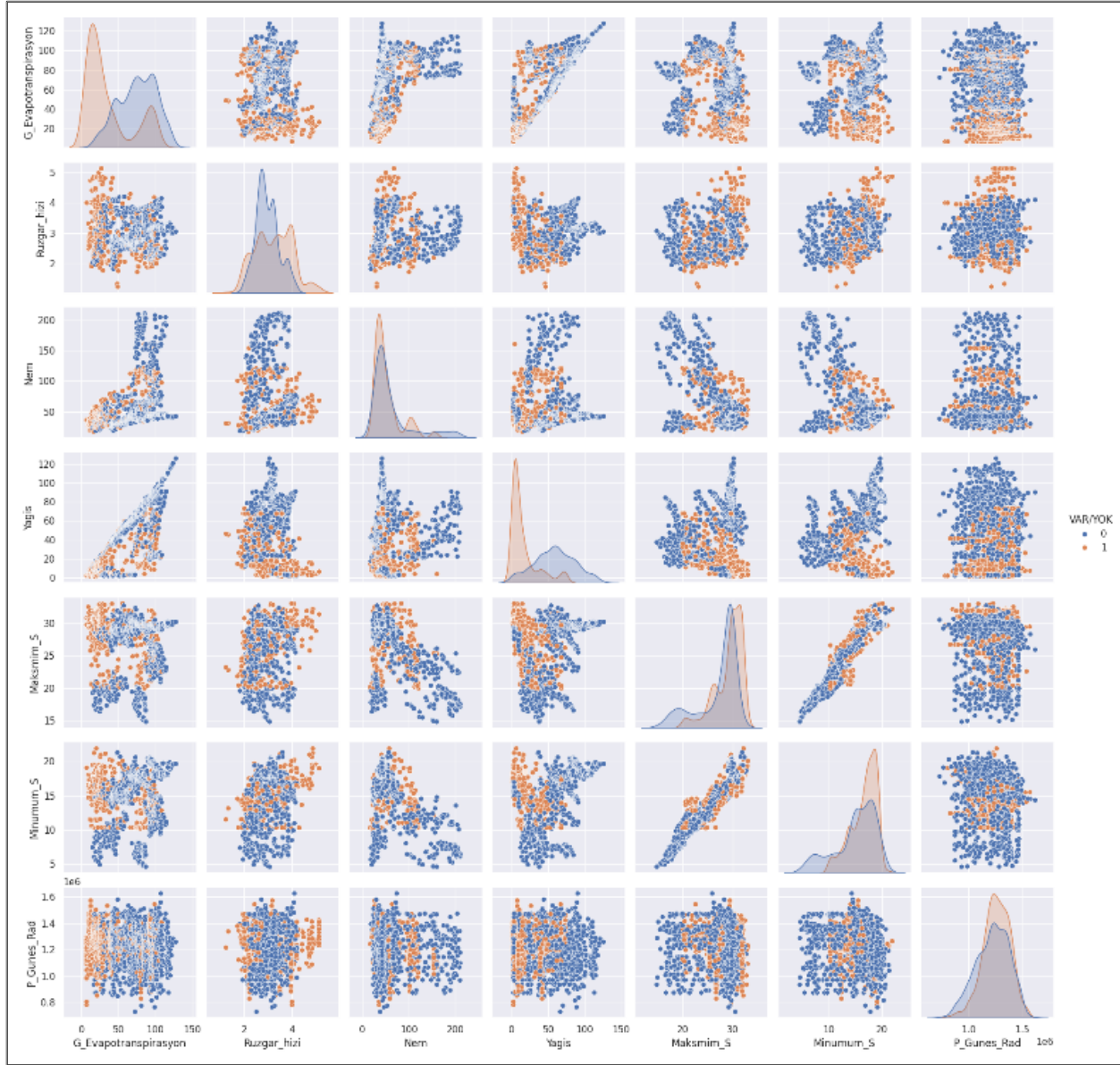
	G_Evapotranspirasyon	Ruzgar_hizi	Nem	Yagis	Maksmim_S	Minumum_S	P_Gunes_Rad	VAR/YOK
G_Evapotranspirasyon	1.000000	-0.274551	0.486245	0.808645	-0.267104	-0.174528	-0.172606	-0.570371
Ruzgar_hizi	-0.274551	1.000000	0.004006	-0.289803	0.285675	0.424101	-0.043047	0.201751
Nem	0.486245	0.004006	1.000000	0.089742	-0.509688	-0.489881	-0.151147	-0.131919
Yagis	0.808645	-0.289803	0.089742	1.000000	-0.169687	-0.043913	-0.111088	-0.674265
Maksmim_S	-0.267104	0.285675	-0.509688	-0.169687	1.000000	0.913831	0.019999	0.295064
Minumum_S	-0.174528	0.424101	-0.489881	-0.043913	0.913831	1.000000	-0.060819	0.238999
P_Gunes_Rad	-0.172606	-0.043047	-0.151147	-0.111088	0.019999	-0.060819	1.000000	0.131226
VAR/YOK	-0.570371	0.201751	-0.131919	-0.674265	0.295064	0.238999	0.131226	1.000000

Şekil 7. Korelasyon Isı Haritası

3. Bulgular

Çalışma alanına özgü meteorolojik parametreler ve yangınlardan oluşturulan veri seti ile bölgedeki iklimsel değişkenlerin yangınlar üzerindeki etkisini ortaya koymak

için veri bilimi teknikleriyle bulut tabanlı Google Colab arayüzü ve python yazılım dilinde analiz yapılmıştır. Bağımsız değişkenlerin hem kendi arasında hem de bağımlı değişkenle ilişkilerini gösteren korelasyon matrisi ve korelasyon ısı haritası oluşturulmuştur. (Şekil 7, 8).



Şekil 8. Korelasyon Matrisi

Tablo 2. Meteorolojik değişkenlerin yangınlar ile korelasyonları

Bağımsız değişkenler	Değer	Negatif/Pozitif
Maksimum Sıcaklık	0,29	Pozitif Korelasyon
Minimum Sıcaklık	0,24	Pozitif Korelasyon
Yağış	-0,67	Negatif Korelasyon
Rüzgar hızı	0,20	Pozitif Korelasyon
Toprak Nemi	-0,13	Negatif Korelasyon
Evapotranspirasyon	-0,57	Negatif Korelasyon
Güneş Radyasyonu	0,13	Pozitif Korelasyon

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bulgular incelendiğinde veri setini oluşturan meteorolojik değişkenlerin sürekli değişken olması aynı zamanda aylık zamansal çözünürlükte kullanılmasına rağmen korelasyon yönlerinin beklentiler çerçevesinde gerçekleşmiş olup veri setinin kullanılabilirliği ortaya çıkmıştır (Tablo 2).

Bağımsız değişkenlerin kendi içindeki korelasyonlarda da maksimum ve minimum sıcaklık arasında, yağış ve gerçek evapotranspirasyon arasında ve Nem ve yağış arasındaki yüksek korelasyonlar göze çarpmaktadır.

Maksimum Sıcaklık korelasyonu 0,30 değerinde olup bu değişkenin artışı orman yangınlarının artışı ile pozitif korelasyon göstermiştir.

Minimum Sıcaklık korelasyonu 0.24 değerinde olup bu değişkenin artışı orman yangınları ile pozitif korelasyon göstermiştir.

Yağış değişkeninin korelasyonu -0,67 değerinde olup bu değişkendeki artış orman yangınları ile negatif yönlü ve yüksek korelasyon göstermiştir.

Rüzgar hızı korelasyonu 0,20 değerinde olup değişkenin artışı orman yangınları ile pozitif yönde korelasyon göstermiştir.

Toprak Nemi korelasyonu -0,13 değerinde olup değişkenin artışı ile orman yangını arasında negatif yönlü korelasyon tespit edilmiştir.

Gerçek Evapotranspirasyon korelasyonu -0,57 değerinde olup orman yangınları ile negatif yönlü ve yüksek korelasyon göstermiştir.

Potansiyel Güneş Radyasyonu korelasyonu 0,13 değerinde olup düşük de olsa orman yangınları ile pozitif yönde korelasyon oluşturmuştur.

Bağımsız değişkenlerin kendi içindeki çok yüksek korelasyon veri tekrarına sebep olabileceği göz önünde bulundurularak bu çalışmada kullanılan meteorolojik değişkenlerin tamamında orman yangınları oluşumuna etkileri ortaya konmuş ve risk tahminleri gibi öncül çalışmalarda kullanılabilirliği gösterilmiştir.

Literatürde orman yangınları için risk tahmini yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan değişkenlerin yanı sıra Evapotranspirasyon ve Güneş radyasyonu değişkenlerinin de kullanılmasının tahmin modellerine katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın nicel bulgularına göre orman yangınlarının oluşumundaki meteorolojik etkilerden aşağıdaki gibi bir tanım yapabiliriz;

Yağışların, terleme ve buharlaşma olarak tanımlanan evapotranspirasyonun ve toprak neminin düştüğü

bununla birlikte yüksek hava sıcaklığı ve rüzgar hızının olduğu potansiyel güneş radyasyonu bakımından yüksek alanlar orman yangınları için yüksek risk taşımaktadır.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Bu çalışma Prof. Dr. Murat UYSAL danışmanlığında Mustafa Mutlu UYSAL tarafından devam etmekte olan " Derin Öğrenme Algoritmaları kullanılarak Orman Yangını Risk Tahmini" başlıklı doktora (Tez no: 10433866) tezinden türetilmiştir.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Kaynaklar, Araştırma, Deney, Görselleştirme, Analiz ve yorumlama, Yazma – orijinal taslak

Yazar 2: Denetleme/danışmanlık, Proje yönetimi

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma Doktora Tez içi makale olarak üretilmiştir. Yazarlar, bu çalışmanın bulgularını destekleyen ana verilerin makale içerisinde mevcut olduğunu beyan ederler.

5. Kaynaklar

- Alkayış, M.H., Karslıoğlu, A. ve Onur, M. İ., 2022. Muğla ili Menteşe yöresi orman yangını risk potansiyeli haritasının coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. *Geomatik*, **7(1)**, 10-16.
<https://doi.org/10.29128/geomatik.791545>
- Beşli, N. ve Tenekeci, E., 2020. Uydu verilerinden karar ağaçları kullanarak orman yangını tahmini. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, **11(3)**, 899-906
<https://doi.org/10.24012/dumf.661925>
- Çolak, E. ve 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.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101479>
- Kavlak, M. Ö., Kurtipek, A. ve Çabuk, S. N., 2020. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile orman yangını risk haritası oluşturulması: Ören örneği. *Resilience*, **4(1)**, 33-54.
<https://doi.org/10.32569/resilience.597887>
- Küçük, Ö. ve Sağlam, B., 2004. Orman yangınları ve hava halleri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **4(2)**, 220-231.
- Mohajane, M., Costache, R., Karimi, F., Pham, Q. B., Essahlaoui, A., Nguyen, H. and Oudija, F., 2021. Application of remote sensing and machine learning algorithms for forest fire mapping in a Mediterranean area. *Ecological Indicators*, **129**, 107869.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107869>
- Naderpour, M., Rizeei, H. M. and Ramezani, F., 2021. Forest fire risk prediction: a spatial deep neural

network-based framework. *Remote Sensing*, **13(13)**, 2513.
<https://doi.org/10.3390/rs13132513>

4-<https://developers.google.com/earthengine/dataset>
(01.02.2024)

Novo, A., Fariñas-Álvarez, N., Martínez-Sánchez, J., González-Jorge, H., Fernández-Alonso, J. M. and Lorenzo, H., 2020. Mapping forest fire risk—a case study in Galicia (Spain). *Remote Sensing*, **12(22)**, 3705.
<https://doi.org/10.3390/rs12223705>

Sabuncu, A. ve Özener, H., 2019. Uzaktan algılama teknikleri ile yanmış alanların tespiti: İzmir Seferihisar orman yangını örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2019; 5(2): 317-326
<https://doi.org/10.21324/dacd.511688>

Satir, O., Berberoglu, S. and 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.
<https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1084541>

Sayad, Y. O., Mousannif, H. ve Al Moatassime, H., 2019. Predictive modeling of wildfires: A new dataset and machine learning approach. *Fire safety journal*, **104**, 130-146.
<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.01.006>

Thach, N. N., Ngo, D. B. T., Xuan-Canh, P., Hong-Thi, N., Thi, B. H., Nhat-Duc, H. ve Dieu, T. B., 2018. Spatial pattern assessment of tropical forest fire danger at Thuan Chau area (Vietnam) using GIS-based advanced machine learning algorithms: A comparative study. *Ecological informatics*, **46**, 74-85
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.05.009>

Zhang, G., Wang, M. ve Liu, K., 2021. Deep neural networks for global wildfire susceptibility modelling. *Ecological Indicators*, **127**, 107735.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107735>

Hacisalihoğlu, M., 2018. Çok kriterli karar analizi ile orman yangını risk haritalarının oluşturulması: Karabük örneği. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 115.

Bilgili, E., Küçük, Ö., Sağlam, B. ve Coşkuner, A. (2021). Orman yangınları: sebepleri, etkileri, izlenmesi, alınması gereken önlemler ve rehabilitasyon faaliyetleri. Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU (Editör), Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, 3-23.
<http://dx.doi.org/10.53478/TUBA.2021.039>

İnternet

1-<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/summaryfor/policymakers/>(01.04.2024)

2-<https://www.ogm.gov.tr/tr/ekutuphane/>
(01.03.2024)

3-<https://tr.wikipedia.org/wiki/Bal%C4%B1kesir>
(01.03.2024)