



Orman yol ağının orman yangınlarına etkisinin coğrafi bilgi sistemleri ile araştırılması

Fatih Sivrikaya¹, Korhan Enez¹, Gonca Ece Özcan¹

¹Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliđi Bölümü, Kastamonu

MAKALE KÜNYESİ

Geliř Tarihi: 20/03/2024

Kabul Tarihi: 10/05/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1456067>

*Sorumlu Yazar:

fsivrikaya@kastamonu.edu.tr

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve hedefler Orman yangını, orman ekosistemini önemli ölçüde etkileyen doğal afetlerden bir tanesidir. Yangınlar, orman kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve ekosistemdeki flora ve faunanın varlığını olumsuz yönde etkilemekte, insan hayatını tehdit etmekte ve orman emvalinde ekonomik kayba neden olmaktadır. Orman yangınları doğrudan veya dolaylı olarak insan faaliyetleriyle yakından ilişkilidir. Türkiye'de orman

yangınlarının yaklaşık %86'sına insan faaliyetleri neden olmaktadır. Yol ağına olan mesafe yangın riskini etkileyen önemli parametrelerden bir tanesidir. Bu çalışmada orman yollarının orman yangınlarına etkisi Coğrafi Bilgi Sistemi ile araştırılmıştır. *Yöntemler* Çalışma, Türkiye'nin Akdeniz bölgesindeki Mersin Orman Bölge Müdürlüğü'nde yer alan Anamur Orman İşletmesi'nde gerçekleştirilmiştir. 2015-2022 yılları arasında çalışma alanında meydana gelen yangınlar Orman Genel Müdürlüğü'nden, yol haritası ise orman yol ağı planlarından elde edilmiştir. Orman yollarına ArcGIS yazılımında 250, 500, 1000 ve 5000 metre tampon zon (buffer) atılmıştır. Yangın noktaları bu zon haritası ile çakıştırılmıştır. Orman yollarına yakınlık ile yangın noktaları arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

Bulgular Yola olan mesafe ile yangın noktaları arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Yoldan uzaklaştıkça insan faaliyetlerinden kaynaklanan yangınların sıklığında azalma görüldüğü tespit edilmiştir.

Sonuçlar En fazla yangın ve yanan alan miktarı 0-250 m tampon zonda meydana gelmiştir. Bulgular, çalışma alanında gelecekte çıkabilecek yangınların yönetimi ve tahmin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Key Words: CBS, yangın çıkış noktaları, yangın yönetimi, yangın sayısı, zon

Investigation of the effect of the forest road network on forest fires with geographical information systems

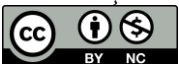
ABSTRACT

Background and aims: Forest fire is one of the natural disasters that significantly affects the forest ecosystem. Forest fires negatively affect the sustainability of forest resources and the existence of flora and fauna in the ecosystem, threaten human life, and cause economic losses. Forest fires are closely related, directly or indirectly, to human activities. Approximately 86% of forest fires in Türkiye are caused by human activities. Distance to the road network is one of the most important parameters affecting fire risk. This study investigated the effect of forest roads on forest fires with the Geographic Information System (GIS). **Methods:** The study was conducted in the Anamur Forest Enterprise in the Mersin Forest Regional Directorate in the Mediterranean region of Türkiye. The fires in the study area between 2015 and 2022 were obtained from the General Directorate of Forestry, and the road map was obtained from the forest road network map. Buffer zones of 250, 500, 1000, and 5000 meters were assigned to forest roads in ArcGIS software. Fire points are overlaid with this buffer zone map. The relationship between proximity to forest roads and fire points has been revealed. **Results:** A negative relationship was found between the distance to the road and fire points. It has been determined that the frequency of fires caused by human activities decreases as the distance from the road increases. **Conclusion:** The highest amount of fire and burned area occurred in the 0-250 m buffer zone. The results are of great importance for the management and prediction of future forest fires in the study area.

Key words: GIS, fire incidence, fire management, number of fire, buffer

Citing this article:

Sivrikaya, F., Enez, K., and Özcan, G. E., 2024. Orman yol ağının orman yangınlarına etkisinin coğrafi bilgi sistemleri ile araştırılması. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(1), 72-77.



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

1. Giriş

Orman ekosistemlerini olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerinden biri orman yangınlardır (Minsley ve ark., 2016; Jin ve ark., 2021). Dünyada her yıl milyonlarca hektar alan yangınlar nedeniyle yok olmaktadır (Abid, 2021). Orman yangınları orman ekosistemlerinde önemli değişikliklere neden olmakta, insan yaşamını olumsuz etkilemekte (Li ve ark., 2010) ve dolayısıyla ekonomik, çevresel ve sosyal kayıplara neden olmaktadır (Kolanek ve ark., 2021). Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkeler (Türkiye, Yunanistan, Portekiz, İtalya, İspanya vb.) sahip olduğu iklim koşulları ve bitki örtüsü bakımından orman yangınlarına karşı hassastır. Bu bakımdan orman yangınları Türkiye'nin kaçınılmaz doğal durumudur. Orman yangınları, Akdeniz iklim kuşağındaki orman ekosistemini şekillendiren önemli faktörlerden biridir ve etkileri çok yönlüdür (Bilgili ve Goldammer, 2000; Sivrikaya ark., 2024).

Orman yangınlarını etkileyen çok sayıda parametre bulunmaktadır. Yangını etkileyen temel parametreler meşcere yapısı, topoğrafya, çevre ve iklim olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadır. Bu ana parametreler içerisinde ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık, bakı, eğim, yükselti, yerleşim yerlerine, tarım alanlarına, yollara olan mesafe, nüfus yoğunluğu, sıcaklık, yağış, solar radyasyon gibi değişkenler yer almaktadır (Dimitrakopoulos ve ark., 2011; Gao ve ark., 2011, Ghobadi ve ark., 2012; Güngöroğlu, 2017; Maktite ve Faleh, 2017; Akbulak ve ark., 2018; Akay ve Şahin, 2019; Bentekici ve ark., 2020; Colak ve Sunar, 2020; Hoang ve ark., 2020; Sari, 2021).

Orman yangınları, yanan bir sigaranın yere atılması, kamp ateşlerinin gözetimsiz bırakılması ve tarımsal faaliyetler kapsamında ürün artıklarının yakılması gibi doğrudan veya dolaylı olarak insan faaliyetleriyle ilişkilidir (Vilar ve ark., 2010). Yapılan araştırmalarda dünyadaki orman yangınların yaklaşık %90'ı (Levine, 2000), Türkiye'de ise yaklaşık %86'sı insan kaynaklıdır (OGM, 2020). Birçok orman alanı yerleşim ve tarım alanlarının yakınında yer almakta ve bu durum orman yangın riskini artırmaktadır. Ormanların yollara, nehirlere, tarım alanlarına ve yerleşim yerlerine yakınlığı yangının tutuşma potansiyelini artırmaktadır (Satir ve ark., 2016; Hoang ve ark., 2020; Sari, 2021). Nüfus yoğunluğu ve buna bağlı trafik yoğunluğu ile insan faaliyetleri orman yangını riskini etkileyen önemli faktörlerdir (Güngöroğlu, 2017; Akbulak ve ark., 2018).

Orman yangınlarının başlangıç noktalarının konumsal yapısı yangın rejimini oluşturmada büyük öneme sahiptir (Kernan ve Hessl, 2010; Narayanaraj ve Wimberly, 2012). Yapılan çalışmalar, insan kaynaklı yangınların insan yerleşimlerine ve yol koridorlarına yakın olduğunu ortaya koymuştur (Maingi ve Henry, 2007; Yang ve ark., 2008). İnsan kaynaklı yangınlar, kazara veya kasıtlı faktörler ile yangına yol açan çevresel koşulların birleşiminden kaynaklanmaktadır. Yangınlar rastgele dağılmış olaylar değildir.

Nüfus yoğunluğunun ve yol yoğunluğunun yüksek olduğu alanların yangın oluşumunu arttırıcı yönde etkilediği belirlenmiştir (Cardille ve ark., 2001). Ayrıca, orman yolları, yangını kesebildikleri ve yangın söndürme faaliyetlerine erişim sağladıkları için de yangının yayılmasını sınırlayabilmektedir (Price ve Bradstock, 2010; Narayanaraj ve Wimberly, 2011). Ancak artan karayolu erişimi aynı zamanda insan kaynaklı yangınların sıklığını da artırmaktadır (Syphard ve ark., 2007).

Yolların mevcut olduğu alanlarda yangın söndürme faaliyetleri daha etkilidir ve yollar yangının yayılmasını durdurmak için fiziksel bir bariyer görevi görmektedir. İnsan kaynaklı yangınlar yolların yakınında, yol yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde, yıldırım kaynaklı yangınlar ise düşük yol yoğunluğuna sahip alanlarda, düşük nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerde daha fazladır. Yanan alan açısından bakıldığında ise, orman yollarının yangının boyutunu sınırlama üzerindeki etkisi, yolların yangınları artırma üzerindeki etkisinden daha fazladır (Narayanaraj ve Wimberly, 2012).

Bu yaklaşımlardan yola çıkarak bu çalışmada Mersin Orman Bölge Müdürlüğü, Anamur Orman İşletme Müdürlüğünde, orman yangınlarının meydana geldiği yerler ve yollara yakınlığı haritalanarak orman yangınları ile yollar arasındaki mekansal ilişkinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma Alanı

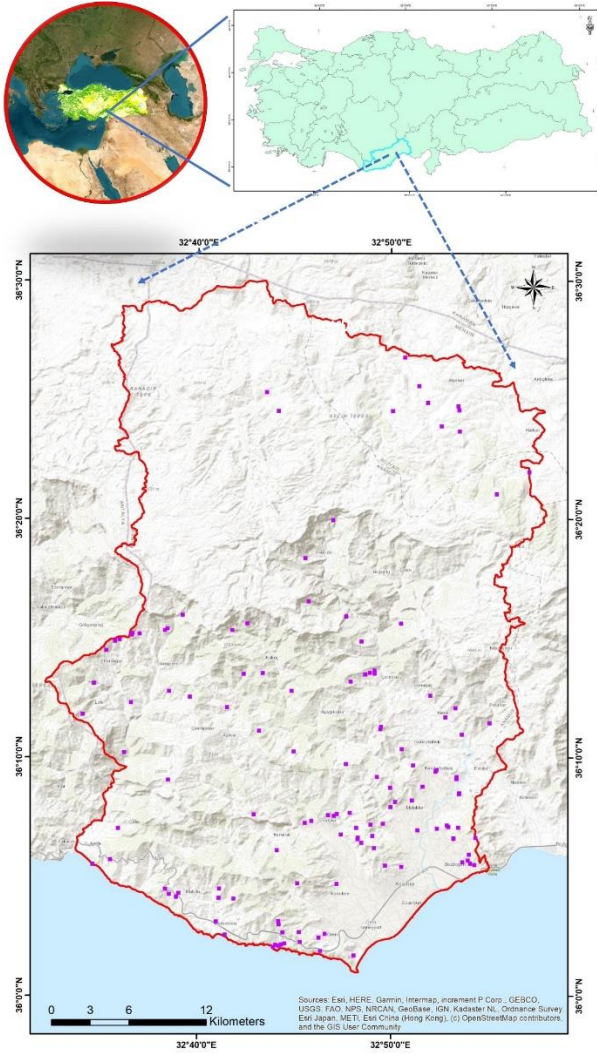
Mersin Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan, Anamur Orman İşletme Müdürlüğü çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanı 10 adet Orman İşletme Şefliğinden (Abanoz, Alaköprü, Anamur, Anıtlı, Çaltıbükkü, Gökçesu, Güngören, Kesmece, Kükür, Sarıyayla) oluşmaktadır. Anamur Orman İşletme Müdürlüğü, 36° 29' 17" - 36° 20' 04" doğu boylamları ile 32° 38' 09" - 32° 43' 36" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanındaki ormanlık alanın %66,2'si normal kapalı, %33,8'i ise boşluklu kapalı ormanlarla kaplıdır. Akdeniz iklim kuşağında yer alan çalışma alanında, yangına hassas ağaç türü olan kızılçam hakimdir.

2.2 Veri tabanının oluşturulması

Bu çalışmanın temel verileri 2015-2022 yılları arasında çalışma alanında meydana gelen yangın çıkış noktaları, yanan alan miktarı ve orman yol ağıdır. Çalışma alanında 2015-2022 yılları arasında 133 adet yangın meydana gelmiştir. Yangın noktaları ve yanan alan miktarları Orman Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Orman yolları ise Mersin Orman Bölge Müdürlüğü, Anamur Orman İşletme Müdürlüğü orman yol ağı planlarından elde edilmiştir.

2.3 Yöntem

Çalışma alanına ait orman yollarına ArcGIS 10.6'da 250, 500, 1000 ve 5000 metre tampon zon oluşturulmuştur. Meydana gelen 133 adet orman yangınına ait konumsal bilgiler ile oluşturulan zon haritası karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Orman yollarına yakınlık ile yangın noktaları arasındaki ilişki yangın sayısı ve yanan alan miktarı açısından incelenmiştir. Yangın sayısı ile yangının yola olan mesafesinin tampon zonlara göre farklılıkları non-parametrik testlerden Kruskal-Wallis testi ile incelenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumunu ve yangınların çıkış noktalarının dağılımı

3. Bulgular ve Tartışma

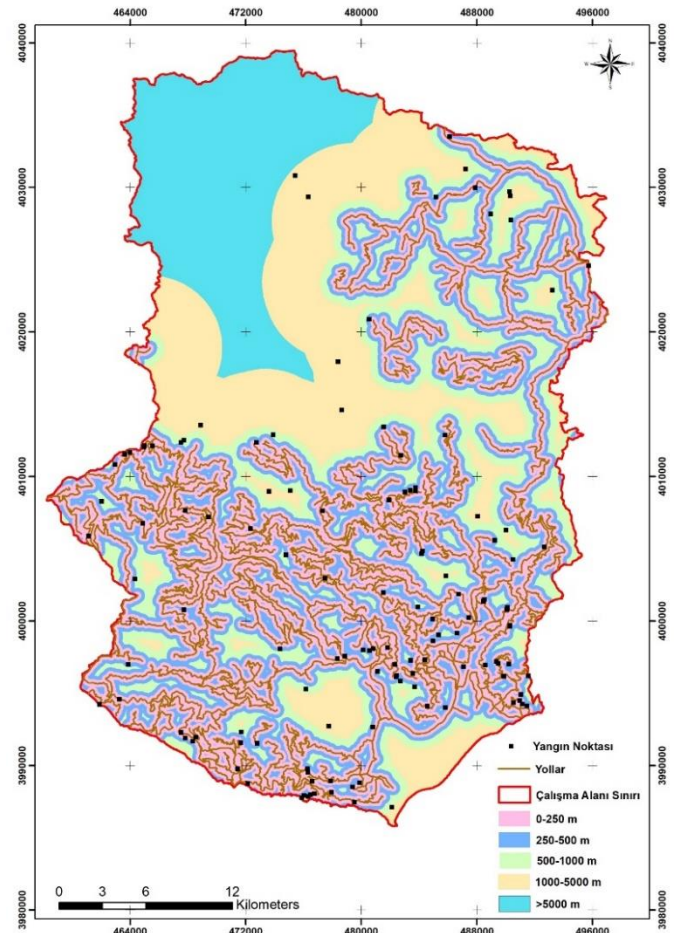
Orman yangınları ile orman yolları arasındaki mekansal ilişkiyi belirlemek amacıyla Mersin Orman Bölge Müdürlüğü, Anamur Orman İşletme Müdürlüğünde 2015-2022 yılları arasında meydana gelen orman yangın başlangıç noktalarının yola yakınlığı incelenmiştir. Yangın sayısı ve yanan alan miktarının yollara olan mesafeye göre dağılımı yüzdelik olarak Çizelge 1'de listelenmiştir.

Çizelge 1. Yola olan uzaklığa göre yangın sayısı ve yanan alan miktarı

Tampon zon genişliği (m)	Yangın Sayısı		Yanan Alan	
	Adet	%	ha	%
<250	76	57,1	407,1	23,8
250-500	30	22,6	302,5	17,7
500-1000	16	12,0	988,3	57,8
1000-5000	11	8,3	11,7	0,7
Total	133	100	1709,6	100

Çalışma alanında meydana gelen 133 adet orman yangını değerlendirildiğinde yola olan mesafe arttıkça yangın sayısı azalmaktadır. Diğer bir ifade ile yola olan mesafe ile yangın sayısı arasında ters ilişki bulunmuştur. Yangın çıkış noktalarının yollara olan mesafeye bağlı olarak 250 m'nin altındaki tampon zonlarda 76 adet (%57,1), 250-500 m tampon zonda 30 (%22,6), 500-1000 m tampon zonda 16 (%12,0), 1000-5000 m tampon zonda ise 11 (%8,3) olduğu tespit edilmiştir. Hem 500-1000 m ve hem de 1000-5000 m tampon zonlarda yaklaşık eşit oranda yangın meydana gelmiştir (Çizelge 1). Yangın sayısı ile yangının yola olan mesafesinin tampon zonlar bakımından istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($P<0,05$).

Yanan alan açısından değerlendirildiğinde 250 m'nin altındaki tampon zonlarda 407,1 ha (%23,8), 250-500 m tampon zonda 302,5 ha (%17,7), 500-1000 m tampon zonda 988,3 ha (%57,8), 1000-5000 m tampon zonda ise 11,7 ha (%0,7) alan yanmıştır. 500-1000 m tampon zonda sadece bir yangında 895 ha orman alanı yanmıştır. Bu yangın dikkate alınmadığında yola olan mesafe ile yanan alan miktarı arasında da ters bir ilişki olduğu görülmektedir. Yangın noktalarının tampon zonlara göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yangın çıkış noktalarının tampon zonlara göre dağılım haritası

Ülkemizdeki orman yangınlarının yaklaşık %86'sı (OGM, 2020) insan kaynaklı meydana gelen yangınlardır. İnsan kaynaklı yangınları tetikleyen faktörlerden biri yollardır (Assaker ve ark., 2012). Ayrıca, yola olan erişim bazı bölgelerde

insan kaynaklı yangınların sıklığının artmasına neden olmaktadır (USDA, 2000). Yollardaki insan ve araç hareketleri, yangın olasılığını artıran temel nedendir (Karabulut ve ark., 2013). Yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar ormanların yola yakın olan bölümlerinin yangına duyarlılığının yüksek olduğunu ve yola mesafe ile yangın sayısı arasında ters ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Jaiswal ve ark., 2002; Erten ve ark., 2005; Joaquin ve ark., 2007; Karabulut ve ark., 2013).

Bu çalışmada yangınların %57,1'inin 250 m'nin altındaki tampon zonlarda meydana geldiği ortaya konulmuştur. Farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda, yangınların %53,9'unun (Sivrikaya ve ark., 2015) ve %73'ünün (Duran, 2014) 250 m'nin altındaki ve %53'ünün ise 200 m'nin altındaki (Morrison, 2007) tampon zonlarda meydana geldiği belirlenmiştir. Catry ve ark., (2007) ayrıca yangınların yaklaşık %85'inin kentsel alanlardan 500 m'den daha yakın mesafede meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. Analitik Hiyerarşi Prosesesi ile yapılan çalışmalarda yollara olan uzaklığın 0,2615 (Sivrikaya ve Küçük (2022), 0,3227 (Eskandari, 2017), 0,555 (Özşahin, 2014) ve 0,750 (Novo ve ark., 2020) katsayıları ile yangın oluşumunda en önemli parametre olduğu belirlenmiştir.

Meşcere yapısı, topoğrafya, çevre ve iklim orman yangınlarını etkileyen temel parametrelerdir. Bu parametrelerin yangını etkileme oranları birbirinden farklıdır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda yangınların yola, tarım arazilerine ve yerleşim alanlarına mesafelerinin yangın oluşumu ile korelasyonu incelendiğinde yola yakınlık en yüksek katsayı ile yangını etkilediği tespit edilmiştir (Eskandari ve ark., 2013).

Nüfus yoğunluğu ve insan faktörü yangın oluşumunu etkileyen diğer önemli faktörlerden biridir. İnsan kaynaklı yangınların yollara yakın ve yol yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Narayanaraj ve Wimberly, 2012). Analitik Hiyerarşi Prosesesini kullanılarak yapılan çalışmalarda 0,301 (Eskandari, 2017), 0,360 (Akbulak ve ark., 2018) ve 0,56 (Çoban ve Erdin, 2020) katsayıları ile insan faktörünün orman yangınlarını etkileyen en önemli parametre olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışma sonuçlarının yapılan diğer çalışma sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), orman yangınları ile yollara olan mesafe arasındaki ilişkiyi incelemek ve izlemek için güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Nüfus, yol yoğunluğu insan kaynaklı orman yangınlarının en önemli etkenleri olarak bilinmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar yukarıda ifade edilen hipotezi desteklemektedir. Anamur Orman İşletme Müdürlüğünde insan faktörüne bağlı olarak yoldan uzaklaştıkça orman yangın sayılarının ve yanan alan miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Bu kapsamında en fazla yangın ve en fazla yanan alan miktarı 0-250 m tampon zonda meydana gelmiştir. Bu bulgular, çalışma alanında gelecekte çıkabilecek yangınların yönetimi ve tahmin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır, çünkü yol yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde daha fazla özen göstererek çalışma alanı ormanlarında gelecekte oluşabilecek yangınlar önenebilir.

Teşekkür

Bu makale 15-17 Kasım 2023 tarihlerinde Filipinler'de gerçekleştirilen 4th International Conference on Environment and Forest Conservation'da sunulan sözlü bildirinin genişletilmiş halidir.

Kaynaklar

- Abid, F., 2021. A survey of machine learning algorithms based forest fires prediction and detection systems. *Fire technology*, 57(2), 559-590.
- Akay, A.E., Şahin, H., 2019. Forest fire risk mapping by using GIS techniques and AHP method: a case study in Bodrum (Turkey). *European Journal of Forest Engineering*, 5(1), 25-35.
- Akbulak, C., Tatlı, H., Aygün, G., Sağlam, B., 2018. Forest fire risk analysis via integration of GIS, RS and AHP: the case of Çanakkale, Turkey. *Journal of Human Sciences*, 15(4), 2127-2143. <https://www.j-humansciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/5491>.
- Assaker, A., Darwish, T., Faour, G., Noun, M. 2012 Use of Remote Sensing and GIS to Assess the Anthropogenic Impact on Forest Fires in Nahr Ibrahim Watershed, Lebanon. *Lebanese Science Journal*, 13(1), 15-28.
- Bentekhi, N., Bellal, S., 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, 811-831.
- Bilgili, E. Goldammer, J.G., 2000. Fire in the Mediterranean Basin: Towards an interdisciplinary science programme. In *proc. XXI IUFRO World Congress 2000, Forests and Society: The role of research*, Vol.1, P.45-54.
- Cardille, J.A., Ventura, S.J., Turner, M.G., 2001. Environmental and social factors influencing wildfires in the upper midwest, United States. *Ecological Applications*. 11(1), 111-127.
- Catry, F. X., Damasceno, P., Silva, J. S., Galante, M., Moreira, F., 2007. Spatial distribution patterns of wildfire ignitions in Portugal. *Modelação espacial do risco de ignição em Portugal Continental*, 8.
- Colak, 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.
- Çoban, H.O., Erdin, C., 2020. Forest fire risk assessment using GIS and AHP integration in Bucak forest enterprise, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*. 18(1), 1567-1583.
- Dimitrakopoulos, A.M., Bemmerzouk, A.M., Mitsopoulos, I.D., 2011. Evaluation of the Canadian fire weather index system in eastern Mediterranean environment. *Meteorological Applications*. 18, 83-93.
- Duran, C., 2014. Mersin ilindeki orman yangınlarının başlangıç noktalarına göre mekansal analizi (2001-2013). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1(1A), 38-49.
- Erten, E., Kurgun, V., Musaoğlu, N. 2005 Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Bilgi Sisteminin Kurulması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

- Eskandari, S., Ghadikolaei, J., Jalilvand, H., Saradjian, M.R., 2013. Detection of fire high-risk areas in northern forests of Iran using dong model. *World Applied Sciences Journal*. 27(6), 770–773.
- Gao, X., Fei, X., Xie, H., 2011. Forest fire risk zone evaluation based on high spatial resolution RS image in Liangyungang Huaguo Mountain Scenic Spot. In: *IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services*. Fuzhou, China.
- Ghobadi, G.J., Gholizadeh, B., Dashliburun, O.M., 2012. Forest fire risk zone mapping from geographic information system in Northern forests of Iran (case study, Golestan Province). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4, 818–824.
- Güngöroğlu, C., 2017. Determination of forest fire risk with fuzzy analytic hierarchy process and its mapping with the application of GIS: the case of Turkey/Çakırlar. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 23(2), 388–406.
- Hoang, T.V., Chou, T.Y., Fang, Y.M., Nguyen, N.T., Nguyen, Q.H., Canh, P.X., Toan, D.N. B., Nguyen, X.L., Meadows, M.E., 2020. Mapping forest fire risk and development of early warning system for NW Vietnam using AHP and MCA/GIS methods. *Applied Sciences*. 10, 4348.
- Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, D.K., 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 4(1), 1–10.
- Jin, X. Y., Jin, H. J., Iwahana, G., Marchenko, S. S., Luo, D. L., Li, X. Y., & Liang, S. H. (2021). Impacts of climate-induced permafrost degradation on vegetation: A review. *Advances in Climate Change Research*. 12(1), 29-47.
- Joaquim, G. S., Bahaeddin, A. E., Josep, R. C. 2007. Remote Sensing Analysis to Detect Fire Risk Locations, *GeoCongres-2007*, Quebec, Canada.
- 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.
- Kernan, J.T., Hessel, A.E., 2010. Spatially heterogeneous estimates of fire frequency in ponderosa pine forests of Washington, USA. *Fire Ecology*. 6, 117-135.
- Kolanek, A., Szymanowski, M., Raczyk, A. 2021. Human activity affects forest fires: the impact of anthropogenic factors on the density of forest fires in Poland. *Forests*, 12(6), 728.
- Levine, J.S. 2000. Global Biomass Burning: A Case Study of the Gaseous and Particulate Emissions Released to the Atmosphere During the 1997 Fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia. In *Biomass Burning and Its Inter-Relationships with the Climate System*; Innes, J.L., Beniston, M., Verstraete, M.M., Eds.; Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands, 2000; pp. 15–32.
- Li, J. Q., Li, Z. Y., Yi, H.R. 2010. Interaction relation between forest and global climate change. *Journal of Northwest Forestry University (in Chinese)*. 25(4), 23-28.
- Mainigi, J. K., Henry, M. C. 2007. Factors influencing wildlife occurrence and distribution in eastern Kentucky, USA. *International Journal of Wildland Fire*, 16, 23-33.
- Maktite, A., Faleh, A., 2017. Cartographie des zones à risque d’incendies de forêts à l’aide Du SIG et la télédétection dans l’arrière-pays du port Tanger Med. *European Scientific Journal*, 13(32), 205-224.
- Minsley, B. J., Pastick, N. J., Wylie, B. K., Brown, D. R., Andy Kass, M. 2016. Evidence for nonuniform permafrost degradation after fire in boreal landscapes. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 121(2), 320-335.
- Morrison, P.H. 2007. *Roads and Wildfires*. Pacific Biodiversity Institute, Winthrop, Washington. 40 p.
- Narayanaraj, G., Wimberly, M. C. 2012. Influences of forest roads on the spatial patterns of human-and lightning-caused wildfire ignitions. *Applied Geography*, 32(2), 878-888.
- OGM, 2020. *Forestry Statistics*. Publications of General Directorate of Forestry. <https://web.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>.
- Özşahin, E. 2014. Forest fire susceptibility analysis using GIS and AHP: the case of Antakya Forestry Operation Directorate. *Route Educational and Social Science Journal*, 1(3), 50-71.
- Price, O. F., Bradstock, R. A. 2010. The effect of fuel age on the spread of fire in sclerophyll forest in the Sydney region of Australia. *International Journal of Wildland Fire*. 19(1), 35-45.
- Sari, F., 2021. Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *Forest Ecology and Management* 480, 118644.
- 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 Risk* 7(5), 1645–1658.
- Sivrikaya, F., Bozali, N., Okumuş, A., Çankaya, E. Ç. 2015. Forest road network effect on forest fire: a case study of Turkey. 38th Annual Meeting of COFE Symposium, Engineering Solutions for Non-Industrial Private Forest Operations, 282-290, 19-22 June, Lexington, Kentucky, USA.
- 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.
- Sivrikaya, F., Günlü, A., Küçük, Ö., Ürker, O. 2024. Forest fire risk mapping with Landsat 8 OLI images: Evaluation of the potential use of vegetation indices. *Ecological Informatics*, 79, 102461.
- Stolle, F., K.M. Chomitz, E.F. Lambin and T.P. Tomich, 2003. Human ecological intervention and the role of forest fires in human ecology. *Forest Ecology and Management*, 179, 277-292.
- Syphard, A. D., Radeloff, V. C., Keeley, J. E., Hawbaker, T. J., Clayton, M. K., Stewart, S. I. 2007. Human influence on California fire regimes. *Ecological Applications*, 17, 1388e1402.
- USDA, 2000. *Forest roads: a synthesis of scientific information (Vol. 509)*. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Vilar, L., Woolford, D.G., Martell, D.L., Martin, M.P., 2010. A model for predicting human-caused wildfire occurrence in

the region of Madrid, Spain. *International Journal of Wildland Fire* 19(3), 325–337.

Yang, J., He, H. S., Sturtevant, B. R., Miranda, B. R., Gustafson, E. J. 2008. Comparing effects of fire modeling methods on simulated fire patterns and succession: a case study in the Missouri Ozarks. *Canadian Journal of Forest Research*, 38, 1290e1302.