

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Orman Yangını Risk Haritasının Geliştirilmesi: Muğla, Milas Örneği

Özge IŞIK PEKKAN*¹, Masoud DERAKHSHANDEH², İlker ATMACA³, Yavuz Selim TUNCA¹, Mehtap ÖZENEN KAVLAK¹, Saye Nihan ÇABUK⁴

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri A.B.D, 26555, Eskişehir, Türkiye,

²İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34310, İstanbul, Türkiye

³Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Erdoğan Akdağ Batı Yerleşkesi, 66900, Yozgat, Türkiye

⁴ Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzak Bilimleri Enstitüsü, 26555, Eskişehir, Türkiye

(Alınış / Received: 23.03.2021, Kabul / Accepted: 05.02.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 20.08.2022)

Anahtar Kelimeler

CBS,
UA,
Frekans Oranı,
Orman Yangını Risk Haritası,

Öz: Olası orman yangınlarının engellenmesi ve erken müdahalenin sağlanması için yangın öncesinde, yangın esnasında ve yangın sonrasında alınacak önlemler oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, CBS ve UA teknolojileri destekli Frekans Oranı tekniğinden yararlanılarak orman yangını konusu irdelenmiştir. Çalışmada yangın riskini sınıflandırmak için üç yıl içinde (2017-2019) meydana gelen 107 orman yangını olayına ait bilgiler kullanılmıştır. Bu kapsamda Milas ilçesi orman alanları orman yangını riski açısından; çok düşük riskli, düşük riskli, orta riskli, yüksek riskli ve çok yüksek riskli olmak üzere beş risk grubunda sınıflandırılmıştır. Frekans oranı yöntemi sonucuna göre çalışma alanında en fazla dağılım gösteren risk sınıfının %55 oran ile orta riskli alanlar olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, Milas ilçesinde orman varlığının yangınlardan korunması için gerekli tedbirlerin acil olarak alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

Development of Forest Fire Risk Map Using Geographical Information Systems and Remote Sensing Technics: Muğla, Milas Case

Keywords

GIS,
RS,
Frequency Ratio,
Forest Fire Risk Map

Abstract: Precautions to be taken before, during and after the fire are of great importance in order to prevent possible forest fires and to provide early intervention. Within the scope of this study, the subject of forest fire was examined by using the Frequency Ratio technique supported by GIS and UA technologies. The information from 107 forest fire occurrences that happened over three years (2017-2019) was used to classify fire risk in the study. In this context, the forest areas of Milas district is classified in five risk groups as very low risk, low risk, medium risk, high risk and very high risk, in terms of forest fires risk. According to the frequency ratio method, it was observed that the risk class with the highest distribution in the study area was medium risk areas with a share of 55% of total forest area. The findings revealed that essential preventions should be taken urgently in order to preserve forest property from fires in Milas district.

1. Giriş

Her yıl tüm dünyada hektarlarca orman, yangınlar sebebi ile tahrip olmaktadır. Meydana gelen yangınlar sonucunda çıkan gaz ve partikül emisyonları atmosferin bileşimini dolayısı ile küresel iklimi, insan sağlığı ve güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir

(Patz vd., 2014) Orman yangınları, bitki örtüsü varlığının yok olmasının yanı sıra insan ve hayvan ölümleri, evlerin ve diğer yapıların yok olması gibi sonuçlara sebep olabilmektedir (Modugno vd., 2016). Küresel Yangın İzleme Merkezi, 2008-2015 yılları arasında meydana gelen küresel yangınların, yılda ortalama 297 kişinin (hem siviller hem de

*İlgili yazar: ozgeisikpekkan@eskisehir.edu.tr

itfaiyeciler) ölümüne sebep olduğunu bildirmiştir (Doerr & Santín, 2016) Orman yangınları, bitki örtüsünü kısmen veya tamamen yok edebilmektedir. Örneğin, 1997 yılının Temmuz ayında meydana gelen bir orman yangını felaketinde Yunanistan'ın Selanik şehri için en büyük oksijen kaynağı olan ormanın üçte ikisi yanmıştır (Siachalou vd., 2009). Yangınlar sonucunda toprak erozyonu, sel ve bitki örtüsünün geri kazanımı gibi süreçler de değiştiğinden birçok ekosistemin ekolojik işleyişi de olumsuz etkilenmektedir (Verma & Jayakumar, 2012). Bu ve bu gibi sebeplerden ötürü orman yangınlarının, önceden tahmin edilmesi, yangın oluşumunun izlenmesi, söndürme çalışmalarının planlanması, yangın sonrası oluşan zararın tespiti için oluşturulacak yöntemler oldukça büyük önem taşımaktadır. Konu, ormanlar gibi çok geniş yüzeylere yayılan bir arazi örtüsü olduğu için yapılacak çalışmalarda geleneksel yöntemlerin kullanılması doğru sonuçlara ulaşılmasını güçleştirecektir. Karar verme aşamasında gerekli bilgilere, hızlı, güvenilir ve ekonomik şekilde ulaşmak için teknolojik araçlara ihtiyaç duyulmaktadır (Kadioğulları ve Başkent., 2006). Orman yangınlarının yönetimine ilişkin bu işlemler, UA verilerinin CBS ile birlikte kullanılmasıyla sistemli ve sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir (Cleve vd., 2008).

Literatürde yapılan çalışmaların genelinde UA ve CBS tekniklerinden yararlanılsa da kullanılan girdiler veya analiz tekniği ile ilgili fikir birliği bulunmamaktadır. Orman meşceresi, topoğrafik yapı, insan faktörleri ve iklim gibi orman yangını risk oranını etkileyen çok sayıda parametre bulunmaktadır (Carmel vd., (2009), Gao vd., (2011)). Örneğin Chuvieco ve Salas, (1996) yangın tehlikesi endeksini tahmin etmek için yakıt tipi, sıcaklık, nem, kapalılık, bitki nemi, topoğrafya ve insan aktivitesini dikkate almışlardır. Kavlak vd., 2021 yılında yapmış oldukları çalışmada; ağaç türü, ağaç yaşı, bitki örtüsü kapalılığı, otoyol, orman yolu, köy yolu, eğim, bakı, kuru dereler ve yerleşim yeri katmanlarını kullanarak orman yangını risk haritasını geliştirmişlerdir. Ayrıca risk haritaları oluşturmak için kullanılan teknikler arasında; ağırlıklı çakıştırma (Kavlak vd., 2021), lojistik regresyon (Catry vd., 2009), makine öğrenmesi (Tien Bui vd., 2017) ve frekans oranının (Arca & Kutoğlu, 2017; Balaban & Becer, 2017; Javad vd., 2014), yoğun olarak kullanıldığını söylemek mümkündür.

Bitki örtüsünün özellikleri topoğrafik yapı ve kültürel özellikler literatürde sıkça kullanılan ve orman yangınlarını etkileyen en önemli unsurlardandır. Kızılçam gibi iğne yapraklı ve kuru karakterdeki türler yangının başlaması ve yayılması için uygun koşullar oluştururken, kayın gibi geniş yapraklı ve nemli türler zor yanan ve yangını engelleyici özellik gösterirler (Karabulut vd., 2013). Yaşlı meşcerelerde bulunan yanıcı maddeler, boyutları ve kalınlıkları sebebi ile bünyelerindeki nemi daha geç bırakırlar.

Dolayısı ile yaşlı meşcerelerin tutuşmaları için daha çok ısıya ve yanmaları için daha çok zamana ihtiyaç gösterdiği literatürden anlaşılmaktadır (Bilgili, 2014). Yangın, ince yanıcı maddelerde, kalın yanıcı maddelere oranla daha hızlı yayılır (Bilgili, 2014). Meşcerelerin bütünlük arz ettiği alanlarda başlayan bir yangına ilk müdahalenin gecikmesi durumunda büyük alan kayıpları kaçınılmaz olmaktadır (Akkaş vd., 2008). Yanıcı maddenin çok sıkışık olduğu durumda, yanıcı madde yoğunluğunun fazla ve gözenekliliğin az olmasından dolayı yanıcı maddenin nem miktarı daha fazla olacağından tutuşma daha uzun bir sürede gerçekleşecektir (Bilgili, 2014). Yanıcı maddenin çok seyrek olması durumunda ise, yanıcı madde parçacıkları birbirine yeterince yakın olmadıklarından dolayı yanan parçacıkların oluşturdukları enerji henüz yanmaya başlamamış materyali tutuşturmaya yetecek derecede olamayacağından yangının ilerlemesi mümkün olmayacaktır (Bilgili, 2014). Meşcerelerde kapalılığın düşük olması ve meşcere içerisinde yer yer boşlukların bulunması rüzgarın meşcere içerisine rahatlıkla girmesini sağlayarak, yangının hızla ilerlemesine sebep olmaktadır (Akkaş vd., 2008).

Birçok çalışma, topoğrafik yapının yangının yayılması açısından kritik bir bileşen olduğunu göstermektedir (Viegas, 2004, Butler vd., 2007). Fazla eğimin, yangının yokuş yukarı yayılımını hızlandırdığı konusunda fikir birliği bulunmaktadır (Dupuy, 1995). Güneye bakan yamaçlar Kuzey Yarımküre'de daha fazla güneşe maruz kalmaktadır ve bu durum tutuşmaya daha meyilli, daha kuru alanların bulunmasına sebep olmaktadır (Noanan, 2003). Yükseklik; sıcaklık, nem ve rüzgar ile ilişkili önemli bir topoğrafik faktördür. Bu nedenle yangının yayılmasında önemli bir rolü vardır (Jaiswal vd., 2002). Yükseklik vejetasyon yapısını, yakıt nemini ve hava nemini etkiler. Yangın davranışının, yağış nedeniyle yüksek rakımda daha az şiddetli olduğu bildirilmektedir (Chuvieco & Congalton, 1988).

Yollar ve yerleşim yerleri gibi insan kaynaklı özellikler doğrudan orman yangınlarıyla bağlantılıdır. Araştırmalar, insan ve araç hareketinin bulunduğu alanlarda yangın riskinin daha yüksek olduğunu belirtmektedir (Rogan, 2014). Yollara yakın olan orman bölgeleri, yerel halkın, çobanların ve turistlerin ormana girmesine ve yangına neden olmasına olanak sağlamaktadır (Jaiswal, 2002). Ormanların yakınında bulunan insan yerleşimleri ormanı tehdit edebilecek diğer faktörler arasındadır. Orman yangınları konusunda rol oynayan diğer bir faktör de kuru derelerdir. Kuru dereler, içerisinde barındırdığı yüksek orandaki kuru yakıt sebebi ile yangının başlaması ve yayılmasında önemli rol oynamaktadır. Dereler ayrıca rüzgarın diğer alanlara göre daha hızlı yoğunluğa sahip olduğu yerlerdir ve rüzgar derelerden dağlara veya tepelere kadar yükselir; bu da yangının çok hızlı yayılmasına ve daha fazla hasara neden olur.

Son yıllarda farklı doğal afet konularında risk haritalarının oluşturulmasına yönelik hem ulusal hem de uluslararası kapsamda yapılan çalışmalar büyük bir önem ve hız kazanmıştır. Bu çalışma kapsamında, CBS ve UA teknolojileri desteği ile Frekans Oranı tekniğinden yararlanılarak Muğla ili Milas ilçesinde yangın riskinin belirlenmesi ve haritalanması üzerinde çalışılmıştır. Frekans oranı tekniği genellikle çoğunlukla heyelan riski analizlerinde kullanılan bir teknik olup orman yangınları konusunda kullanımı yaygın değildir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma alanı

Muğla iline bağlı Milas ilçesi ülkemizde yaşanan orman yangınlarında oldukça yüksek bir paya sahip olduğu için çalışma alanı olarak seçilmiştir. Milas, Muğla'nın ikinci en büyük büyük ilçesi olup 27°30' ile 28°30' doğu boylamları ve 37°00' ile 37°38' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Milas ilçesi 2.067 km²'lik yüz ölçümüne sahiptir. İlçenin kuzeyinde; Bafa Gölü ve Beşparmak Dağları ile Çomakdağı'nı da kapsayan Batı Menteşe Dağları yer almaktadır. Doğusunda; Kurukümes Dağı, Akdağ ve Marçalı Dağları yükselmektedir. Güneyinde; Gökova (Kerme) Körfezi ile körfezin karşı kıyısında Datça

(Reşadiye) Yarımadası vardır. Batısında ise Güllük (Mandalya) Körfezi ile Bodrum Yarımadası bulunmaktadır. Milas'ın komşuları; Kuzey'de Aydın'ın Söke, Koçarlı ve Çine ilçeleri, Doğu'sunda Muğla'nın Yatağan ve Muğla merkez ilçeleri, Batı'sında ise Bodrum ilçesidir (Anonim, 2020).

Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Milas'da yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Yaz aylarında, ortalama sıcaklık 32°C ila 34°C arasındadır ve bazen 40°C'yi aşan sıcaklıklar yaşanmaktadır. Milas çoğunlukla Kuzey ve Güney rüzgârlarına sahiptir (Anonim,2021). Orman Genel Müdürlüğü istatistiklerine göre Muğla, yüzölçümünün %66'sı ormanlarla kaplıdır ve bu oran Türkiye ormanlarının %4'ünü oluşturmaktadır.

2.2. Materyal

Çalışma kapsamında orman yangını risk faktörlerini belirlemek için, Muğla Orman Bölge müdürlüğünden temin edilen Meşcere haritası ve USGS ESPA'dan ücretsiz temin edilen ALOS PALSAR DEM kullanılmıştır. Ayrıca Orman Bölge Müdürlüğü'nden sayısal ortamda temin edilen yangın noktaları verisi ile Sentinel uydu görüntüleri kullanılarak 2017, 2018 ve 2019 yıllarında meydana gelen orman yangınlarının alanları tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma kapsamında kullanılan veriler

Veri tipi	Tarih	Kaynak	Açıklama
Meşcere haritası	2013 2023	Muğla Orman Bölge Müdürlüğü	Ölçek:1/25000
Sentinel Uydu Görüntüsü	2018 2019	Copernicus Data Hub	Mekansal çözünürlük:12.5m
ALOS PALSAR DEM	2018 2017	USGS ESPA	Mekansal çözünürlük:12.5m
Yangın Noktaları Verisi	2018 2019	Orman Genel Müdürlüğü	Format: xls



Şekil 1. Çalışma alanı, Milas ilçesinin coğrafi konumu

Tablo 2. Veri katmanlarının hazırlanması

Yapılan analiz	Veri Katmanı	Veri Kaynağı
Veri tabanından veri seçimi	Ağaç türü	Meşcere haritası
	Ağaç yaşı	Meşcere haritası
	Ağaç kapallığı	Meşcere haritası
Topoğrafik analiz	Eğim	Alos Palsar DEM
	Bakı	Alos Palsar DEM
	Yükseklik	Alos Palsar DEM
Tampon bölge analizi	Yola uzaklık	Meşcere haritası
	Yerleşim	Meşcere haritası
	Yerlerine Uzaklık	Meşcere haritası
	Kuru Derelere uzaklık	Meşcere haritası

2.3. Veri hazırlama

Çalışma kapsamında kullanılacak katmanların hazırlanması için gerçekleştirilen analizler Tablo 2’de verilmektedir. Muğla Orman Bölge Müdürlüğü’nden temin edilen sayısal meşcere haritası kullanılarak ağaç türü, ağaç yaşı ve ağaç kapallığı katmanları veri seti içerisinde ayrıştırılmıştır. Buna ek olarak meşcere haritası içerisinde bulunan “yollar, yerleşim yeri ve kuru dereler” verileri ayrıştırılmış ve bu verilere tampon bölge analizi uygulanmıştır. Ayrıca ALOS PALSAR DEM verisi ile topoğrafik analizler yapılarak eğim, bakı ve yükseklik katmanları elde edilmiştir. Yapılan analizlerin tümü için ArcGIS 10.7 programından yararlanılmıştır.

Yapılan analizler ile elde edilen veri katmanları Tablo 3’de gösterilen alt katmanlara ayrılmıştır. Veri katmanları için belirlenen tampon bölge sınıfları; Kavlak vd.’nin, orman yangını risk haritası geliştirmek için 2021 yılında yaptıkları çalışmaya göre belirlenmiştir.

2.4. Metot

Frekans oranı, belirli bir vakanın ortaya çıkma olasılığı olarak tanımlanmaktadır (Lee vd., 2004; Lee & Evangelista, 2005). Geçmişte meydana gelen olayların gelecekte meydana gelecek olaylar ile aynı koşullar altında gerçekleşeceği varsayımına dayanmaktadır (Jadda vd., 2009). Yüksek Frekans oranı ağırlıklarına sahip parametrelerin, vakanın gerçekleşmesi ile ilgili yüksek bir ilişki olduğunu gösterir (Ozdemir & Altural, 2013). Bu sebeple geçmişte meydana gelen orman yangını konumları ile orman yangınına etkileyen parametreler (veri katmanları) arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için Frekans oranı tekniğinden yararlanılmıştır. Frekans oranı için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$FO_i = (YP_{pix} / (\sum Y_{pix})) / (P_{pix} / (\sum pix)) \quad (1)$$

YP_{pix}: Yanan alanın parametre alt sınıfındaki piksel sayısı
 $\sum Y_{pix}$: Yanan alanın toplam piksel sayısı
 P_{pix}: Parametre alt sınıfındaki piksel sayısı
 $\sum pix$: Çalışma alanındaki toplam piksel sayısını ifade etmektedir.

Tablo 3. Çalışma kapsamında kullanılan veri katmanları

Veri Tipi	Veri Katmanı	Alt Katmanlar
Meşcere tipi	Ağaç türü	Kızılcıçam
		Karaçam
		Fıstık çamı
		Yapraklı ağaçlar
	Ağaç yaşı	0
		1
		2
		3
		4
		5
		6
		7
	Ağaç kapallığı	8
		%1 - %10
%10 - %40		
%40 - %70		
Topoğrafik özellikler	Eğim	>60 derece
		45-60 derece
		30-45 derece
		15-30 derece
		0 -15 derece
	Bakı	Güney
		Güney batı
		Güney doğu
		Kuzey batı
		Kuzey doğu
		Kuzey
		Doğu
		Batı
		Düz
	Yükseklik	0 - 200 m.
		200 - 400 m.
		400 - 600 m.
		600 - 800 m.
		800 - 1000 m.
		1000 - 1200 m.
1200 - 1400 m.		
Kültürel özellikler	Yola uzaklık	0 - 50 m.
		50 - 100 m.
		100 - 200 m.
		200 - 300 m.
		300 - 400 m.
	400 - 12500 m	
	Kuru derelere uzaklık	0 - 50 m.
		50 - 100 m.
		100 - 200 m.
		200 - 300 m.
		300 - 400 m.
	400-7000 m	
	Yerleşim yerine uzaklık	0 - 50 m.
		50 - 100 m.
		100 - 200 m.
200 - 300 m.		
300 - 400 m.		
400 - 500 m.		
500 - 1000 m.		
1000 - 9000m		

Çalışma kapsamında bahsi geçen parametreler Tablo 3’de verilen veri katmanlarını, parametre alt sınıfı ise alt katmanları ifade etmektedir.

Şekil 2’de verilen yöntem şemasından da anlaşılacağı üzere, Orman Bölge Müdürlüğü’nden temin edilen yangın noktaları verisi ve Sentinel uydu görüntüleri

kullanılarak yangın alanları tespit edilmiştir. Bu işlem için Sentinel uydu görüntüleri kullanılarak NDVI analizleri yapılmıştır ve farklı zaman periyodundaki NDVI analizlerine görüntü çıkarma tekniği uygulanmıştır. Bitki örtüsü analizleri ile ilgili çalışmalarda oldukça yaygın olarak kullanılan NDVI, yakın kızılötesi bant (NIR) ve kırmızı bant (R) farkı ve toplamının birbirine oranıdır (Rouse vd., 1974).

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (2)$$

Görüntü çıkarma tekniği ise basit bir tanımlama ile; farklı zaman periyodundaki iki görüntünün birbiri üzerine denk gelen piksel değerlerinin birbirinden çıkartılması işlemidir. Böylece iki zaman periyodunda negatif ve pozitif yönde değişen ve değişmeyen alanlar saptanır.

Yangınlardan önceki ve sonraki tarihlere ait NDVI analizlerinin farkı alınarak yangın noktaları verisi ile çakıştırılmış ve noktaların konumunda meydana gelen yangının alanları saptanmıştır. Raster formatında elde edilen yangın alanları, her bir piksel verisinin elde edilmesi için, piksellerin orta noktasına denk geçek şekilde, 12.5 m x 12.5 m aralıklarında nokta veriye çevrilmiştir (Şekil 3b). Derlenen bu veriler Frekans Oranı tekniğinde kullanılmak üzere; yanan alanın parametre alt sınıfındaki piksel sayısı ve yanan alanın toplam piksel sayısı hesaplamalarının yapılmasında kullanılmıştır. Elde edilen veriler ile Frekans Oranına ait formül kullanılarak her bir parametrenin frekans oranları hesaplanmıştır (EKA.).

Çalışma kapsamında, orman yangınının saptanması için önem derecesi birbirinden farklı 9 adet veri

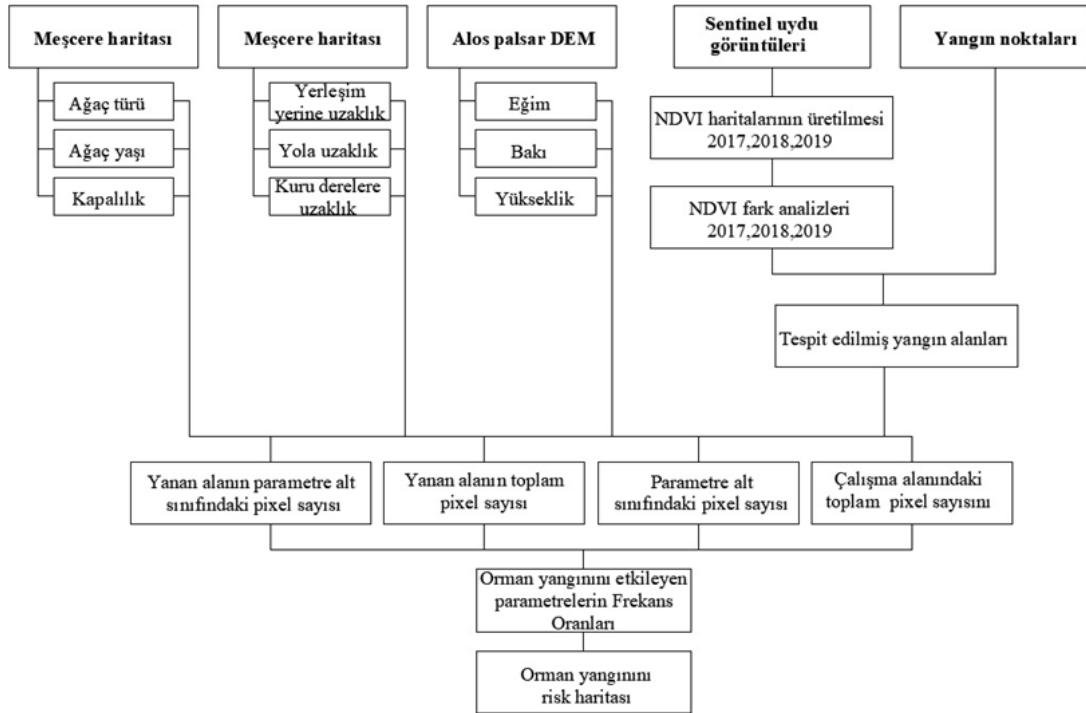
katmanı ve bu veri katmanlarının çok sayıda alt katmanı bulunmaktadır. Bu katmanların hepsi kullanılarak anlamlı bir analiz elde edilebilmesi için her bir pikselde bulunan alt katmanın sahip olduğu, Frekans Oranı sonucu elde edilen puanlar piksel bilgisi olarak kaydedilmiştir. Sonrasında elde edilen puanlar toplanarak her bir piksel için orman yangını risk puanı elde edilmiştir. Bu işlemler için ArcMap'in Map algebra fonksiyonu kullanılmıştır.

3. Bulgular

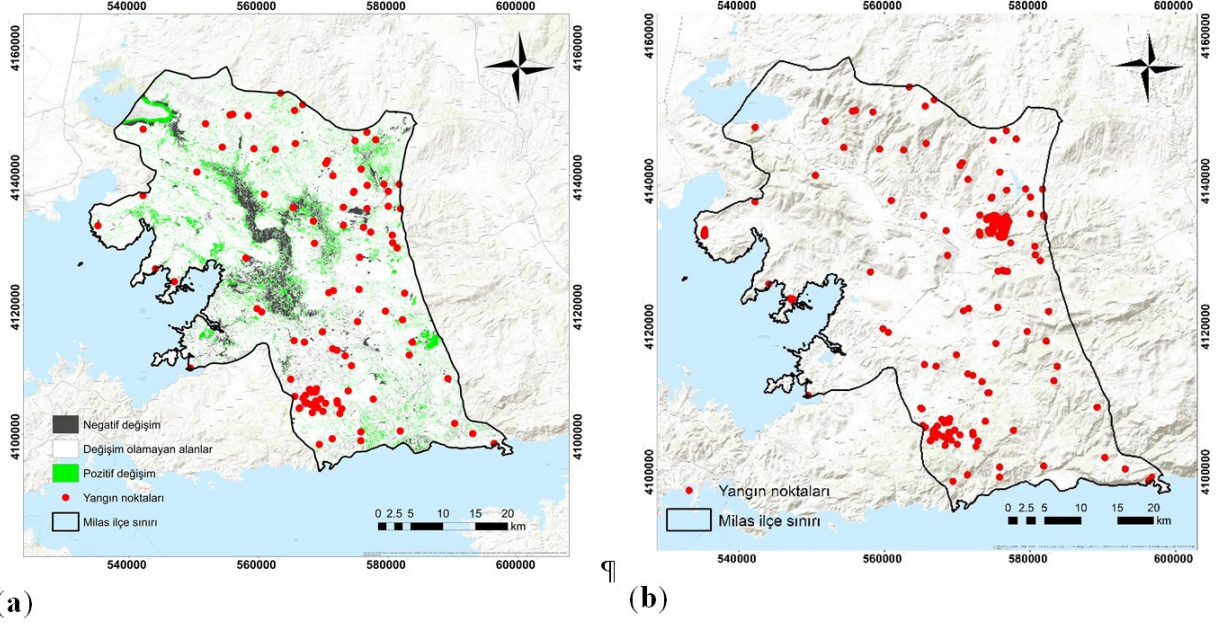
Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'nden alınan yangın verisi tek bir noktayı işaret etmekte olup yangının hasar verdiği alana dair bilgi içermemektedir. Yapılan NDVI analizleri ile meydana gelen hasarın tespit edilmesi sağlanmıştır. Böylece yangının gerçekleştiği alan kapsamında çalışma yapılmıştır.

Veri hazırlama kısmında anlatıldığı üzere ilk olarak NDVI analizleri gerçekleştirilmiş ve Milas orman alanlarında negatif ve pozitif değişim gösteren NDVI değerlerine sahip olan alanlar tespit edilmiştir (Şekil 3a). Sonrasında negatif değişim gösteren alanlar ile yangın noktaları çakıştırılmış ve yangının kapladığı alanlar çıkartılmıştır. Yangının kapladığı alanlar nokta veriye dönüştürülmüş ve yanan alanın parametre alt sınıfındaki piksel sayısı ve yanan alanın toplam piksel sayısı hesaplamalarında kullanılmıştır.

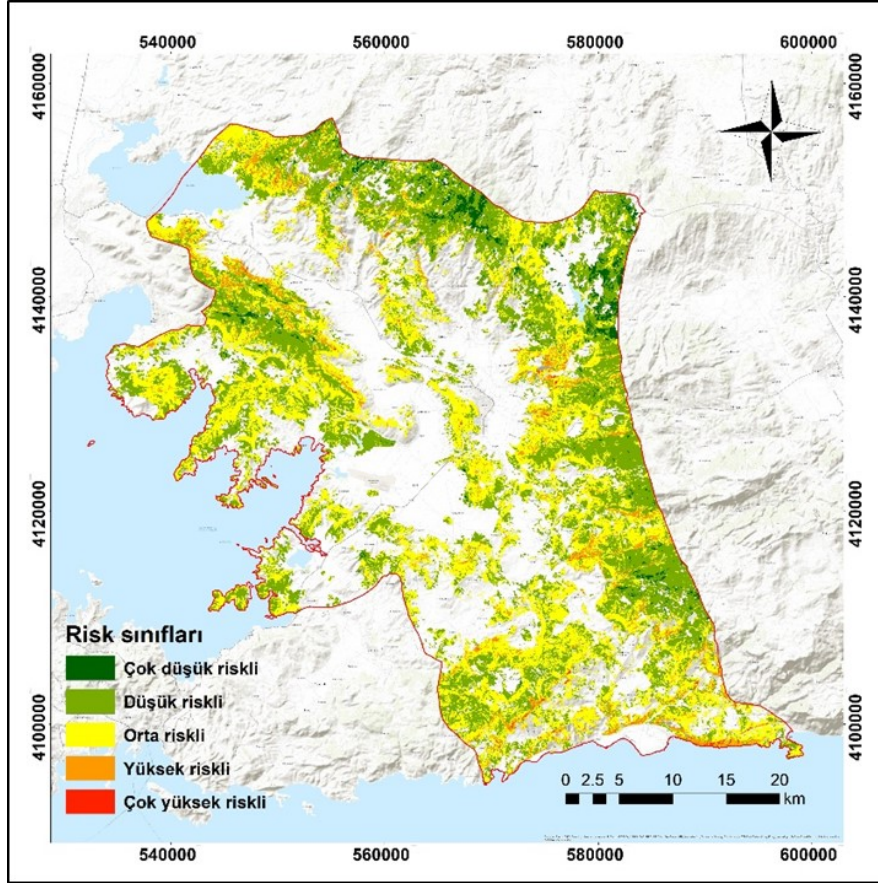
Şekil 3b'de gösterilen noktasal veriler ile bu noktalara ait parametre alt sınıfı verileri kullanılarak saptanan alt veri katmanlarına dair frekans oranları EKA.'da verilmektedir.



Şekil 2. Yöntem şeması



Şekil 3. (a) NDVI analizi sonucu elde edilen değişim paftası ve Muğla Orman Bölge Müdürlüğünden temin edilen yangın noktaları (b) NDVI analizi sonucu elde edilen yangın noktaları



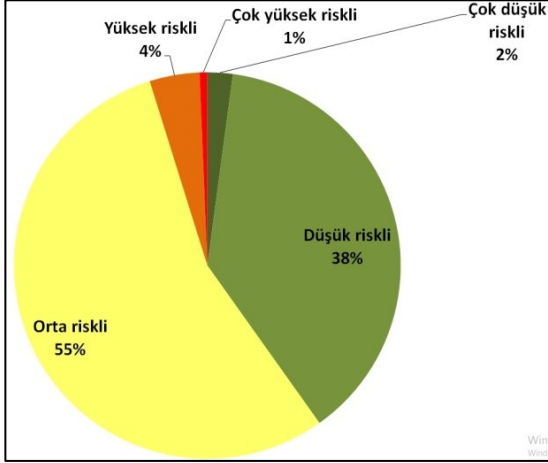
Şekil 4. Frekans oranı yöntemi ile elde edilen orman yangını risk haritası

Frekans oranı, kullanılan parametrelerin ilişki değerlerine göre yorumlanmaktadır. Hesaplanan frekans oranı 1 den ne kadar yüksek ise o parametrenin orman yangınları ile o kadar yüksek ilişkili; 1'den ne kadar küçük ise o kadar alçak ilişki gösterdiği söylenebilir (Akıncı & Sedat Doğan, 2011). Çalışma alanı kapsamında orman yangınları ile en

yüksek ilişki gösteren parametre eğim sınıfında bulunmaktadır. Buna göre %45-60 derece eğim gösteren alanlar en yüksek frekans oranına sahiptir. Ayrıca hesaplamalara göre yaşlı ağaçların ve yüksek rakımda bulunan ormanların orman yangını açısından en düşük frekans oranına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Frekans oranları kullanılarak elde edilen orman yangını risk haritası çok düşük riskli, düşük riskli, orta riskli, yüksek riskli ve çok yüksek riskli olmak üzere 5 grupta sınıflandırılmıştır (Şekil 4).

Çalışma alanında en fazla dağılım gösteren risk sınıfının %55 oran ile orta riskli alanlarda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5). Çalışma alanında en az görülen risk sınıfı %1'lik oran ile çok yüksek riskli alanlardadır.



Şekil 5. Frekans oranı yöntemi ile elde edilen orman yangını risk sınıfları dağılımı

4. Tartışma ve Sonuç

Orman yangınlarının çeşitli coğrafi faktörlere bağlı olması, çok sayıda veri kümesinin aynı anda işlenmesini gerekli kılmaktadır. CBS, karmaşık veri kümelerini aynı ölçekte değerlendirebildiğinden, orman yangını risk analizleri açısından oldukça verimli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında orman yangını risk haritasının oluşturulması için frekans oranı yöntemi kullanılmıştır.

Ağaç türleri açısından elde edilen sonuçlara bakıldığında kızılçam türünün frekans oranının en yüksek olduğu yani Kızılçam türünün orman yangınları ile ilişkisinin yüksek olduğu görülmektedir. Çalışma alanı sınırlarında gerçekleşen yangınların hepsi kızılçam ağaç tipi özelliği gösteren ormanlarda meydana gelmiştir. Bunun sebeplerinden biri alandaki hakim bitki örtüsü türünün kızılçam olması sayılabilir. Ayrıca literatürde bulunan bilgilere göre, özellikle kızılçam gibi iğne yapraklı ve kuru karakterdeki türler yangın için uygun koşullar oluştururken, kayın gibi geniş yapraklı ve nemli türler zor yanan ve yangını engelleyici bir özellik gösterirler (Karabulut vd., 2013).

Frekans Oranı yöntemi ile elde edilen verilere göre, orman yangınları ile en düşük ilişki gösteren alt parametreler 1200 m. yükseklikteki ve 8. yaş sınıfında bulunan yaşlı meşcereler olduğu tespit

edilmiştir. Yangın davranışı eğilimi, yüksek rakımlı alanlarda gerçekleşen yağış miktarındaki artış ve sıcaklığın düşmesine bağlı olarak daha az şiddetlidir (Chuvieco & Congalton, 1988). Ayrıca yaşlı meşcerelerde bulunan yanıcı maddeler boyutları ve kalınlıkları sebebi ile bünyelerindeki nemi daha geç bıraktıklarından dolayı tutuşmaları için daha çok ısıya ve yanmaları için daha çok zamana ihtiyaç duymaktadırlar (Bilgili, 2014).

Çalışmada orman yangınları ile en yüksek ilişki gösteren alt parametrelere bakıldığında ise %45-60 derece eğime sahip alanların bu kapsama girdiğini göstermektedir. Yüksek eğimin, yangının yokuş yukarı yayılımını hızlandırdığı konusunda fikir birliği bulunmaktadır (Dupuy, 1995; Van Wagner, 1988)

Baki katmanı açısından bakıldığında orman yangınları ile en düşük ilişkinin düz alanlarda görüldüğünü söylemek mümkündür. Daha önce de ifade edildiği gibi; eğimli arazilerde yangının daha hızlı ilerlediği bilinmektedir (Dupuy, 1995; Van Wagner, 1988).

Frekans oranı yöntemi ile elde edilen sonuçların, literatürde bulunan orman yangınları risk faktörlerine dair bilgiler ile uyum gösterdiği saptanmıştır. Genel olarak irdelendiğinde ise Milas İlçesi'nin %60'ının yangın riski açısından orta, yüksek ve çok yüksek riskli olan alanlardan oluştuğu dikkat çekicidir. Bu oran, Milas ilçesi için orman varlığını tehlikeye atan ciddi bir riske işaret etmektedir. Orman yangınları çoğunlukla telafisi mümkün olmayan can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir. Orman yangınlarıyla mücadele için koruyucu önlemlerin risk haritaları da dikkate alınarak oluşturulması oldukça önemlidir. Koruyucu önlemlerin gerektirdiği şekilde, vatandaşlar orman yangınlarının nasıl önleneceği ve nasıl azaltılacağı konusunda eğitilmelidir. Ayrıca yangın riskinin yüksek olduğu alanlarda yanıcı madde miktarını azaltmak için yol kenarları temiz tutulmalıdır, rekreasyon alanlarının kullanımına ilişkin düzenlemeler gözden geçirilmeli, yerel halk kurullar ve kullanımlar hakkında bilgilendirilmelidir. Bu çalışma kapsamında dinamik olmayan yani kısa zaman aralığında değişmeyecek olan faktörler (meşcere, topoğrafya, kültürel veriler) ele alınmış olup geniş bir zaman periyoduna hitap eden orman yangını risk haritası üretilmiştir. Yağış, sıcaklık nem gibi iklimsel faktörlerin de çalışma yöntemine dahil edildiği, farklı zaman periyotları için üretilecek dinamik risk haritaları ise çalışmayı bir adım öteye taşıyacaktır.

Teşekkür

Yazarlar Orman Genel Müdürlüğü'ne ve Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'ne veri teminine olan katkılarından dolayı teşekkür ederler.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Kaynakça

- [1] Akkaş, M.E., Bucak, C., Boza, Z., Eronat, H., Bekereci, A., Erkan, A., Cebeci, C. (2008). Büyük Orman Yangınlarının Meteorolojik Veriler Işığında İncelenmesi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Yayın No:333, Müdürlük Yayın No: 048.
- [2] Akıncı, H., & Sedat Doğan, C. K. (2011). Frekans Oranı Metodu Kullanılarak Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- [3] Arca, D., & Kutoğlu, Ş. H. (2017). Frekans Oranı Metodu ile Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 16, 3-6.
- [4] Balaban, B., & Becer, M. M. (2017). Frekans Oranı Metodu Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritası Hazırlanması: Gölpazarı (Bilecik , Güney Marmara) Örneği. Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu. Adana, 12-14.
- [5] Bilgili, E. (2014). Orman koruma dersi geçici ders notları. (Yayınlanmamış), 1-155.
- [6] Butler, B., W. Anderson, and E. Catchpole. (2007). Influence of slope on fire spread rate. in In: Butler, Bret W.; Cook, Wayne, comps. The fire environment--innovations, management, and policy; conference proceedings. Destin, FL. Proceedings RMRS-P-46CD. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. CD-ROM. p. 75-82. 2007.
- [7] Carmel, Y., Paz, S., Jahashan, F., & Shoshany, M. (2009). Assessing fire risk using Monte Carlo simulations of fire spread. Forest Ecology and Management, 257(1), 370-377.
- [8] Catry, T., Ramos, J. A., Le Corre, M., & Phillips, R. A. (2009). Movements, at-sea distribution and behaviour of a tropical pelagic seabird: The wedge-tailed shearwater in the western Indian Ocean. Marine Ecology Progress Series, 391, 231-242. <https://doi.org/10.3354/meps07717>
- [9] Chuvieco, E., & Congalton, R. G. (1988). Mapping and inventory of forest fires from digital processing of tm data. Geocarto International. <https://doi.org/10.1080/10106048809354180>
- [10] Chuvieco, E. and J. Salas, (1996). Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. International Journal of Geographical Information Science, 10(3): p. 333-345.
- [11] Cleve, C., Kelly, M., Kearns, F. R., & Moritz, M. (2008). Classification of the wildland-urban interface: A comparison of piksel- and object-based classifications using high-resolution aerial photography. Computers, Environment and Urban Systems, 32(4), 317-326. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2007.10.001>
- [12] Doerr, S. H., & Santín, C. (2016). Global trends in wildfire and its impacts: Perceptions versus realities in a changing world. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 371(1696). <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0345>
- [13] Dupuy, J. L. (1995). Slope and fuel load effects on fire behaviour :Laboratory experiments in pine needles fuel beds. International Journal of Wildland Fire. <https://doi.org/10.1071/WF9950153>
- [14] Gao, X., Fei, X., & Xie, H. (2011, June). Forest fire risk zone evaluation based on high spatial resolution RS image in Liangyungang Huaguo Mountain Scenic Spot. In Proceedings 2011 IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services (pp. 593-596). IEEE.
- [15] Jadda, M., Shafri, H. Z. M., Mansor, S. B., Sharifikia, M., & Pirasteh, S. (2009). Landslide susceptibility evaluation and factor effect analysis using Probabilistic-Frequency Ratio model. European Journal of Scientific Research.
- [16] Jaiswal, R. K., Mukherjee, S., Kumaran, D. R., Saxena, R., (2002) . Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 4(1): p. 1-10.
- [17] Javad, M., Baharin, A., Barat, M., & Farshid, S. (2014). Using frequency ratio method for spatial landslide prediction. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 7(15), 3174-3180. <https://doi.org/10.19026/rjaset.7.658>
- [18] Javier, E. C. (1996). Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. Geographical Information Systems, 10(3), 333-345. <https://doi.org/10.1080/026937996138070>
- [19] Kadioğulları, A. İ., Başkent, E. Z., Üniversitesi, K. T., Fakül, O., Mühendisliği, O., & Trabzon, B. (2009). Orman Kaynaklarının Konumsal ve Zamansal Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri İle İrdelenmesi:

- İnayet ve Yenice Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 378-390.
<https://doi.org/10.19113/sdufbed.83192>
- [20] Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M., & Yakup, K. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Başkonuş Dağında (Kahramanmaraş) Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, January, 6(24), 171-179.
- [21] Kavlak, M. O., Çabuk, S. N., & Çetin, M. (2021). Development of forest fire risk map using geographical information systems and remote sensing capabilities: Ören case. *Environmental Science and Pollution Research*.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-13080-9>
- [22] Lee, S., Choi, J., & Min, K. (2004). Probabilistic landslide hazard mapping using GIS and remote sensing data at Boun, Korea. *International Journal of Remote Sensing*.
<https://doi.org/10.1080/01431160310001618734>
- [23] Lee, S., & Evangelista, D. G. (2005). Landslide susceptibility mapping using probability and statistics models in Baguio City, Philippines. *Proceedings, 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment, ISRSE 2005: Global Monitoring for Sustainability and Security*.
- [24] Modugno, S., Balzter, H., Cole, B., & Borrelli, P. (2016). Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland-Urban Interface areas in Europe. *Journal of Environmental Management*, 172(February), 112-126.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.013>
- [25] Noonan, E.K. A., (2003) . Coupled model approach for assessing fire hazard at point Reyes national seashore: FlamMap and GIS. in *Second international wildland fire ecology and fire management congress and fifth symposium on fire and forest meteorology*, Orlando, FL. *American Meteorological Society*.
- [26] Ozdemir, A., & Altural, T. (2013). A comparative study of frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods for landslide susceptibility mapping: Sultan mountains, SW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*.
<https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.12.014>
- [27] Patz, J. A., Frumkin, H., Holloway, T., Vimont, D. J., & Haines, A. (2014). Climate change: Challenges and opportunities for global health. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 312(15).
<https://doi.org/10.1001/jama.2014.13186>
- [28] Rogan, J., Miller, J., Wulder, M. A., (2014). Integrating GIS and remotely sensed data for mapping forest disturbance and change. *Understanding forest disturbance and spatial pattern: Remote sensing and GIS approaches*, p. 133-172.
- [29] Siachalou, S., Doxani, G., & Tsakiri-Strati, M. (2009). Integrating Remote Sensing Processing and GIS to Fire Risk Zone Mapping: a Case Study for the Seih-Sou Forest of Thessaloniki. *Proceedings of the 24th International Cartographic Conference (ICC)*, January 2016, 1-10.
http://icaci.org/documents/ICC_proceedings/IC_C2009/html/nonref/6_10.pdf
- [30] Tien Bui, D., Bui, Q. T., Nguyen, Q. P., Pradhan, B., Nampak, H., & Trinh, P. T. (2017). A hybrid artificial intelligence approach using GIS-based neural-fuzzy inference system and particle swarm optimization for forest fire susceptibility modeling at a tropical area. *Agricultural and Forest Meteorology*, 233.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.11.002>
- [31] Van Wagner, C. E. (1988). Effect of slope on fires spreading downhill. *Canadian Journal of Forest Research*.
- [32] Verma, S., & Jayakumar, S. (2012). Impact of forest fire on physical, chemical and biological properties of soil: A. *Proceedings of the International Academy of ...*, 2(3), 168-176.
[http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2012-2\(3\)/impact-of-forest-fire.pdf](http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2012-2(3)/impact-of-forest-fire.pdf)
- [33] Viegas, D.X., (2004). Slope and wind effects on fire propagation. *International Journal of Wildland Fire*, 13(2): p. 143-156.
- [34] Anonim, 2020.<http://www.milas.gov.tr/milasin-tarihcesi> (Erişim tarihi: 21.05.2020)
- [35] Anonim,2021.<https://mugla.ktb.gov.tr/TR270754/cografya-konum-iklim-ulasim.html> (Erişim tarihi: 01.05.2021)

Ekler

Ek A. Veri katmanları frekans oranları

Ağaç Yaşı				Ağaç türü				Ağaç kapallığı			
	Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı		Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı		Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı
0	3080558	12473	1.06	Kızılcıam	6614219	27330	1.08	%1 -%10	3080558	12473	1.06
1	504798	1305	0.68	Karaçam	69442	1	0.00	%10 - %40	1468478	5428	0.97
2	567505	3864	1.78	Fıstık çamı	444076	3	0.00	%40 - %70	1506712	4128	0.72
3	556303	1106	0.52	Yapraklı Ağaçlar	31750	4	0.03	%70 üzeri	1103739	5305	1.26
4	1198035	6795	1.49								
5	579850	1108	0.50								
6	255711	82	0.08								
7	247343	594	0.63								
8	169384	7	0.01								
Kuru derelere uzaklık				Yerleşim yerine uzaklık				Yola uzaklık			
	Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı		Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı		Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı
0 - 50 m.	674588	2031	0.79	0 - 50 m.	32115	92	0.75	0 - 50 m.	390393	1422	0.95
50-100 m.	701395	2075	0.77	50-100 m.	38480	120	0.82	50-100 m.	365227	1630	1.17
100-200 m.	1388093	4522	0.85	100-200 m.	103333	304	0.77	100-200 m.	684266	2797	1.07
200-300 m.	1225192	4495	0.96	200-300 m.	135782	647	1.25	200-300 m.	629382	2451	1.02
300-400 m.	970208	3615	0.98	300-400 m.	165974	494	0.78	300-400 m.	583442	1607	0.72
400-700 m.	2200012	10596	1.26	400-500 m.	188772	410	0.57	400-12500 m.	4506777	17427	1.01
				500-1000 m.	1215211	2730	0.59				
				1000-1500 m.	1359091	9129	1.76				
				1500-10000 m.	3920729	13408	0.90				
Yükseklik				Bakı				Eğim			
	Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı		Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı		Tüm alandaki piksel sayısı	Yangınlı alandaki piksel sayısı	Frekans oranı
0-200m	1116978	3665	0.86	Düz alanlar	21752	34	0.41	0-15 derece	3344776	7095	0.56
200-400m	1736506	9564	1.44	Kuzey	439835	1222	0.73	15-30 derece	3348879	13733	1.07
400-600m	1525951	7916	1.36	Kuzeydoğu	719056	3219	1.17	30-45 derece	441836	6061	3.59
600-800m	1647756	5474	0.87	Doğu	697869	2830	1.06	45-60 derece	22718	428	4.93
800-1000m	795860	701	0.23	Güneydoğu	893804	5036	1.48	>60 derece	1278	17	3.48
100-1200m	297070	14	0.01	Güney	1073259	3327	0.81				
1200-1400m	39366	15	0.10	Güneybatı	1064894	2377	0.58				
				Batı	934639	2724	0.76				
				Kuzeybatı	916204	5241	1.50				
				Kuzey	398174	1324	0.87				