

YANMIŞ ORMAN ALANLARININ EKOLOJİK RESTORASYONU İÇİN UZAKTAN ALGILAMA VE YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANIMINA DAYALI YAKLAŞIMLAR

Ayşegül Kaplan Taş^{*1}, Ahmet Benliay²

^{1,2} Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Antalya

Özet/Abstract

Orman ekosistemlerinde meydana gelen yangın tahribatından sonra yangının mekânsal olarak dağılımı, yönü ve şiddetinin doğru belirlenerek hasar tespiti çalışmasının yapılması zaman ve uygulama güvenilirliği bakımından oldukça önemlidir. Bu tespit sırasında kullanılan yöntemlerin güvenilirliği ve uygulamada sağlamış olduğu hız, teknolojinin de etkisiyle oldukça yüksektir. Uzaktan algılama teknolojileri ve bu kaynaktan gelen verilerin doğru işlenmesi yapay sinir ağları sistemlerinin etkin kullanımını sağlayarak sürdürülebilirliğin korunmasına doğrudan katkı sağlar. Bununla beraber geleneksel ve uzun süren yerinde gözlem metodundan daha etkilidir. Geçmişten günümüze, orman yangınları ve bunun sebep olduğu tahribatın ivedi tespiti ve eylem planlarının ortaya konmasında farklı uydu görüntüleri bir analiz yöntemi olarak kullanılırken; ulusal ve uluslararası farklı çalışmalarda NDVI, LAI, SAVI gibi spektral indekslerle elde edilen verilerin bir yöntem olarak kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Bu indeksler içinde NDVI ve buna bağlı indekslerin yaygın kullanımı göze çarpmaktadır.

Anahtar sözcükler / Keywords: Orman yangını, uzaktan algılama sistemleri, spektral indeks, yapay sinir ağları

REMOTE SENSING AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-BASED APPROACHES FOR ECOLOGICAL RESTORATION OF BURNED FOREST AREAS

Abstract/Özet

Accurately determining the spatial distribution, direction, and intensity of fire damage in forest ecosystems after a fire event is of great importance in terms of both time efficiency and practical reliability for damage assessment. With the contribution of technology, the methods used in this assessment have become faster and possess a high degree of accuracy. By effectively utilizing remote sensing technologies and accurately processing the data obtained from these sources, artificial neural network systems can significantly contribute to the preservation of sustainability. Moreover, this approach is more efficient than traditional and time-consuming on-site observation methods. From past to present, various satellite images have been utilized as an analytical method for the urgent detection of forest fires and the damage they cause, as well as the development of action plans. In national and international studies, the usability of data obtained from spectral indices such as NDVI, LAI, and SAVI has been demonstrated as an effective approach. Among these indices, the widespread use of NDVI and related indices is particularly noteworthy.

Keywords / Anahtar sözcükler: Forest fire, remote sensing systems, spectral index, artificial neural networks

1. Introduction / Giriş

Orman yangınları sadece ağaçların yanması ile ifade edilemeyecek kadar derin ve etkileri uzun zamana yayılmış ekolojiyi farklı şekillerde etkileyen bir olaydır. Bitki kompozisyonundaki dramatik değişimler, habitat parçalanmaları, ekolojik koridorların tahribata uğraması, toprağın yapısında ve niteliğindeki bozulmalar ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi durumlara sebep olarak peyzaj ölçeğinde bir anda belirgin bir değişim görülür (Pausas ve Keeley, 2009, Turner, 1989, Certini, 2005, Turner ve ark, 2001).

Orman yangınları peyzajın yapısını derinden etkileyen dinamik bir süreçtir. Yangının şiddetini anlamak ve etkili çözümler sunabilmek için peyzaj ekolojisindeki hasarın boyutları en hızlı şekilde ortaya konmalıdır. Orman yangınlarının şiddeti; ekosistem içindeki yanıcı madde miktarı, devamlılığı ve bölge içindeki dağılımıdır. Türkiye’de orman yangınlarından en çok etkilenen ekosistem; kızılçam (*Pinus brutia*) makinin yaygın olduğu vejetasyon tipine sahip alanlardır (Kavgacı ve Tavşanoğlu, 2010). Ormanların homojen yapısı ve kesintisiz olma hali yanıcı maddenin yoğunluğu ile bir araya geldiğinde olası bir yangının ekolojik ve ekonomik açıdan etkilerini artırmaktadır (Bilgili ve ark, 2021).

Orman yangını sonrası sahada yapılan gözlemlerde dikkat çeken ilk durum, tahribata uğramış alanın hızlı bir şekilde yeniden bitkilerle kaplanmasıdır. Oluşan bu yeni bitki örtü tabakası, flora ve yapısal (kapalılık, tabakalaşma) yönden farklılıklar göstermektedir (Kavgacı ve Tavşanoğlu, 2010). Yangın sonrası alana yerleşen bu oluşumun ve değişimin içeriği ile hangi dinamikler içinde gerçekleştiğinin net bir şekilde

ortaya konması için detaylı ve aşamalı araştırmalar yapılmalıdır.

2. Material and Methods / Materyal ve Yöntem

Çalışmanın materyalini farklı uydu görüntülerinden (Landsat, Sentinel, Google Earth Engine) elde edilen verilerin orman vejetasyonu üzerinde hangi spektral indekslerin yoğun olarak kullanılabileceğine dair bilgi sunan literatür çalışmaları oluşturmaktadır. Daha önce yapılan akademik çalışmalar ve Orman Bölge Müdürlüğü ile konu ile ilgili yapılan sözlü görüşmeler çalışmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Literatürdeki akademik çalışmalardan elde edilen yöntem bilgileri derlenerek uydu görüntüleri ve spektral indeksler yoluyla değerlendirmeye alınmıştır.

3. Findings / Bulgular

Orman yangınlarının ardından, tahribatın ekolojik ve ekonomik unsurlar bakımından değerlendirilmesi ve çevresel etkilerinin doğru biçimde ortaya konması için hasar tespit çalışmaları titizlikle yapılmalıdır. Kritik önem taşıyan bu hasar tespit çalışmaları birbiri ile ilişkili basamaklardan oluşmaktadır.

3.1. İlk Değerlendirme

Yangın sonrası ilk değerlendirme, alanın büyüklüğünün tespiti ile başlar. Tahribata uğramış alanın sınırları uydu görüntüleri, insansız hava araçları ve yerinde gözlem yapılarak netleştirilir (Chuvieco ve ark., 2014). Söndürme ve soğutma çalışmaları tamamen sonlamadan önce, hala risk barındıran sıcak noktalar, acil müdahale eylem planı dâhilindedir ve büyük önem taşır. Yangın sonrası ağaçlandırma ve koruma

planlarının doğru yapılabilmesi için hasar boyutu belirlenirken yanma şiddeti de bu aşamada belirlenmelidir (Çelik ve ark., 2023). Özellikle çok bantlı uydu teknolojilerinin kullanımı sayesinde hasarlı bölgelerin doğru şekilde tespit edilmesi sağlanmıştır (Polat ve Kaya, 2021).

3.2. Tahribata uğramış alanın haritalandırılması

Yangın sonrası zarar görmüş alanların yoğunluk ve büyüklük bakımından boyutunun tespit edilmesi için günümüzde kullanılan en yaygın araçlar Coğrafi Bilgi sistemleri (GIS) ve uzaktan algılama teknolojileridir (FAO, 2006). Yangın nedeniyle tahribata uğramış alanların hızlı ve doğru biçimde tespitini yapmak ekonomik ve ekolojik kayıpların değerlendirilmesi için büyük öneme sahiptir. Böylece hızlı bir şekilde müdahale ve rehabilitasyon planları oluşturulabilir (Bulut, 2024). Uzaktan algılama temelli risk haritaları ile entegre edilmiş peyzaj planları da bu aşamada ele alınmalı ve soruna bütüncül bakış açısı korunmalıdır (Gill ve ark, 2013)

3.2.1. Biyolojik ve Ekolojik Hasar Tespiti

Yangında zarar görmüş habitatlar; flora ve fauna olarak ayrı ayrı ele alınır. Ağaç türleri, yaşları ve biyolojik çeşitlilikleri incelenir ve hasarın büyüklüğü ortaya konur. Bununla beraber yaban hayatının gördüğü zarar belirlenir. Yangınla beraber değişen toprak yapısı, kalitesi ve erozyon riski; tahrip olmuş alanın doğal yenilenme kapasitesi içindeki durumu bakımından incelenir (FAO, 2006).

3.2.2. Altyapının uğradığı zararlar

Yangın alanındaki orman içi yollar, gözetleme kuleleri, varsa iletişim hatları, su

altyapısının aldığı hasar belirlenir. Yangından etkilenen yerleşim birimleri, tarım alanları ve kamuya ait altyapıların aldığı tahribatların tümü belirlenir (OGM, 2025)

Yapılan tüm hasar tespit çalışmaları detaylı bir rapor ile belgelenerek ilgili kurumların tamamı ile paylaşılır. Hazırlanan raporlar, yangın sonrası sigorta işlemleri, tazminatlar ve rehabilitasyon kapsamında alınacak kararları şekillendireceği için kritik öneme sahiptir. Yangının maddi manevi tüm olumsuz etkilerinin ortadan kalkabilmesi için uzun bir sürece ihtiyaç vardır. Ekolojik bakımdan toparlanma, uygun silvikültür bakım planları ile mümkün olacaktır.

3.3. Uzaktan Algılama Sistemlerinin Kullanımı

Arazi değişimleri ve arazi kullanımlarındaki farklılıkları zamansal ve mekânsal açıdan ortaya koymak amacıyla kullanılan uzaktan algılama teknolojileri yüksek çözünürlüklü görüntüler vermesi avantajıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Pettorelli ve ark., 2011).

Uzaktan algılama teknikleri hasarın yoğunluğunu, miktarını belirlerken aynı zamanda mekânsal olarak ne tür bir dağılımda olduğunu da tespit etmektedir. Yangın alanındaki hasar yoğunluğu Sentinel-2 uydu görüntüleri ve çeşitli yanma indeksleri kullanılarak yangın sonrası hasar haritaları kullanılır. Yangının tanımlanması için gereken spektral bilgi, Terra ve Aqua uydularına monte edilmiş MODIS sensöründen elde edilen bilgiler ile elde edilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır (Ba ve ark, 2019). Görünür alandan termal kızılötesi alana kadar uzanan geniş, 38 spektral bant sayesinde orman yangınlarının tanımlanabilmesi için bol veri

sunmaktadır. Ayrıca bu sensörün 1-2 günde tüm dünyayı görüntülediği için mevcut bir orman yangınının izlenmesine de büyük katkı sunar (Wang J ve ark, 2011).

3.3.1. LAI, NDVI ve SAVI İndeksleri İle Orman Ekosistemleri Arasındaki İlişki

Orman ekosistemlerindeki bitki türlerinin fonksiyonel özelliklerini belirlemede önemli bir araçtır. LAI (Leaf Area Index), yaprak yüzey alanını ölçerek bitkilerin fotosentez kapasitesi, su buharı değişimi, ısı dengesi gibi ekosistemsel süreçler üzerindeki etkilerini incelemeye yardımcı olur. Yaprak alanı indeksi, bir kanopideki yaprak materyalinin miktarını ölçer. Tanım olarak tek taraflı yaprak alanının birim zemin alanına oranıdır. LAI değeri birimsizdir, çünkü alanların oranıdır. Örneğin, LAI'si 1 olan bir gölgelik, yaprak alanının zemin alanına 1:1 oranına sahiptir. Yaprak alanı indeksi 3 olan bir gölgelik, yaprak alanının zemin alanına 3:1 oranına sahiptir (URL1).

3.3.2. Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI),

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), uzaktan algılama yöntemiyle bitki örtüsünün sağlık durumunu değerlendirmek için kullanılan bir ölçümdür (Huang ve ark. 2021). Bitki örtüsünün fotosentez yapma kapasitesini ve bitki sağlığını belirlemek amacıyla kullanılan NDVI bitkilerin klorofil içeriğini ölçerek bitkinin büyüme durumu hakkında bilgi verir. NDVI, bitki örtüsü alanlarının büyüme ve gelişme durumunu izlemek, bitki örtüsü değişimlerini haritalamak, bitki örtüsü üzerindeki stres durumlarını tespit etmek için yaygın olarak kullanılır. (Kaya, 2020)

NDVI, arazi örtüsünün belirlenmesi ve sınıflandırılmasında, bitki örtüsünün zamana bağlı değişiminin takibinde, mevsim temelli olayların izlenmesinde ve tarımsal faaliyet araştırmalarında yaygın kullanılmaktadır (Brown ve ark., 2008).

NDVI'nin temel ilkesi, bitkilerin çevresel koşullara olan tepkilerinin klorofil konsantrasyonu ile ilişkilendirilmesidir. Bir bitki fotosentez yaptığında, klorofil üretimi artar ve bitki daha yeşil hale gelir. Bu nedenle NDVI, klorofil düzeyi ve bitki sağlığı hakkında bilgi verir. NDVI'nin hesaplanması için uydu verileri kullanılır ve bu veriler bitki örtüsünün kızılötesi ve kırmızı ışık yansımalarını ölçer. (Aksoy ve ark. 2023; Özdarıcı Ok, 2014) Bu değer; yakın kızılötesi elektromanyetik spektrumdan kırmızı dalga boyundaki ışık değerinin çıkarılıp daha sonra iki bant değerinin toplamına bölünmesiyle elde edilir (Çelik ve Karabulut, 2017). NDVI, bir alandaki bitki yoğunluğunun haritalaması açısından en güvenilir sonuçları vermektedir (Çiçekli, 2024). Bitki örtüsünün sağlık durumunun da ölçülebileceği NDVI değeri, "-1" ile "+1" arasında aldığı değerle ölçülür. -1'e yaklaştıkça bitki örtüsü yoğunluğu azalmakta, +1'e yaklaştıkça bitki örtüsü yoğunluğu artmaktadır. Bitki örtüsü yoğun olan yerler +1 ile ifade edilirken, su, bulut gibi yüzeylerde -1'e yaklaşır. Toprak, taş ve kayalık alanlarda NDVI değeri 0 ölçülür (Kaya, 2020). Şekil 1'de yıllara göre değişmiş olan NDVI görüntüsü örneği verilmiştir.

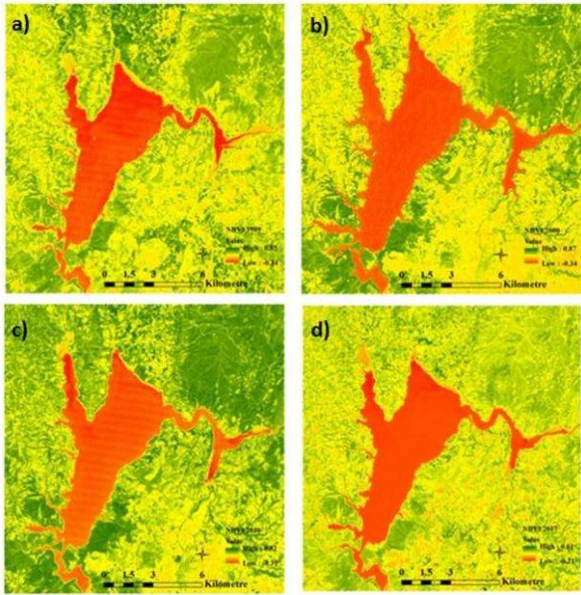


Figure / Şekil 1: NDVI changes in years/Yıllara göre NDVI değişimi (Gülcü, 2019)

Özdarıcı Ok (2014), Mersin’de Mekânsal çözünürlüklü GeoEye görüntüleri ile %65 ile %90 aralığında bir doğruluk değeri ile ağaç tespiti yapmıştır. Benzer bir çalışma olarak Gündoğdu (2018), Landsat-8 görüntüleri temelli NDVI değerleri ile buğday ekili alanlarda zamansal değişimi ortaya koymuştur. Bitki örtüsünün yoğunluğunun, bitki örtüsü indeksleri ile araştırıldığı başka bir çalışmada; Karatepe Aslantaş Milli park örneği üzerinden doğruluk/güvenirlik yüzdelerine bakıldığında; ele alınan tüm indekslerin doğruluğu karşılarken, en yüksek değeri NDVI değeri vermiştir (Oturanç, 2025).

3.3.3. Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü Endeksi (SAVI)

Temel olarak NDVI’ya benzeyen SAVI değerinde farklı olarak toprak alanlarının etkisi daha fazla görülür (Kaya, 2020). SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) zayıf bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda topraktan gelen yansıma değerlerindeki toprak parlaklığına göre, NDVI değeri üzerinde düzeltme amacıyla kullanılır

(URL 2). Toprak etkilerini azaltarak en güvenilir sonucu veren SAVI değeri, düşük bitki yoğunluğu, yerleşim alanları ve su yüzeyleri alanlarını ayırtıracak bir değer olarak kullanılabilir (Oturanç, 2025).

Öncü ve Çorumluoğlu (2023), 2019 yılında gerçekleşen İzmir orman yangının verdiği hasarı, Sentinel-2 uydu görüntüleri ile farklı yanma indeksleri kullanılarak oluşturduğu hasar haritalarında,, saha çalışmalarının imkan vermediği ölçüde, ulaşımı ve tespiti zor bölgelerde bile hasar düzeyini en doğru şekilde ortaya koyabilmişlerdir. dNDVI, dNBR, dNBRT, dBAI, RBR indeksleme yöntemlerinin kullanımı ile OGM’nin yanık saha bildirimleri karşılaştırıldığında en az %97 oranında doğruluğu verebilecek kadar güvenilir veriler sunmaktadır Öncü ve Çorumluoğlu (2023). Doğruluk analiziyle indekslerin karşılaştırılması bakımından ele alınan çalışmada Çiçekli (2014), farklı spektral indeksleri Sentinel-2 görüntüsü üzerinden değerlendirmiştir. Ancak, spektral indekslerin bir çalışma odaklı veya bireysel kullanımına literatürde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Ancak tüm bu indekslerin karşılaştırmalı olarak belli bir alan içinde kullanımı uygulaması sınırlı kalmıştır. Bununla beraber farklı indekslerin bireysel veya kompleks kullanımı orman yangınlarının etkilediği alanın tespiti için kullanılabilir. Sentinel-2 verisi yangından sonraki hasarın haritalandırılmasında oldukça yüksek orana sahiptir. İndeks sonuçları Orman Genel Müdürlüğü’nün resmi açıklama sonuçlarıyla eşleşmesi bakımından kullanılabilir değerler olma niteliğini desteklemektedir (Yücer, 2023).

4.1. Yapay Sinir Ağları ve Orman Yangınları

Yapay sinir ağları, birçok yapay sinir hücresinden oluşan katmanlar halinde yapılandırılmıştır ve bu sinir hücreleri arasındaki bağlantılar güçlendirilerek öğrenme gerçekleştirilir. Yapay sinir ağlarının öğrenme yeteneği, gerçekçi sonuçlar elde etmek ve karmaşık problemleri çözmek için kullanılmasını mümkün kılar (Soydan ve Benliay, 2020a).

Yapay sinir ağları modelleri, bilgisayar yazılım sistemlerindeki gelişmelerden dolayı gün geçtikçe daha da yaygın bir kullanım alanına sahip olmaktadır. Oluşturulan tüm yeni bilgi ağları, doğrusal olmayan sistemleri de kapsamak üzere, sistem davranışını tahmin edebilir hale getirmektedir. Bu ağlar kendi içinde pek çok çıktı sağlayabilirken, karmaşık davranışları koruyabilen sistemlerdir (Soydan ve Benliay, 2020b).

Orman yangınlarının potansiyel çıkış noktalarının tespitini sağlamak, önlem planları ve müdahale süresinin kısaltılması ile olası zararların ortaya konmasında yapay sinir ağları kullanılabilir.

İnsan beyninin çalışma biçimini, paralel ve yüksek bilgi işleme yönüyle taklit edecek şekilde tasarlanmış matematiksel algoritmalar olan yapay sinir ağları, (Safi ve Bouroumi, 2013) girdi katmanı, bir veya daha fazla gizli katman ve çıkış katmanından oluşmaktadır (Akın ve Şahin 2023). Veri yönüyle zengin, ancak model açısından fakir, öğrenme tabanı olarak kullanılabilecek çok miktarda verinin mevcut olduğu hiçbir geleneksel yöntemin çözemediği karmaşık problemler üzerinde uygulanabilir. Orman yangınları, bitki örtüsünün tutuşması ve

söndürülmesi arasındaki süreçte yanıcı maddenin elverişli olması ile büyük miktarda duman üretir (Wang Z. ve ark., 2022). Uydu görüntülerinden elde edilen yangın dumanının görüntü tabanlı tespitindeki amaç, görüntüdeki dumanı ve alevi tespit ederek yangın noktasını belirlemektir. Farklı bir değerlendirme yöntemi olarak, meteorolojik unsurlar ele alındığında; sıcaklık, nem, rüzgar gibi veriler yangın çıkma ihtimalini risk puanı ile tahmin etmektir (Safi ve Bouroumi, 2013).

Çeşitli araştırmalar, orman yangınlarını önlemek ve hasar tespiti yapmak için yenilikçi yaklaşımlara odaklanmaktadır. Bir çalışma, fotosentetik olmayan bitki örtüsü (NPV), fotosentetik bitki örtüsü (PV) ve çıplak toprak (BS) fraksiyonlarını dikkate alarak yangın sonrası bitki örtüsü hasar alanlarını doğru bir şekilde hesaplanabilir olduğunu ileri sürmüştür (Wang ve ark. 2023). Başka bir çalışma, orman yangını riski tanımlama doğruluğunu artırmak için transfer öğrenimi ve ana bileşen analizini kullanarak, "DCN_Fire" adlı gelişmiş bir dinamik sinir ağı (DCNN) modeli geliştirmiştir (Zheng ve ark. 2022). Bu çalışmalar, NDVI analizi ve sinir ağları gibi ileri teknolojilerin orman yangınlarının etkisini azaltmada ve önleme ve müdahale stratejilerini iyileştirmede ve projeksiyonlar geliştirme konusundaki önemine vurgu yapmaktadır.

Yapay Sinir Ağları ve Uydu Teknolojisinin bir araya getirilmesi, orman yangınlarının izlenmesi ve kontrol edilmesinde önemli bir rol oynar. Uzay tabanlı iletişim sistemleri tipik olarak geniş hava sahası ve deniz alanlarını kapsamak için kullanılmaktadır (Geraci ve ark. 2022). Yapay

sinir ağları, uydu verilerini analiz etmek ve yangın riskini belirlemek için kullanılır. Uydu teknolojisinin sağladığı geniş görüş açısı ve yüksek çözünürlüklü verilerle birleştirildiğinde, yapay sinir ağları orman yangınlarının erken tespiti ve yerel risk analizi için etkili hale gelir. Bu entegrasyon, yangınların hızla yayılmasını önlemek ve yangınların etkilerini minimize etmek için önemli bir araç olabilir. Bu kapsamda yapılan literatür araştırmaları sonucunda, araştırma konusu kapsamında, farklı spektral indekslerin kullanım amaçları özetlenmiştir (Çizelge 1).

Spektral indeksler ve yapay sinir ağlarının kullanımı orman yangınlarının ardından yapılan hasar tespit çalışmalarının dışında, orman vejetasyonunun korunması ve sürdürülebilirliği, olası bir yangın durumunda acil eylem planı, yangının yayılışı ve şiddeti hakkında da detaylı bilgiler sunar. Teknolojinin gelişmesi ve uydu görüntülerinin kullanım biçiminine katılan işlevler ve elde edilen sonuçlar, yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından da oldukça ilgi çeken bir konudur.

Table/Çizelge 1. Data and Analysis Methods Used by Years / Yıllara Göre Kullanılan Veri Ve Analiz Yöntemleri

Yazar	Yıl	Kullanılan veri	Analizler
Bulut	2024	Sentinel 2	SWIR ve NIR bantlarına dayalı MIRBI, NBR2, BAI ve NDVI
Çiçekli	2024	Sentinel 2 Landsat 9	NDVI, NBR1, BAI
Nugroho ve ark.	2024	Landsat 8 Google Earth Engine	NDVI, TDVI
Moharir ve ark..	2024	Landsat 5 Landsat 8 Google Earth Engine Forest Survey of India	NDVI, NBR, LST
Nugroho	2024	Landsat 8	NDVI, LST, TVDI
Yıldız ve ark.	2023	Spot 6 ve 7 Sentinel 2 Google Earth	dNBR, NBR Yangın şiddeti Bitki örtüsü iyileşme oranı
Öncü ve Çorumluoğlu	2023	Landsat 8 uydu görüntüleri	NDVI, dNDVI, NBR, dNBR, BAI; RBR
Ya'acob,	2022	Landsat 8	NDVI, LST, LULC
Benliay ve ark.	2020	Landsat TM 5 Landsat TM 8	NDVI
Dali	2018	Landsat 7 ETM+	NDVI, NBR, SAVI

4. Conclusion and Discussion / Tartışma ve Sonuç

Peyzaj mimarlığı, estetik kaygılar ile ekolojik fonksiyonların doğru

temellendirilmesinde afete karşı duyarlı bir bakış açısı da barındırır. Bu açıdan hem orman yangınları kapsamında korumacı/önleyici strateji ve yaklaşım önerilerinin sunulması, hem de

yangın sonrası restorasyonda aktif ve merkezi bir rol üstlenen bir meslek disiplindir.

Uydu sistemleri geniş bir coğrafi alanı kapsayabilen yüksek çözünürlükte görüntüler sağlarken farklı bantlarda veri toplayabilme yeteneğine sahiptir. Bu yangının izlenmesi başlaması ve aşamasından itibaren gelişim süreçleri, kapladığı alan ve etkilediği çevre anlamında geniş bir bilgi sunarken yangın sonrası yaklaşımlar için de kritik öneme sahiptir.

Yangın sonrası restorasyonun başarılı sayılması, vejetasyon dinamiğini iyi bilmek kadar doğru analizlerle üzerinde çalışılabilir şekilde verilerin ortaya konmasından geçer. Bu aşamada uzaktan algılama sistemleri ve yapay sinir ağları uygulamalarını etkin kullanmak, yangın sonrası karşılaşılan tablonun yönlendirici şekilde okunmasına ve güvenilir bir yol haritası oluşmasına katkıda bulunacaktır. Yangın sonrası çıkan tablonun yönlendirici bir şekilde okunması önemlidir. Orman yangını, dinamik ve çok boyutlu bir olay olduğu gibi farklı pek çok parametreye sahiptir. Karmaşık veri setlerinin analiz etmek ve sonuçlar çıkarmak için güçlü bir araç olan yapay sinir ağları, bu aşamada geçmiş verilerin öğrenilmesi ve yeni verilerin tahmin edilmesi üzerine bir fırsat tanır.

İnsan benzeri düşünüp problem çözme ve karar verme becerilerini kapsayan yapay zeka, sağlık, finans, eğitim, tarım gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabildiği gibi orman yangınları sonrası rehabilitasyon aşamasında da etkin biçimde kullanılabilir. Tahribat sonrası haritaların oluşturulması, iyileştirme planları yapılırken güvenilir kaynak olma özelliğindedir. Landsat,

Sentinel gibi uydu görüntüleri üzerinden makine öğrenmesi ile yanan ve yanmayan alanların tespiti NDVI, NBR gibi spektral indekslerden veri sağlanması ve etkilenen biyokütle miktarının tahmini gibi konularda kullanılabilir. Yangın sonrası değişen biyoçeşitliliğin, bozulan flora ve faunanın değerlendirilmesinde çok yönlü analizler yapılabilir. Rehabilitasyon planlaması ve silvikültür aşamasında uygulanacak türlerin seçiminde, optimizasyon algoritmaları kullanarak öncelikli alanlar tespit edilebilir. Uydu verilerinden gelen bilgilerin analiz edilerek iyileşme sürecinin doğru izlenmesi sağlanırken, zamansal analizler yapılabilir. Ayrıca risk ve risk faktörleri üzerinde doğru veriler sunar. Avustralya'da 2020 yılında gerçekleşen büyük yangın sonrası 3 milyon hektar alanın analizinin yapılması (URL 3), California'da yapay zeka destekli dronelar ile yangından sonra toprak erozyonunun haritalanması (URL 4) gibi güncel örnekler, yapay zekanın çevre bilimleri alanında ne kadar etkili kullanılabileceğini göstermektedir.

Peyzaj mimarlığı; ekoloji, fonksiyon ve üst ölçekten bakabilme yetisi ile orman yangınları bağlamında restorasyon aşamasında bir planlama gücü olarak bulunmalıdır. Tüm bu bileşenler sayesinde peyzajın planlaması ve restorasyonu aşamasında elde edilen tüm bu teknolojik veriler ile sürdürülebilir çevre üretmeye katkı misyonunu güçlendirerek yerine getirecektir.

Acknowledgements / Teşekkür

Yangın sonrası vejetasyon dinamiklerinin ele alındığı doktora çalışmasından üretilen bu araştırma sırasında bilgi ve tecrübelerini aktaran Akdeniz Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı

Bölümü'nün değerli bölüm hocalarına, sözlü görüşmeler yolu ile bilgi veren Orman Bölge Müdürlüğü yetkili personeline çalışmanın kapsayıcılığı ve ilerlemesinde aldıkları önemli rolden ve sunduğu tüm katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

Ethical Statement / Etik Beyan

Çalışma kapsamında doğrudan katılımcı, hayvan denek veya herhangi bir kişisel veri işlemesine dayalı bir yöntem bulunmadığından etik kurul onayına ihtiyaç duyulmamıştır. Çalışma, bilimsek etik kuralları çerçevesinde yürütülmüştür.

References/Kaynaklar

- Akın, E., Şahin, M., E. (2023). Derin Öğrenme ve Yapay Sinir Ağı Modelleri Üzerine Bir İnceleme. EMO Bilimsel Dergi 2024, 14(1), 27-37.
- Aksoy, B., Çakmak, B., Kumbasar, N. (2023). Muğla Wildfires Burn Severity and Vegetation Difference Analysis with Remote Sensing Techniques. In 2023 31st Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU
- Ba, R., Song, W., Li, X., Xie, Z., Lo, S. (2019). Integration of Multiple Spectral Indices and a Neural Network for Burned Area Mapping Based on MODIS Data. Remote Sensing, 11(1), 326.
- Benliay, A., Yılmaz, T., Olgun, R., Ak, M. K. (2020). NDVI indicated changes in vegetation and their relations to climatic comfort factors in Demre-Akçay Sub basin, Turkey. Journal of Environmental Biology, 41(2, Special Issue), 344–350.
- Bilgili, E., Küçük, Ö., Sağlam B., Coşkun, K. A. (2021). Büyük Orman Yangınları: Sebepleri, Organizasyonu ve İdaresi. Orman Yangınları Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler Ve Rehabilitasyon Faaliyetleri. Türkiye Bilimler Akademisi, Ankara.
- Brown, J.F., Wardlow, B., Tadesse, T., Hayes, M.J., Ve Reed, B.C. (2008). The Vegetation Drought Response Index (Vegdri): A New Integrated Approach For Monitoring Drought Stress in Vegetation. GIScience and Remote Sensing, 45(1), 16-46.
- Bulut, F., Ş. (2024). Burned Forest Area Mapping From Post-Fire Sentinel-2 Imagery Using Object-Based Machine Learning Classification. Graduate School of Science and Engineering of Hacettepe University, Department of Geomatics Engineering, Master of Science, 78 p.
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143(1), 1–10.
- Chuvieco E., Aguado I., Jurdao S., Pettinari M. L., Yebra, M., Salas, J., Hantson, S., Riva, J., Ibarra, P., Rodrigues, M., EcheverriA, M., Azqueta, D., RomaN, M. V., BastarrikA, A., Martí'nez, S., Recondo, C., Zapico, E., Martí'nez-Vega, F. J., 2014. Integrating geospatial information into fire risk assessment. International Journal of Wildland Fire, 23, 606-619.
- Çelik, M. A., Ve Karabulut, M. (2017). Uydu Tabanlı Kuraklık İndisi (SVI) Kullanılarak Yarı Kurak Akdeniz İkliminde (Kilis) Buğday Bitkisinin Kurak Koşullara Verdiği Tepkinin İncelenmesi. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15(1):111-130
- Çelik, M., Ö., Fidan, D., Ulvi, A., Yakar, M. (2023). Akdeniz bölgesindeki orman yangınlarının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak değerlendirilmesi: Mersin ili Silifke ilçesi örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 9(2), 116-125.
- Çiçekli, S., Y. (2024). Kentsel Alanlarda Arazi Kullanım ve Arazi Örtüsü Belirleme Çalışmalarında Spektral İndekslerin Kullanılması: Ceyhan İlçe Merkezi Örneği, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1), 51-61.
- Dali, N., I., B. (2018). Fire severity and post-fire generation using Landsat NDVI, NBR and SAVI (Undergraduate thesis, Universiti Teknologi MARA). Faculty of Architecture, Planning and Surveying. 72p.
- FAO, (2006). Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. Fire management: Global assessment 2006, FAO Forestry Paper 151.
- Geraci, G., Lopez-Perez, D., Benzaghta, M., Chatzinotas, S. (2022). Integrating terrestrial and non-terrestrial networks: 3d opportunities and challenges, IEEE Communications Magazine.
- Gill, A. M., Stephens, S. L., Cary, G., J., 2013. The worldwide "wildfire" problem. Ecological Applications, 23(2), 438–454.
- Gülci, S., Gülci, N., Yüksel, K. (2019). Monitoring water surface area and land cover change by using Landsat

imagery for Aslantaş Dam Lake and its vicinity. Journal of the Institute of Science and Technology. 9(1), 100-110

Gündoğdu, K. S. (2018). Buğday ekili parsellerde NDVI değerlerinin konumsal ve zamana bağlı değişiminin belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 21(4), 492-499.

Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. Journal of Forestry Research, 32(1), 1-6.

Kavgacı, A., Tavşanoğlu, Ç. (2010). Akdeniz Tipi Ekosistemlerde Yangın Sonrası Vegetasyon Dinamiği. Turkish Journal of Forestry, 11(2), 149-166.

Kaya, Y. (2020). Çok bantlı uydu görüntüleri kullanılarak buğday bitkisinin incelenmesi-Ceylanpınar TİGEM örneği. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73 s.

Moharir, K., Singh, M., Pande, C., B., Singh, S. K., Gelete, G. (2024). Mapping forest fire-affected areas using advanced machine learning techniques in Damoh district of Central India. Knowledge-based Engineering and Sciences, 5(1), 62-80.

Nugroho, H., Sari, D., K., Baihaqi, T. (2024). Detection of land drought using Landsat imagery on the Google Earth Engine platform for forest fire mitigation. ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 12(1).

OGM (2025). <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/mevzuat-sitesi/Tebliğler>.

Oturanç, S., Y. (2025). Bitki Örtüsü İndeksleri Kullanılarak Bitki Örtüsü Yoğunluklarının Araştırılması: Karatepe-Aslantaş Milli Parkı Örneği. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(1), 129-137.

Öncü, G., Çorumluoğlu, Ö. (2023). Determination of spatial distribution of damage intensity of Tınazlı-Izmir forest fire using remote sensing indexing techniques. International Journal of Environment and Geoinformatics, 10(2), 151-158.

Özdarıcı Ok, A. (2014). Yüksek Mekansal Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Otomatik Ağaç Tespiti Yeni Bir Yaklaşım, V. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), İstanbul

Pausas, J. G., Keeley, J. E. (2009). A burning story: the role of fire in the history of life. BioScience, 59(7), 593-601.

Pettorelli N, Ryan S, Mueller T, Bunnefeld N, Jedrzejewska B, Lima M, Kausrud K. (2011). The Normalized

Difference Vegetation Index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. Climate Research 46, 15-27.

Polat, N., ve Kaya, Y. (2021). Çok Bantlı Uydu Görüntüleriyle Orman Yangınlarında Hasar Tespiti. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 23(1), 172-181.

Safi, Y., Bouroumi, A. (2013). Prediction of Forest Fires Using Artificial Neural Networks, Applied Mathematical Sciences, 7(6), 271-286.

Soydan, O, Benliay, A. (2020a). Kentsel Alanlardaki Bitki Örtüsünün Belirlenmesinde Yapay Sinir Ağları Ve Uzaktan Algılama Teknolojilerinin Kullanımı. Online Journal of Art & Design. 8(4), 234-258.

Soydan, O, Benliay, A. (2020b). Determination of The Relationship of The Lighting Element and Floor Material Used in Landscape Design Using Artificial Neural Network Analysis. 355-370.

Turner, M., G. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual Review of Ecology and Systematics, 20, 171-197.

Turner, M., G., Romme, W. H., Gardner, R. H., Hargrove, W., W. (2001). Effects of fire size and pattern on early succession in Yellowstone National Park. Ecological Monographs, 67(4), 411-433.

URL 1, <https://metergroup.com/education-guides/the-researchers-complete-guide-to-leaf-area-index-lai/> Erişim tarihi:02.06.2024

URL 2, <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-soil-adjusted-vegetation-index> Erişim tarihi: 18.05.2025.

URL 3. https://blog.google/intl/en-au/company-news/technology/monitoring-wildlife-with-ai/?utm_source=chatgpt.com. Erişim tarihi: 25.05.2025

URL 4. https://alertcalifornia.org/technology/?utm_source=chatgpt.com. Erişim tarihi: 25.05.2025

Wang, J., Song, W., Wang, W., Zhang, Y., Liu, S. (2011). A new algorithm for forest fire smoke detection based on modis data in heilongjiang province. In Proceedings of the 2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), Nanjing, China, 24-26 June 2011; s5-8.

Wang, X., Yan, J., Tian, Q., Li, X., Tian, J., Zhu, C., Li, Q. (2023). Estimation of Forest Fire Burned Area by Distinguishing Non-Photosynthetic and Photosynthetic Vegetation Using Triangular Space Method. Remote sensing

Wang, Z., Yang, P., Liang, H., Zheng, C., Yin, J., Tian, Y., Cui, W. (2022). Semantic Segmentation And Analysis On Sensitive Parameters Of Forest Fire Smoke Using Smokeunet And Landsat-8 Imagery. Remote Sensing, 14(1), 45.

Ya'acob, N., Jamil, I. A. A., Aziz, N. F. A., Yusof, A. L., Kassim, M., & Naim, N. F. (2022). Hotspots Forest Fire Susceptibility Mapping for Land Use or Land Cover using Remote Sensing and Geographical Information Systems (GIS). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1064, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.

Yıldız, C., Çömert, R., Tanyaş, H., Yılmaz, A., Akbaş, A., Akay, S. S., Yetemen, Ö., Görüm, T. (2023). The effect of post-wildfire management practices on vegetation recovery: Insights from the Sapadere fire, Antalya, Türkiye. Frontiers in Earth Science, 11, Article 1174155.

Yücer, E. (2023). Sentinel-2 MSI ve Landsat-9 OLI uydu görüntüleriyle yanmış alanların tespiti: 2022 Muğla/Marmaris orman yangını. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26(4), 866–880.

Zheng, S., Cheng, P., Weixing, G., Xiangjun, W., Zou. (2022). A Highly Accurate Forest Fire Prediction Model Based on an Improved Dynamic Convolutional Neural Network. Applied Sciences.