

## Afet Yönetimi Döngüsünde Uzaktan Algılama Sistemlerinin Kullanımı

Dilek Küçük Matcı<sup>1</sup>

### Abstract

Unpredictable and frequently large-scale events, disasters have the potential to seriously affect people's lives, health, the environment, and the economy. Although disasters are frequently unforeseeable and uncontrollable, preparedness and reaction plans can help lessen their effects. As a result, having the right data is essential for the disaster management cycle, which includes procedures used before, during, and following a disaster. This section describes the use of data from remote sensing technologies in the previously outlined cycle.

Additionally, a case study utilizing remotely sensed data for damage detection research was carried out. Sentinel-2 photos were utilized in this application to identify the impacted areas of the Eskişehir/Kırka area fire. The excellent accuracy of the results show how useful remote sensing data is for damage detection.

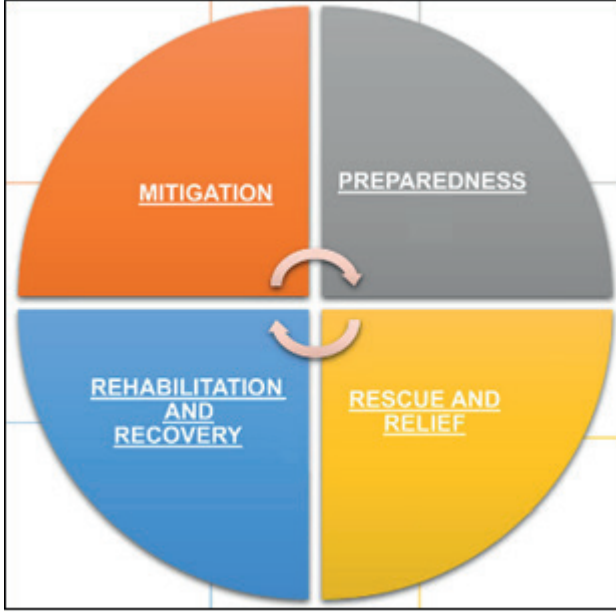
### 1. Giriş

Afetler, toplum ve çevre üzerinde yıkıcı etkileri olan olaylardır. Doğal yaşam alanlarına zarar vermenin yanı sıra afetler, ekonomik sistemleri de olumsuz etkileyebilmektedirler. Afetlerin yarattığı yıkım, büyük çevresel bozulmalara yol açabilmektedir. Örneğin, ülkemizde de sıklıkla meydana gelen seller, toprak erozyonuna neden olabilmekte ve bitkilerin yetişmesi için ihtiyacı olan maddeleri taşıyabilmektedir. Su kaynaklarında meydana gelen kirliliğin su ekosistemleri, içme suyu kaynakları, insan ve yaban hayatının sağlığı üzerinde zararlı etkileri olabilmektedir. Diğer yandan afetler sonrası atmosfere salınan kirletici maddeler hava kalitesini düşürebilmektedir. Bu kirleticiler insan sağlığına zarar verebilmekte ve sera gazları ve parçacık

1 Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, dkmatci@eskisehir.edu.tr, 0000-0002-4078-8782

maddeleri açığa çıkararak iklim değişikliğine katkıda bulunabilmektedir. Afetlerin yarattığı hasarı azaltmak için, kapsamlı bir yaklaşım gerekmektedir. Bu yaklaşım güçlü bir planlama, kurumlar arası işbirliği ve toplulukların afetlere karşı direncini artırmak gibi eylemleri içermektedir. Afetleri incelemek ve oluşum nedenlerini anlamak, bu afetlere karşı önlemler almak, can ve mal kaybını minimuma indirebilir; böylece gelecekteki afetlere dayanıklı bir çevre inşa edilebilir.

Afet anında herhangi bir hazırlık yapmak, yeni yöntemler geliştirmek veya gerekli malzemeleri edinmek için hiç zaman olmayabilir. Afet anında gerekli müdahaleyi yapmak ve hasardan kurtulmayı ve iyileşmeyi sağlamak için afet öncesinde önlemler almak gereklidir (Coppola, 2006). Bu gibi nedenlerden dolayı etkiyi azaltma, hazırlık, müdahale ve kurtarmadan oluşan dört aşamadan oluşan afet yönetimi döngüsü geliştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Afet Yönetimi Döngüsü (Shah et al., 2023)

Afet yönetimi döngüsünün ilk aşaması olan risk/zarar azaltma (mitigation), afetlerin neden olabileceği zararı en aza indirmeyi amaçlar. Bu aşamada risk analizleri gerçekleştirilir, yasal düzenlemeler oluşturulur ve hafifletme stratejileri geliştirilir. Hazırlık aşaması (preparedness), bir afetin muhtemel olduğu durumlarda düzenlenen faaliyetleri kapsar. Müdahale ve kurtarma operasyonlarına hazırlık yapmak, gerekli malzemeleri stoklamak

ve tahliyeleri planlamak bu faaliyetlere örnek olarak sıralanabilir. Müdahale aşaması (rescue and relief); tahliye, kurtarma, barınma sağlama ve insani yardım gibi eylemlerin gerçekleştirilmesini ifade eder. Son olarak iyileşme aşaması (rehabilitation and recovery), normale dönüş için onarım ve yeniden inşa çabalarını ifade eder (Joyce et al., 2009).

Teknolojinin gelişimiyle birlikte, uzaktan algılama, Dünya hakkında önemli veriler sağlayan, afet yönetim döngüsünün her aşamasına katkıda bulunabilen güçlü bir araç haline gelmiştir. Örneğin, afet yönetim döngüsünün hasar riski/zararı azaltma aşamasında, altyapıların felakete olan hassasiyetini belirleyerek, yardıma ihtiyaç duyabilecek alanların belirlenmesine yardımcı olabilmektedir. Aynı şekilde yangın riskinin yüksek olduğu bölgeler uzaktan algılama sistemlerinin sağladığı veriler ile belirlenerek acil durum müdahale ekiplerinin ve malzemelerinin riskli bölgelere konuşlandırılmasına öncelik vermek, kaynak tahsisini ve müdahale koordinasyonunu optimize etmek için kullanılabilir (Kaku, 2019). Uzaktan algılama, kasırga, sel ve orman yangını gibi afetlerin gerçekleştiği anlarda da veriler sağlayabilmektedir (Eguchi et al., 2008). Karar vericiler, bu verileri alıp topluluklar üzerindeki etkiyi en aza indirmek için uyarı verebilmekte ve tahliye işlemlerini başlatabilmektedirler. Afet sırasında ve hemen sonrasında uzaktan algılama, hasarın boyutu ve ciddiyeti hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlamaktadır. Uzaktan algılama aynı zamanda yanmış ormanların yenilenme süreçlerinin veya deprem sonrasında enkazın kaldırılması ve yeniden inşasının izlenmesi gibi göstergelere dayalı olarak afet sonrası bir bölgedeki iyileşme süreçlerinin takibi için de kullanılabilir (Joyce et al., 2009).

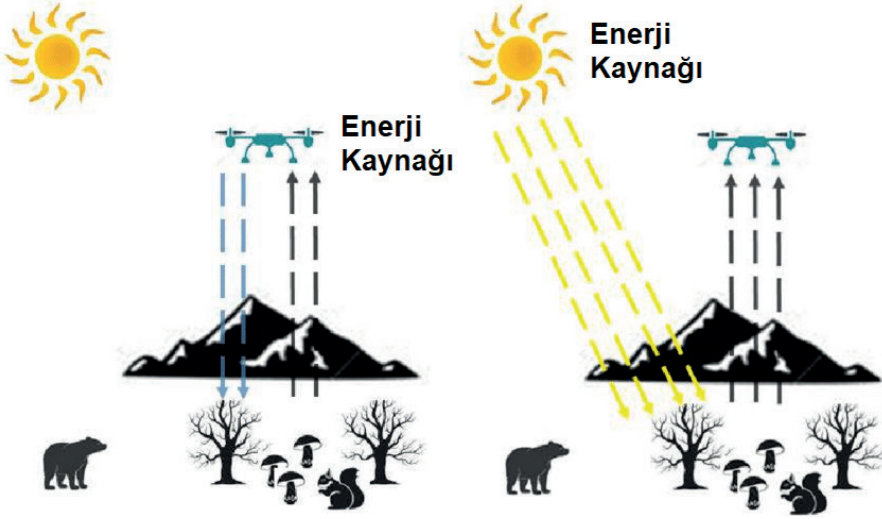
Genel olarak uzaktan algılama teknolojileri, her seviyedeki paydaşlara zamanında, doğru, hızlı ve ekonomik bilgiler sağlayarak afet yönetimi süreçlerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilmektedir. Karar vericilerin, uzaktan algılama verilerini karar destek sistemlerine ve iş akışlarına entegre ederek riskleri azaltan, hayat kurtaran ve afetlerin topluluklar ve altyapı üzerindeki etkisini azaltan bilinçli seçimler yapabilmesine yardımcı olabilmektedir (Van Westen, 2000).

Bu bölümde, uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilen verilerin afet yönetim sistemlerinin kullanım alanları ele alınmıştır. Bölümün devamında, uzaktan algılama temelleri, afet öncesinde, sırasında ve sonrasında uzaktan algılama sistemlerince sağlanan verilerin nasıl kullanılabileceği; afet riski değerlendirmesi, erken uyarı sistemleri oluşturma, hasar tespiti ve çevresel etkilerin izlenmesi gibi çeşitli alanlarda nasıl bir rol oynayabileceği açıklanmıştır. Bölümün devamında, bir uygulama çalışması olarak, Türkiye'nin Eskişehir ilinde meydana gelen bir orman yangınının

etkilerinin, Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak nasıl tespit edildiği gösterilmektedir.

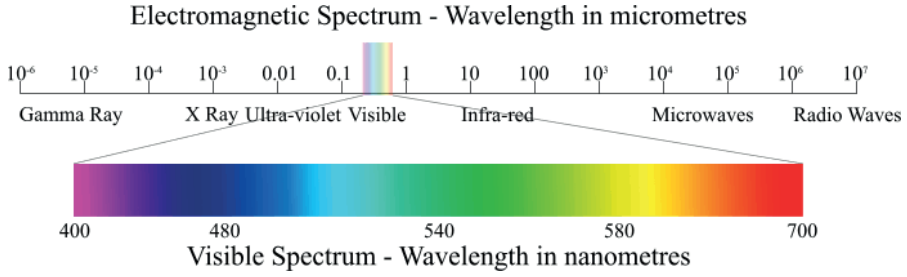
## 2. Uzaktan Algılamanın Temelleri

Uzaktan algılama, doğrudan fiziksel temas olmadan Dünya'nın yüzeyi ve atmosferi hakkında bilgi sağlayan bir araçtır (Şekil 2). Dünyadaki nesnelere, özelliklerine bağlı olarak gelen güneş ışınımını elektromanyetik spektrumun (ES) farklı dalga boylarında yansıtır (Lillesand et al., 2015).



Şekil 2. Uzaktan Algılama Sistemleri (Shakhatreh et al., 2019)

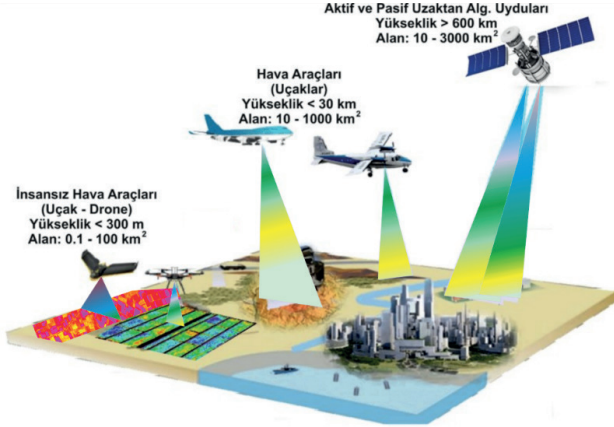
ES, elektromanyetik ışınımın olası tüm frekanslarının aralığını kapsar (Şekil 3). Bu spektrum, gama ışınları, X ışınları, ultraviyole (UV) ışınım, görünür ışık, kızılötesi (IR) ışınım, mikrodalgalar ve radyo dalgaları gibi çeşitli ışınım türlerini içerir. Her ışınım türü, belirli bir dalga boyu veya frekans aralığına karşılık gelir; gama ışınları en kısa dalga boylarına ve radyo dalgaları en uzun dalga boylarına sahiptir (Norgard & Best, 2017). Uzaktan algılamada farklı sensörler, ES'nin belirli bölümlerini tespit etmek için tasarlanmaktadır. Buda Dünya yüzeyi ve atmosferindeki farklı olayların ve malzemelerin gözlemlenmesine olanak tanımaktadır. Elektromanyetik ışınım madde ile etkileşime girdiğinde soğurma, yansıma ve iletim dâhil olmak üzere çeşitli işlemlerden geçer. Etkileşim hem ışınımın hem de karşılaştığı malzemenin özelliklerine bağlıdır (Day, 1955; Norgard & Best, 2017).



*Şekil 3. Elektromanyetik Spektrum*

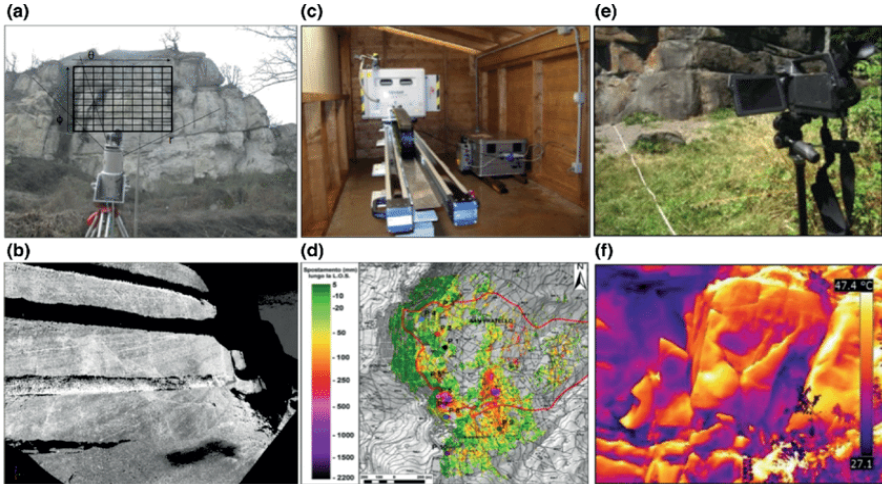
Uzaktan algılama platformları ve sensörler, uzaktan algılama sistemlerinin temel bileşenleri olup, Dünya yüzeyi ve atmosferine ilişkin verilerin uzaktan elde edilmesini sağlar (Şekil 4). Bu platformlar ve taşıdığı sensörlerin özellikleri, tasarımları ve uygulamaları açısından farklılık gösterir. Uzaktan algılama platformlarından biri olan uydu bazlı platformlar, Dünya'nın yüzeyi ve atmosfer hakkında veri toplamak için uzaktan algılama araçlarıyla donatılmış yörüngeli platformlardır. Örneğin, Jeostatik uydular, Ekvatorun üzerinde yüksek irtifalarda yörüngede dönerek belirli bölgelerin sürekli izlenmesini sağlar. Genellikle hava durumu izleme ve iklim çalışmaları için kullanılırlar. Kutupsal yörüngeli uydular, daha düşük irtifalarda yörüngede dönerler ve her yörüngede Dünya yüzeyinin farklı kısımlarından geçerler. Arazi örtüsü haritalaması, çevresel izleme ve afet yönetimi dahil olmak üzere çeşitli uzaktan algılama uygulamaları için kullanılırlar (Toth & Jókó, 2016; Zhang et al., 2022). Uydu bazlı platformlara örnek verilecek olursa Landsat (multispektral), MODIS (orta çözünürlüklü görüntüleme), Sentinel (Avrupa Uzay Ajansı'nın Dünya gözlem programı) ve GOES (Geostationary Operasyonel Çevresel Uydular) sayılabilir.

Uzaktan algılama platformlarından bir diğeri hava platformlarıdır (Şekil 4). Hava platformları arasında insanlı uçaklar, insansız hava araçları (İHA'lar), uzaktan algılama sensörleriyle donatılmış helikopterler bulunur. Bu platformlardan gelen veriler genellikle ayrıntılı haritalama, arazi etüdü ve çevresel izleme için kullanılırlar (Pepe et al., 2018; Toth & Jókó, 2016).



Şekil 4. Uydü ve Hava Uzaktan algılama Platformları (MCTek, 2013)

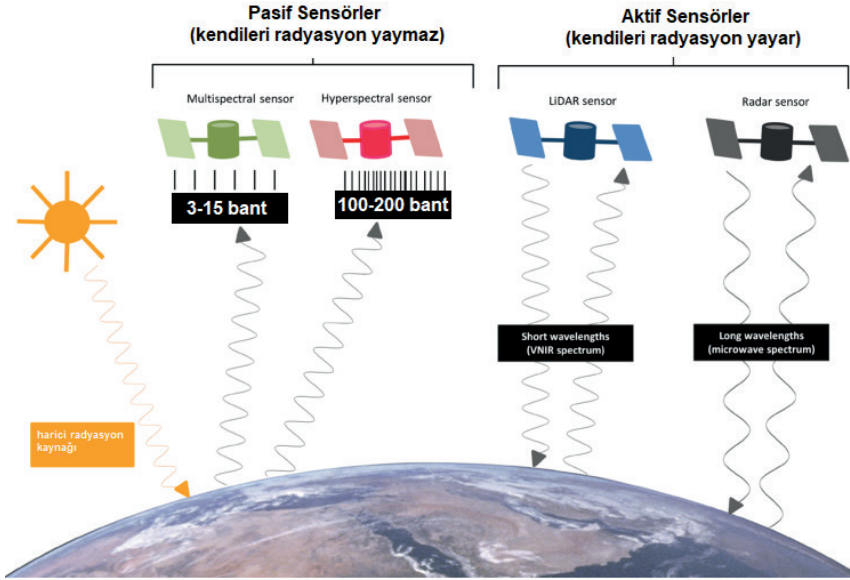
Yer bazlı platformlar, uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan platformların sonucusudur (Şekil 5). Bu platformlar, uzaktan algılama uygulamaları için Dünya yüzeyine yerleştirilen sabit ve mobil sensörleri içerir. Karasal LiDAR tarayıcılar, uzaklıkları ölçmek ve Dünya yüzeyinin ve nesnelerinin 3 boyutlu nokta bulutlarını oluşturmak için lazer darbelerini kullanan LiDAR sistemleridir. Hava istasyonları, sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve yağış gibi meteorolojik parametreleri izlemek için kullanılan yer tabanlı sensörlerdir. Yer bazlı kameralar, çevresel izleme, gözetleme ve araştırma amacıyla Dünya yüzeyinin görüntülerini yakalamak için sabit konumlara veya araçlara monte edilen kameralardır (Toth & Jókó, 2016).



Şekil 5. Yer Bazlı Platformlar (Casagli et al., 2017) a-b Yersel lazer tarayıcı; c-d Yer bazlı-InSAR sistemi ve yer değiştirme haritası; e-f Kızılötesi termal kamera ve yüzey sıcaklığı haritası



Uzaktan algılama platformlarında farklı özelliklerde sensörler kullanılmaktadır (Şekil 6). Bunlardan biri olan optik sensörler, spektrumun görünür, yakın kızılötesi ve termal kızılötesi kısımlarındaki elektromanyetik ışınımı yakalar. Bitki örtüsü analizi, arazi örtüsü haritalaması ve kentsel planlama gibi amaçlarla kullanılırlar. Diğer bir sensör tipi olan termal sensörler, nesnelerin yaydığı termal kızılötesi ışınımı ölçer. Sıcaklık değişimlerini izlemek, yangınları tespit etmek ve yüzeylerin termal özelliklerini değerlendirmek için kullanılırlar. Aktif sensör sistemler olan radar sensörleri, mikrodalga radyasyonu yayar ve Dünya yüzeyinin görüntülerini oluşturmak için yansıyan sinyalleri ölçer. Arazi haritalaması, bitki örtüsü yapısının izlenmesi ve arazi örtüsündeki değişikliklerin tespiti için kullanılırlar. Yüksek çözünürlüklü yükseklik modelleri oluşturmak, arazi özelliklerini haritalamak ve orman yapısını değerlendirmek için kullanılırlar.



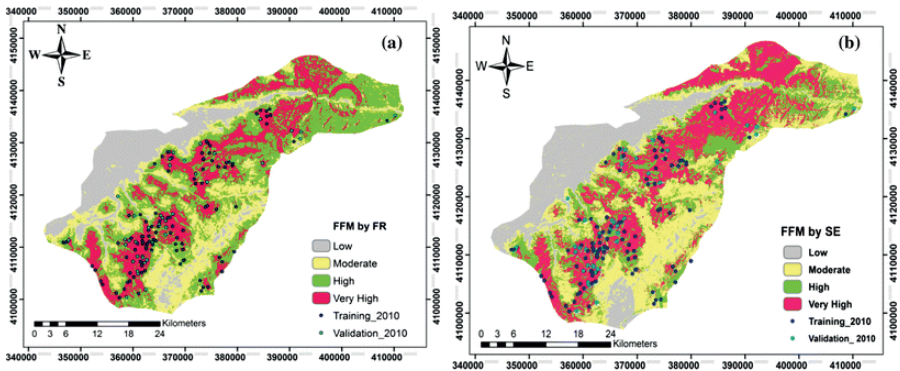
Şekil 6. Aktif ve Pasif Sensörler (Lopez Ornelas, 2016)

### 3. Uzaktan Algılamanın Afet Yönetimi Alanında Kullanım Örnekleri

Uzaktan algılama, afetlerin riski, kapsamı, etkisi ve dinamikleri hakkında zamanında ve doğru bilgi sağlayarak afet yönetiminde çok önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin uzaktan algılama verileri, afetler öncesinde, sırasında ve sonrasında arazi örtüsü, bitki sağlığı ve su kütlelerindeki değişikliklerin izlenmesine yardımcı olarak çevresel etkilerin tanımlanmasını ve iyileştirme çabalarını kolaylaştırır (Charou et al., 2010; Huang & Klemas\*, 2012;

Reif & Thecl, 2017). Bir afet meydana geldikten sonra uydu görüntüleri ve havadan yapılan araştırmalar, altyapıya, binalara ve doğal kaynaklara verilen hasarın boyutu ve ciddiyeti hakkında hızlı ve kapsamlı değerlendirmeler sağlar (Jones & Sanii, 2019; Novikov et al., 2018; Plank, 2014). Uzaktan algılama verileri, özellikle sel, deprem veya toprak kaymasından etkilenen bölgelerde acil müdahale ekiplerinin erişilebilirliğini ve rota planlamasını değerlendirmek için kullanılır (Dong et al., 2021; Lee et al., 2016; Rohman et al., 2019).

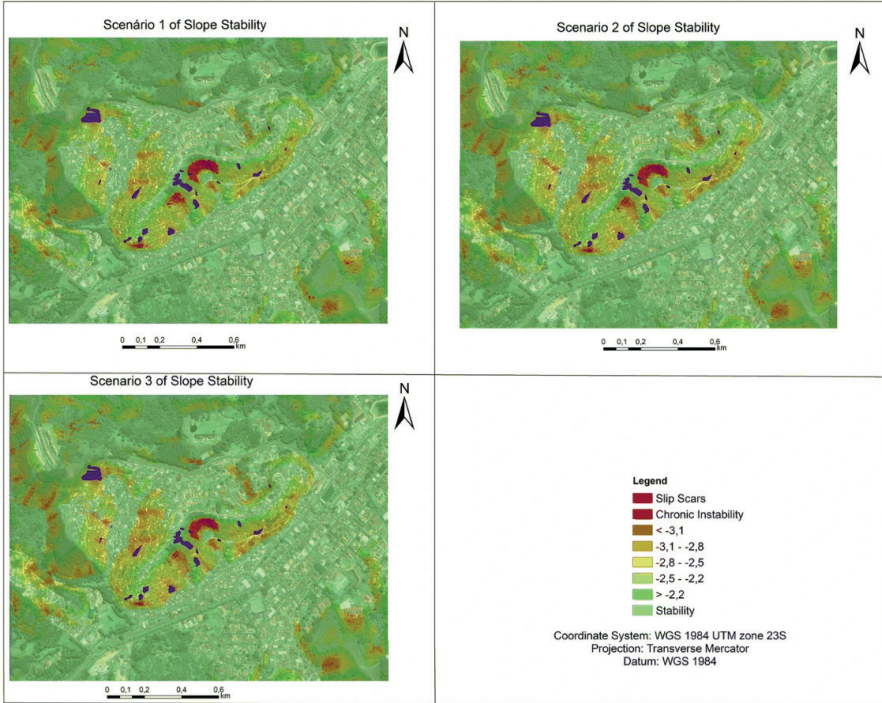
Afet yönetiminde uzaktan algılamanın kullanıldığı çeşitli yollardan biri risk değerlendirmesi ve hazırlık aşamasıdır. Uydu görüntüleri ve yükseklik modelleri de dâhil olmak üzere uzaktan algılama verileri, hassasiyeti değerlendirmek ve sel, orman yangını veya toprak kayması gibi belirli felaket türlerine yatkın alanları belirlemek için kullanılır. Uzaktan algılama teknikleri, doğal afet riski altındaki alanları gösteren tehlike haritalarının oluşturulmasına yardımcı olarak daha iyi arazi kullanımı planlaması ve hafifletme çabalarına olanak tanır (Abdullah et al., 2022; Harb & Dell'Acqua, 2017). Örneğin Hernandez –Leal ve arkadaşları AVHRR uydusuna ait görüntülerden elde edilen Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) 'ni kullanarak yeni bir orman yangını indeksi geliştirmişlerdir (Hernandez-Leal et al., 2006). Bir başka çalışmada Pourtagani ve arkadaşları İran'daki Golestan bölgesinde orman yangın riskini belirtmek için Landsat 7 ve Modis görüntüleri kullanmışlardır. Elde edilen verilere Shannon'ın entropi (SE) ve frekans oranı (FR) yöntemlerini uygulayarak yangın risk haritası oluşturmuşlardır (Pourtaghi et al., 2015).



Şekil 7. Uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen verilerin Frequency ratio (a) ve Shannon's entropy (b) modelleri ile analizi sonucunda oluşturulan orman yangını duyarlılık haritası (Pourtaghi et al., 2015)



Heyelan riskini tespit etmek amaçlı bir çalışmada König ve arkadaşları Brezilya'nın São Paulo eyaletindeki Campos do Jordão şehrinde bulunan Vila Albertina ve Britador bölgesine ait Worldview2 uydu görüntülerini kullanmışlardır. Verilere uyguladıkları Shalstab matematiksel modeli ve diğer veri madenciliği yöntemleri ile heyelan duyarlılık analizi gerçekleştirmişlerdir (König et al., 2019).

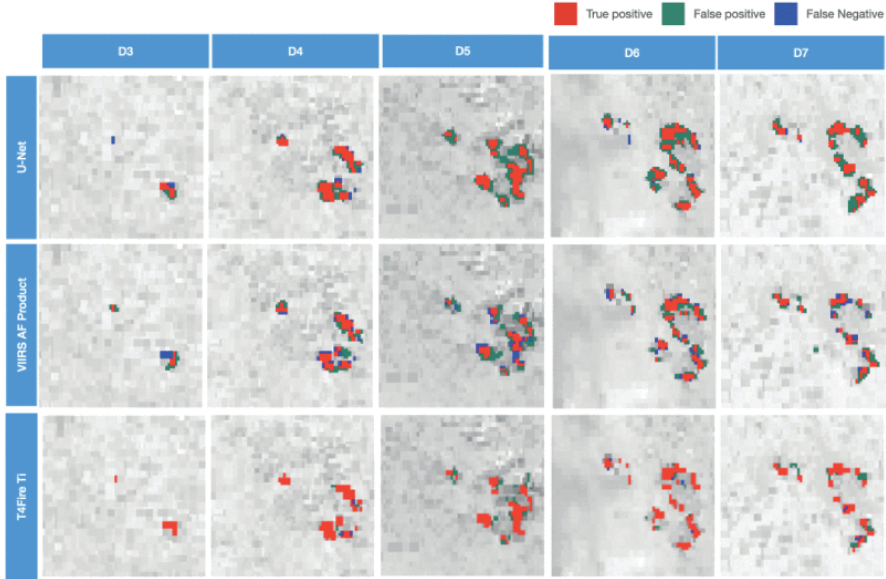


Şekil 8. Heyelana duyarlı alanların belirlenmesi için WorldView-2 uydu görüntülerine Shalstab matematiksel modeli uygulanması sonucu (König et al., 2019)

Uzaktan algılama, hava durumu, okyanus koşulları ve jeolojik olaylara ilişkin uydu gözlemleri, kasırgalar, tsunamiler ve depremler dahil olmak üzere çeşitli tehlikeler için erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunur (Boldyreff et al., 2017; Klemas, 2009; Ohring et al., 2002). Örneğin, Shi ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir çalışmada, uzaktan algılama sistemleri ile elde edilen görüntülerin destek vektör makineleri (SVM'ler) kullanarak analiz edilmesini içeren bir erken tayfun uyarı yöntemi önerisinde bulunmuşlardır. Önerdikleri sistemin geleneksel yöntemlere göre %22 daha hızlı olduğunu belirtmişlerdir (Shi et al., 2018). Bir başka çalışmada Thierry ve arkadaşları, Victoria gölünde meydana gelebilecek fırtınaları haber vermek amacıyla

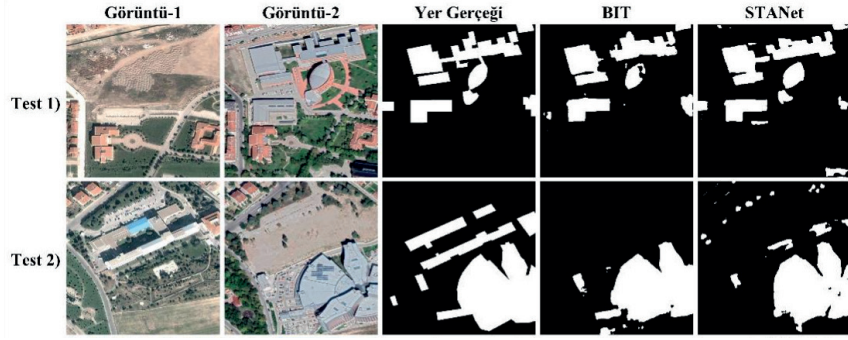
uydu gözlemlerini regresyon temelli bir yaklaşımla inceleyen yeni bir tahmin sistemi önermişlerdir (Thiery et al., 2017).

Bunların yanında uzaktan algılama afetlerinin kullanıldığı alanların biri durumunun izlenmesidir. Örneğin Zhaou ve arkadaşları, aktif yangınları belirlemek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında Suomi-NPP uydusuna ait veriler kullanmışlardır (Şekil 9). Sundukları transformatör tabanlı yöntemi ABD’de Kaliforniya, New Mexico ve Oregon’daki çalışma alanlarında test etmiş ve yüksek doğruluk elde etmişlerdir(Zhao et al., 2023).



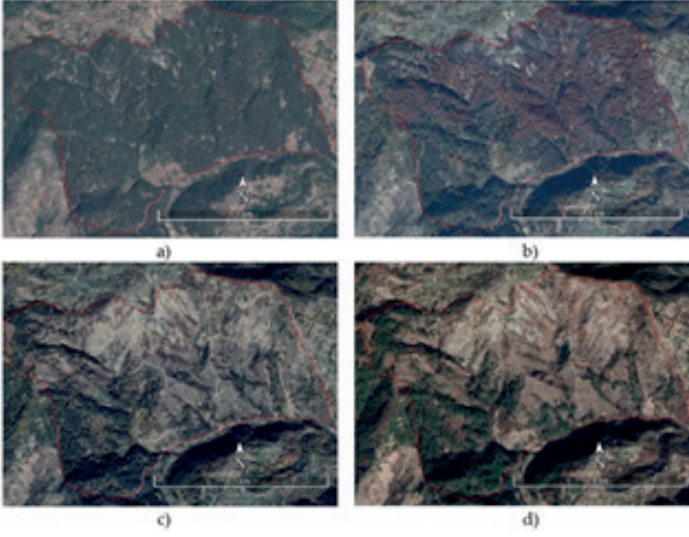
Şekil 9. Aktif Yangın Tespit Çalışması Sonucu(Zhao et al., 2023)

Öte yandan uzaktan algılama, afetlerin yol açtığı hasarların tespiti için sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin Erdem ve arkadaşları yaptıkları çalışmada uydu görüntülerini derin sinir ağları yardımıyla analiz ederek değişim tespiti çalışması gerçekleştirmişlerdir (Şekil 10). Bu çalışmanın sonunda r LEVIR-CD veri seti ile eğitilmiş olan BIT ve STANet modellerinin en yüksek doğruluklu sonuçlar verdiklerini belirtmişler ve bu modellerin afetler sonrasında yıkılmış binalarında tespitinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Erdem F., 2022).



Şekil 10. Otomatik Değişim Tespiti (Erdem F., 2022)

Bunlara ek olarak uzaktan algılama sistemlerinin sağladığı veriler ile afetlerin yol açtığı yıkımların toparlanma süreci takip edilebilmektedir. Örneğin Chen ve arkadaşları ALOS/PALSAR verileri ile Çinde bulunan Greater Hinggan Mountain alanında meydana gelen yangının verdiği zararların yenilenme süreçlerini izlemişlerdir. Bu çalışmada, farklı restorasyon uygulamalarının etkilerini ortaya koymanın yanı sıra, orman izleme ve yönetiminde uzaktan algılama tekniklerinin uygulanabilirliğini ve etkinliğini ortaya koymuşlardır. (Chen et al., 2018). Benzer şekilde Avetisyan ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada Bulgaristan'ın güneydoğusunda yer alan Ardino bölgesinde meydana gelen yangından etkilenen bölgelerin yenilenme süreçlerini Sentinel-2 görüntüleri ile incelemişlerdir (Şekil 11). Ayrıca, yangın sonrası yenilenmenin izlemesinde bölge içi heterojenliğini ve yerel çevresel faktörler gibi çok yönlü analizin gerekliliğini ortaya koyduğunu belirtmişlerdir (Avetisyan et al., 2022).



Şekil 11. Yanmış alanların yenilenme süreçleri (Avetisyan et al., 2022)

#### 4. Uydu Görüntüleri Yardımıyla Yanmış Orman Alanlarının Tespit Edilmesi: Eskişehir Kırka Yangını Örneği

Orman yangınları, ormanlarda, çayırlarda veya diğer yabani alanlarda meydana gelen kontrolsüz yangınlardır. Bu yangınlar, yıldırım gibi doğal nedenlerle veya kamp ateşi, atılan sigaralar veya kasıtlı kundakçılık gibi insan faaliyetleriyle oluşabilmektedir. Orman yangınları hızla yayılarak bitki örtüsüne, yaban hayatına veya yerleşim merkezlerine büyük zararlar vermektedir (Hawbaker et al., 2017; Matci et al., 2020). Yanmış orman alanlarının tespiti, hasarın boyutunun değerlendirilmesi, yangın davranışının anlaşılması ve yangın sonrası iyileştirme çabalarının planlanması açısından çok önemlidir (Stavrakoudis et al., 2019). Klasik yöntemlerle gerçekleştirilen tespit çalışmaları çok yoğun kaynak gerektirmektedir. Örneğin yanmış alanın tamamını kapsayan tespit çalışmaları lojistik açıdan zorlayıcı olabilmektedir. Bunun yanında yanmış alanlarda saha araştırmaları yapmak, arazide bulunan düşen ağaçlar, yanan alanda bulunan enkaz ve yüksek ısı gibi tehlikeler nedeniyle saha personeli için güvenlik riskleri oluşturabilmektedir. Buna karşılık uzaktan algılama teknikleri, geniş alanları kapsayarak yanmış alanların ayrıntılı bir şekilde haritalanmasını ve tanımlanmasını sağlar. Uydu ve hava görüntüleri gibi gelişmiş platformlar, yüksek mekânsal çözünürlük sağlayarak kapsamlı yangın analizlerine olanak tanır. Yanmış alanların doğru bir şekilde haritalanmasına ve yangın sonrası ekolojik değerlendirmelere izin veren multispektral ve hiperspektral verilerini sağlar. Zaman serisi verileri,

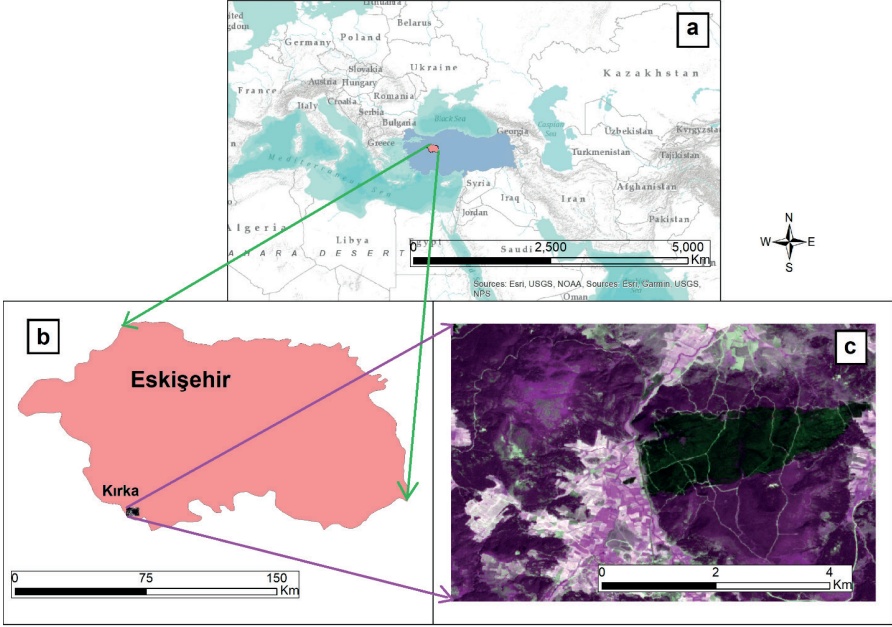
yangın öncesi ve sonrası değişiklik analizlerini kolaylaştırır. Otomatik görüntü analiz teknikleri, yangın izleme süreçlerindeki kullanıcı etkisini azaltır ve verilerin daha hızlı, doğru işlenmesini sağlar. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzaktan algılama verilerini kullanarak mekânsal olarak haritalar ve veri tabanları oluşturulmasına yardımcı olur. Geleneksel, saha temelli yöntemlere kıyasla uzaktan algılama teknikleri daha ekonomiktir. Bu nedenlerle, uzaktan algılama teknolojileri son yıllarda yanmış orman alanlarının tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bin et al., 2019; Chen et al., 2016; Chuvieco et al., 2002; Çömert et al., 2019; De Luca et al., 2021, 2022; Küçük Matcı & Avdan, 2020). Örneğin Bin(2019), yaptığı çalışmada Geofen-1 uydusuna ait görüntülerini kullanarak yanmış orman alanlarının otomatik çıkarılmasını sağlayan bir yöntem önermiştir. Buna göre görüntülerle NDVI indeksi hesaplanmakta ve OTSU's yöntemi ile sınır değerler hesaplanmaktadır (Bin et al., 2019). Başka bir çalışmada Chen ve arkadaşları yanmış alanları belirlemek için Landsat-5 uydusuna ait görüntüler kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçları klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında, uzaktan algılamaya dayalı haritalamanın daha objektif ve verimli olduğunu, daha az emek ve zaman gerektirdiğini belirtmişlerdir (Chen et al., 2016). De Luca ve arkadaşları çalışmalarında Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntülerini birleştirerek yanmış alanları haritalamışlardır. Elde edilen haritalar Rastgele Ormanlar (RF) yöntemiyle sınıflandırılmış ve % 90 ın üzerinde doğruluk elde etmişlerdir (De Luca et al., 2022).

Bu bölümde, afet yönetiminde uzaktan algılamanın kullanım alanlarından biri olan yanmış alanların tespitine yönelik bir uygulama sunulmuştur. Çalışma kapsamında, Sentinel-2 uydu görüntüleri ve kontrolsüz sınıflandırma tekniği kullanılarak yanmış orman alanları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, gerçekleştirilen doğruluk analiziyle değerlendirilmiştir. Bu çalışma, uzaktan algılama teknolojilerinin afet yönetimi alanında sağladığı faydaları ortaya koymaktadır.

#### 4.1. Çalışma Alanı ve Yöntemler

Bu uygulama çalışması, Eskişehir' e bağlı olan Seyitgazi İlçesi-Kırka kasabasına ait ormanlık alanda Ağustos 2023' te meydana gelen yangından etkilenen alanların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Kırka kasabası coğrafi konumundan dolayı (Eskişehir Afyonkarahisar ve Kütahya il sınırında olduğundan) özellikle güney bölgelerinde Ege Bölgesine benzer özellikler taşıyan ormanlara sahiptir (Seyitgazi Belediyesi, 2021). Çalışma alanı Şekil 12' de verilmiştir.





*Şekil 12. Çalışma Alanı a) Türkiye b) Eskişehir c) Yangın Bölgesine ait False Color görüntü*

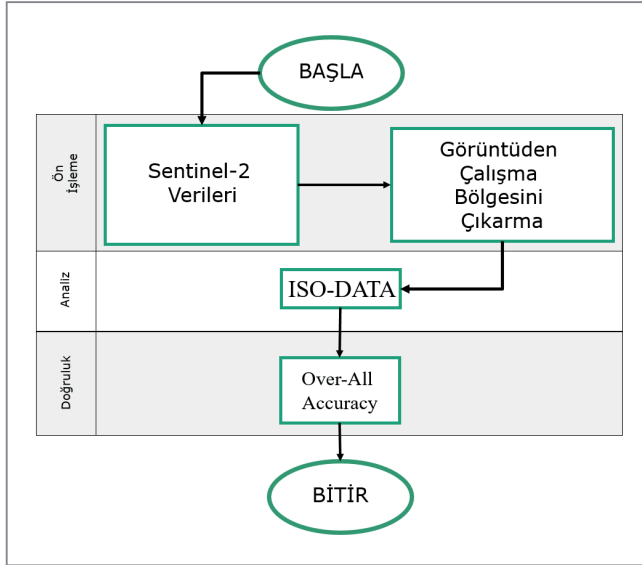
Kırka bölgesinde meydana gelen yangından etkilenen alanların belirlenmesi amacıyla kullanılan görüntüler Sentinel-2 uydusuna aittir. Sentinel-2 multispektral ürünleri, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve Avrupa Birliği (AB) tarafından geliştirilen Copernicus Programı kapsamında sunulmaktadır. Sentinel-2 görevinin temel amacı, arazi örtüsü/kullanımı izleme, iklim değişikliği ve afet izleme için yüksek çözünürlüklü veriler sağlamaktır. Sentinel-2 multispektral görüntüler ilk defa 2015 yılında yayınlanmıştır. Sentinel-2'nin mekânsal çözünürlüğü 10-60 m ve zamansal çözünürlüğü 5 gündür (Phiri et al., 2020). Sentinel-2 uydusuna ait bantların özellikleri Tablo 1' de verilmiştir.



Tablo1. Sentinel-2 Bant Özellikleri (ESA, 2018)

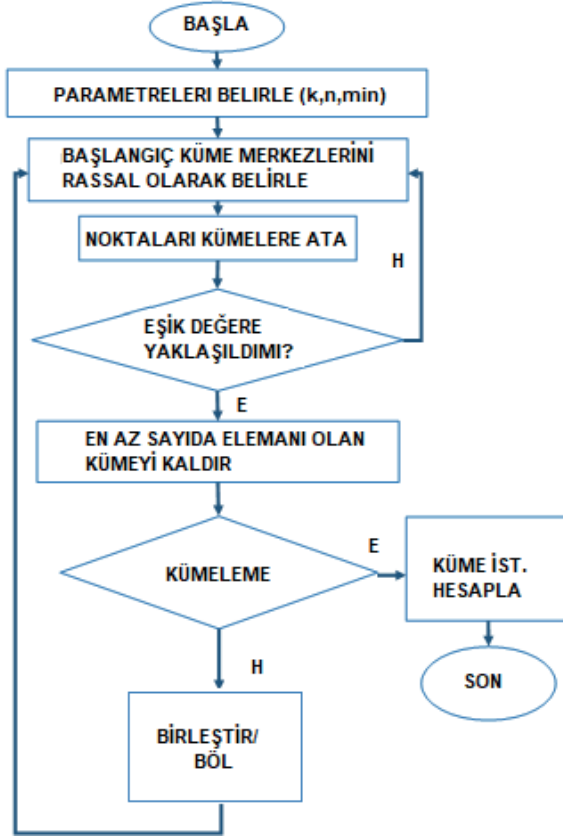
Bant	Mekânsal Çözünürlük (m)	Merkezi Dalga Boyu (nm)	Açıklama
B1	60	443	Kıyı Aerosol
B2	10	490	Mavi
B3	10	560	Yeşil
B4	10	665	Kırmızı
B5	20	705	Kırmızı Kenar (VNIR)
B6	20	740	Kırmızı Kenar (VNIR)
B7	20	783	Kırmızı Kenar (VNIR)
B8	10	842	Kırmızı Kenar (VNIR)
B8a	20	865	Kırmızı Kenar (VNIR)
B9	60	940	Su Buharı
B10	60	1375	Sirus (SWIR)
B11	20	1610	Short Wave Infrared (SWIR)
B12	20	2190	Short Wave Infrared (SWIR)

Çalışmada, yanmış alanları belirlemek amacıyla uygulanan yöntem Şekil 13' de verilmiştir. Buna göre ön işleme safhasında yangın tarihini kapsayan görüntüler tespit edilmiştir. Elde edilen bu görüntülerde çalışma alanına ait olanlar belirlenmiştir.



Şekil 13. Uygulanan Yöntem

Elde edilen bu görüntüler, analiz aşamasında, bir kontrolsüz sınıflandırma yöntemi olan ISO-DATA yöntemi ile incelenmiştir. Kullanımı daha basit olan kontrolsüz sınıflandırma yaklaşımında, eğitim verisi hazırlamak gerekmez, bunun yerine gerekli sınıf sayısı ve tekrar sayısının belirtilmesi gerekir. ISO- DATA eşit şekilde dağıtılan pikselleri kümeler ve geri kalan pikselleri tanımlanmış bir eşığe göre gruplandırır. Sınıfların ve yinelemelerin sayısının kullanıcı tarafından manuel olarak verilmesi gerekir (Şekil 14).



Şekil 14. ISO-Data iş akışı

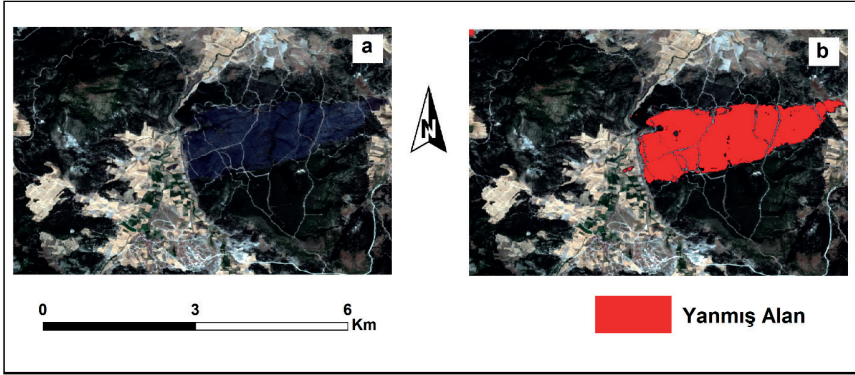
Bu yöntem, her tekrarda tüm piksellerin mevcut küme merkezlerine atandığı ve her sınıf için yeni ortalamaların yeniden hesaplandığı bir süreç kullanır. Belirlenecek en uygun sınıf sayısı genellikle bilinmemektedir. Bu nedenle görece yüksek bir sayı girilmesi, ortaya çıkan kümelerin analiz edilmesi ve gerekli görüldüğünde işlemin daha az sayıda sınıfla tekrar edilmesi önerilir (Nivedita Priyadarshini et al., 2018). Bu çalışmada görüntü 10 adet sınıfa bölünmüştür.

Çalışmanın son aşamasında, elde edilen yanmış alan haritalarının doğruluğunu belirlemek amacıyla Over-All Accuracy yöntemi kullanılmıştır. Over-All Accuracy tüm referansların hangi kısmının doğru şekilde sınıflandırıldığını inceler. Over-All Accuracy, genellikle yüzde olarak ifade edilir; %100 doğruluk, tüm referansların doğru şekilde sınıflandırıldığı mükemmel bir sınıflandırmadır (Alberg et al., 2004).

Çalışmada doğruluk oranını hesaplayabilmek amacıyla öncelikle rassal olarak 200 adet nokta üretilmiştir. Daha sonra, bu noktaların gerçekte ve sınıflandırma sonucunda hangi sınıfa ait olduğu belirlenmiştir. Doğruluğu hesaplamak için, doğru şekilde sınıflandırılmış noktaların sayısı toplanmış ve bu toplam nokta sayısına bölünmüştür.

## 4.2. Bulgular

Yanmış alana ait görüntüler ISO-DATA yöntemiyle sınıflandırıldıktan sonra elde edilen sonuç haritası Şekil-15 de verilmiştir.



Şekil 15. Sonuçlar a) Sentinel -2 Görüntüsü b) Yanmış Alan Haritası

Yapılan analiz sonucunda elde edilen sonuçların doğruluğunu test edebilmek amacıyla Overall Accuracy yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. ISO-Data yöntemi ile gerçekleştirilen sınıflandırma Sonucu

Sınıflar	Diğer	Yanmış Alan	Toplam	Genel Doğruluk
Diğer	150	0	150	
Yanmış Alan	7	43	50	
Toplam	157	43	200	0.97

Elde edilen doğruluk analizi sonuçları incelendiğinde, görüntüdeki yanmış alanlarda bulunan 50 adet kontrol noktasının 43 adeti sınıflandırma sonucunda da yanmış alanlarda olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan görüntüdeki yanmamış alanlarda bulunan noktaların konumunun ikisinin sınıflandırma sonucunda yanmış alan olarak belirlendiği gözlemlenmiştir. Son olarak gerçekleştirilen sınıflandırma işleminin genel doğruluğunun %97 olduğu belirlenmiştir.

Gerçekleştirilmiş olan bu uygulama sonucu incelendiğinde, uzaktan algılama teknolojilerinin sağladığı verilerin yanmış alanların belirlenmesinde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

## 5. Sonuçlar

Afetler dünya üzerindeki bir bölgede önemli ölçüde hasara ve yıkıma neden olan olaydır. Afetler insanların faaliyetleri sonucu gelişebileceği gibi, doğal olaylardan sonra da meydana gelebilir. Afetlere karşı hazırlıklı olabilmek ve meydana gelebilecek afetlerin etkilerini azaltmak için bir afet yönetimi sistemi oluşturulmalıdır. Bu sistemin sağlıklı işleyebilmesi için doğru, çok zamanlı, güncellenebilir büyük miktarda konumsal verinin hızlı bir şekilde elde edilmesine ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda, hızla gelişen uzaktan algılama teknolojilerinin sağladığı veriler afet yönetiminde önemli rol oynamaktadır. Uzaktan algılama teknolojileri, her seviyedeki paydaşlara zamanında, doğru ve uygun maliyetli bilgiler sunarak afet yönetiminde karar verme süreçlerini iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Karar vericiler, riskleri azaltan, hayat kurtaran ve afetlerin topluluklar ve altyapı üzerindeki etkisini en aza indiren bilinçli seçimler yapmak için uzaktan algılama verilerini karar destek sistemlerine ve iş akışlarına entegre edebilmektedir.

1970'li yıllardan itibaren veri sağlayan uzaktan algılama teknolojileri, günümüzde metre altı çözünürlüklere ulaşan detaylı ve kaliteli optik görüntülerin yanında, radar, lidar gibi farklı platformlardan elde edilen veriler sunmaktadır. Bu veriler, olası afetlerin tahmini, önleyici tedbirlerin tasarlanması ve meydana gelen afetlerin hasarlarının tespiti gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır.

Bu doğrultuda bu bölümün son kısmında Eskişehir Kırka bölgesinde 2023 yılında meydana gelen yangının verdiği hasarların tespit edilmesi amacıyla bir örnek uygulama yapılmıştır. Bu uygulamada yangın sonrasına ait Sentinel-2 görüntüleri ISO-DATA yöntemi ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara uygulanan doğruluk analizi işlemin çok yüksek bir doğrulukla gerçekleştiğini göstermiştir. Bu bağlamda uzaktan algılama sistemlerinin sağladığı yüksek çözünürlüklü ekonomik verilerin afet yönetim stratejilerinin etkinliğini arttırabileceği görülmektedir.

## Kaynaklar

- Abdullah, N. M., Sulaiman, N., Nazir, U., Ismail, M., Latib, S. K. K. A., & Mahmud, N. P. N. (2022). Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) Applications in Disaster Risk Reduction (DRR) in Malaysia. *International Journal of Integrated Engineering*, 14(5), 25-37.
- Alberg, A. J., Park, J. W., Hager, B. W., Brock, M. V., & Dicner-West, M. (2004). The use of “overall accuracy” to evaluate the validity of screening or diagnostic tests. *Journal of general internal medicine*, 19(5p1), 460-465.
- Avetisyan, D., Velizarova, E., & Filchev, L. (2022). Post-fire forest vegetation state monitoring through satellite remote sensing and in situ data. *Remote Sensing*, 14(24), 6266.
- Bin, W., Ming, L., Dan, J., Suju, L., Qiang, C., Chao, W., . . . Jun, Z. (2019). A method of automatically extracting forest fire burned areas using Gf-1 remote sensing images. IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium,
- Boldyreff, A. S., Bespalov, D. A., & Adzhiev, A. K. (2017). Automated information-analytical system for thunderstorm monitoring and early warning alarms using modern physical sensors and information technologies with elements of artificial intelligence. Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping II,
- Casagli, N., Tofani, V., Morelli, S., Frodella, W., Ciampalini, A., Raspini, F., & Intrieri, E. (2017). Remote sensing techniques in landslide mapping and monitoring, keynote lecture. In workshop on world landslide forum. In: Springer, Cham.
- Charou, E., Stefouli, M., Dimitrakopoulos, D., Vasiliou, E., & Mavrantza, O. (2010). Using remote sensing to assess impact of mining activities on land and water resources. *Mine Water and the Environment*, 29, 45-52.
- Chen, W., Jiang, H., Moriya, K., Sakai, T., & Cao, C. (2018). Monitoring of post-fire forest regeneration under different restoration treatments based on ALOS/PALSAR data. *New forests*, 49, 105-121.
- Chen, W., Moriya, K., Sakai, T., Koyama, L., & Cao, C. (2016). Mapping a burned forest area from Landsat TM data by multiple methods. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(1), 384-402.
- Chuvieco, E., Martin, M. P., & Palacios, A. (2002). Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing*, 23(23), 5103-5110. <Go to ISI>://WOS:000179940500011
- Çömert, R., Matci Küçük, D., & Avdan, U. (2019). Object Based Burned Area Mapping With Random Forest Algorithm. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4(2), 78-87.
- Coppola, D. (2006). *Introduction to international disaster management*. Elsevier.

- Day, P. P. (1955). Electromagnetic spectrum of Am 241. *Physical Review*, 97(3), 689.
- De Luca, G., Silva, J. M., & Modica, G. (2021). A workflow based on Sentinel-1 SAR data and open-source algorithms for unsupervised burned area detection in Mediterranean ecosystems. *GIScience & remote sensing*, 58(4), 516-541.
- De Luca, G., Silva, J. M., & Modica, G. (2022). Regional-scale burned area mapping in Mediterranean regions based on the multitemporal composite integration of Sentinel-1 and Sentinel-2 data. *GIScience & remote sensing*, 59(1), 1678-1705.
- Dong, J., Ota, K., & Dong, M. (2021). UAV-based real-time survivor detection system in post-disaster search and rescue operations. *IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems*, 2(4), 209-219.
- Eguchi, R. T., Huyck, C. K., Ghosh, S., & Adams, B. J. (2008). The application of remote sensing technologies for disaster management. The 14th World Conference on Earthquake Engineering,
- Erdem F., O. N. M. D., Comert R. , Kaplan G., Avdan U. (2022). *UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİNDE DERİN SİNİR AĞLARI KULLANARAK OTOMATİK DEĞİŞİM TESPİTİ UZALCBS 2022 Sempozyumu*,
- ESA. (2018). *SENTINEL-2*. Retrieved 31.12.2018 from <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>
- Harb, M. M., & Dell'Acqua, F. (2017). Remote sensing in multirisk assessment: Improving disaster preparedness. *IEEE Geoscience and remote sensing magazine*, 5(1), 53-65.
- Hawbaker, T. J., Vanderhoof, M. K., Beal, Y.-J., Takacs, J. D., Schmidt, G. L., Falgout, J. T., . . . Picotte, J. J. (2017). Mapping burned areas using dense time-series of Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 198, 504-522.
- Hernandez-Leal, P., Arbelo, M., & Gonzalez-Calvo, A. (2006). Fire risk assessment using satellite data. *Advances in Space research*, 37(4), 741-746.
- Huang, J., & Klemas\*, V. (2012). Using remote sensing of land cover change in coastal watersheds to predict downstream water quality. *Journal of Coastal Research*, 28(4), 930-944.
- Jones, S., & Sanii, J. (2019). Using deep learning and satellite imagery to assess the damage to civil structures after natural disasters. 2019 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT),
- Joyce, K. E., Wright, K. C., Samsonov, S. V., & Ambrosia, V. G. (2009). Remote sensing and the disaster management cycle. *Advances in geoscience and remote sensing*, 48(7), 317-346.



- Kaku, K. (2019). Satellite remote sensing for disaster management support: A holistic and staged approach based on case studies in Sentinel Asia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33, 417-432.
- Klemas, V. V. (2009). The role of remote sensing in predicting and determining coastal storm impacts. *Journal of Coastal Research*, 25(6), 1264-1275.
- König, T., Kux, H. J., & Mendes, R. M. (2019). Shalstab mathematical model and WorldView-2 satellite images to identification of landslide-susceptible areas. *Natural Hazards*, 97(3), 1127-1149.
- Küçük Matcı, D., & Avdan, U. (2020). Comparative analysis of unsupervised classification methods for mapping burned forest areas. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 1-13.
- Lee, S., Har, D., & Kum, D. (2016). Drone-assisted disaster management: Finding victims via infrared camera and lidar sensor fusion. 2016 3rd Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE),
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Lopez Ornelas, M. F. (2016). The Mexican Water Forest: benefits of using remote sensing techniques to assess changes in land use and land cover.
- Matcı, D. K., Comert, R., & Avdan, U. (2020). Comparison of Tree-Based Classification Algorithms in Mapping Burned Forest Areas. *Geodetski Vestnik*, 64(3).
- MCTek. (2013). *Uzaktan Algılama*. <https://www.mctek.com.tr/uzaktan-algilama/>
- Nivedita Priyadarshini, K., Kumar, M., Rahaman, S. A., & Nitheshnirmal, S. (2018). A comparative study of advanced land use/land cover classification algorithms using Sentinel-2 data. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 42, 665-670.
- Norgard, J., & Best, G. L. (2017). The electromagnetic spectrum. In *National Association of Broadcasters Engineering Handbook* (pp. 3-10). Routledge.
- Novikov, G., Trekin, A., Potapov, G., Ignatiev, V., & Burnaev, E. (2018). Satellite imagery analysis for operational damage assessment in emergency situations. Business Information Systems: 21st International Conference, BIS 2018, Berlin, Germany, July 18-20, 2018, Proceedings 21,
- Ohring, G., Lord, S., Derber, J., Mitchell, K., & Ji, M. (2002). Applications of satellite remote sensing in numerical weather and climate prediction. *Advances in Space research*, 30(11), 2433-2439.
- Pepe, M., Fregonese, L., & Scaioni, M. (2018). Planning airborne photogrammetry and remote-sensing missions with modern platforms and sensors. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 412-436.

- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V. R., Murayama, Y., & Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 data for land cover/use mapping: A review. *Remote Sensing*, 12(14), 2291.
- Plank, S. (2014). Rapid damage assessment by means of multi-temporal SAR—A comprehensive review and outlook to Sentinel-1. *Remote Sensing*, 6(6), 4870-4906.
- Pourtaghi, Z. S., Pourghasemi, H. R., & Rossi, M. (2015). Forest fire susceptibility mapping in the Minudasht forests, Golestan province, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 73(4), 1515-1533.
- Reif, M. K., & Theel, H. J. (2017). Remote sensing for restoration ecology: Application for restoring degraded, damaged, transformed, or destroyed ecosystems. *Integrated environmental assessment and management*, 13(4), 614-630.
- Rohman, B. P., Andra, M. B., Putra, H. F., Fandiantoro, D. H., & Nishimoto, M. (2019). Multisensory surveillance drone for survivor detection and geolocalization in complex post-disaster environment. IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, SeyitgaziBelediyesi. (2021). *Coğrafi Özellikler*. <https://www.seyitgazi.bel.tr/>
- Shah, A. A., Ullah, A., Khan, N. A., Shah, M. H., Ahmed, R., Hassan, S. T., . . . Xu, C. (2023). Identifying obstacles encountered at different stages of the disaster management cycle (DMC) and its implications for rural flooding in Pakistan. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1088126.
- Shakhtrah, H., Sawalmeh, A. H., Al-Fuqaha, A., Dou, Z., Almaita, E., Khalil, I., . . . Guizani, M. (2019). Unmanned aerial vehicles (UAVs): A survey on civil applications and key research challenges. *Ieee Access*, 7, 48572-48634.
- Shi, H., Yu, Y., & Wang, Y. (2018). Early warning method for sea typhoons using remote-sensing imagery based on improved support vector machines (SVMs). *Journal of Coastal Research*(82), 180-185.
- Stavrakoudis, D., Katagis, T., Minakou, C., & Gitas, I. Z. (2019). Towards a fully automatic processing chain for operationally mapping burned areas countrywide exploiting Sentinel-2 imagery. Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019),
- Thiery, W., Gudmundsson, L., Bedka, K., Semazzi, F. H., Lhermitte, S., Willems, P., . . . Seneviratne, S. I. (2017). Early warnings of hazardous thunderstorms over Lake Victoria. *Environmental Research Letters*, 12(7), 074012.
- Toth, C., & Jóźków, G. (2016). Remote sensing platforms and sensors: A survey. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115, 22-36.

- Van Westen, C. (2000). Remote sensing for natural disaster management. *International archives of photogrammetry and remote sensing*, 33(B7/4; PART 7), 1609-1617.
- Zhang, B., Wu, Y., Zhao, B., Chanussot, J., Hong, D., Yao, J., & Gao, L. (2022). Progress and challenges in intelligent remote sensing satellite systems. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 15, 1814-1822.
- Zhao, Y., Ban, Y., & Sullivan, J. (2023). Tokenized Time-Series in Satellite Image Segmentation with Transformer Network for Active Fire Detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.