



2025, 14 (3), 2012-2032 | Araştırma Makalesi

## Afet Yönetiminde Yapay Zekâ Destekli İnsansız Hava Araçlarının Rolü

Bülent Yıldız<sup>1</sup>

### Öz

Afetler, doğa olaylarının veya insan kaynaklı tehlikelerin kontrolsüz biçimde ortaya çıkmasıyla oluşan, geniş çaplı can, mal ve çevre kayıplarına yol açan olaylardır. Depremler, seller, orman yangınları, teknolojik kazalar ve nükleer sızıntılar gibi afetler, hem ani müdahale gerektiren durumlar yaratmakta hem de uzun vadeli sosyal ve ekonomik etkiler doğurmaktadır. Artan kentleşme, iklim değişikliği, nüfus yoğunluğu ve çevresel bozulma gibi etkenler, bu afetlerin hem sıklığını hem de şiddetini artırmaktadır. Bu nedenle, afet yönetiminin yalnızca geleneksel yöntemlere dayalı olarak yürütülmesi artık yeterli olmamakta; yeni nesil teknolojik çözümlerin entegrasyonu kaçınılmaz hâle gelmektedir. Bu çalışma, afet yönetimi süreçlerinde yapay zekâ (YZ) destekli insansız hava araçlarının (İHA) sunduğu katkıları incelemeyi ve bu teknolojilerin farklı afet türlerine göre kullanım olanaklarını çok boyutlu bir perspektifle değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada literatür taramasına dayalı nitel yöntem kullanılmış, ulusal ve uluslararası kaynaklar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. YZ destekli İHA'ların afetin hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarında üstlendiği roller; operasyonel avantajlar, sınırlılıklar ve uygulama örnekleri üzerinden ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, bu teknolojilerin özellikle afetin ilk 72 saati gibi kritik zaman diliminde arama-kurtarma, hasar tespiti, malzeme ulaştırma, tehlikeli bölgelere erişim sağlama, gerçek zamanlı veri toplama ve iletişim kurma gibi görevlerde hızlı ve etkili çözümler sunduğunu ortaya koymaktadır. Gerçek zamanlı görüntüleme, hasar tespiti, arama-kurtarma desteği, tehlikeli alanlara erişim, malzeme ulaştırma, iletişim ağlarının kurulması ve riskli bölgelerin haritalanması gibi görevlerde önemli katkılar sunduğu belirlenmiştir. Ayrıca YZ; büyük veri analitiği, makine öğrenmesi, derin öğrenme ve uzaktan algılama sistemleriyle afet tahmini, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve kaynakların önceliklendirilmesi gibi kritik karar destek süreçlerine entegre olmaktadır. Bu teknolojilerin birlikte kullanımı, afet yönetiminde yalnızca teknik bir kolaylık değil, aynı zamanda stratejik bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Çalışma, karar vericilere yönelik somut öneriler geliştirerek politika, eğitim, mevzuat ve teknik kapasite alanlarında çok paydaşlı bir dönüşüm ihtiyacına dikkat çekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Afet Yönetimi, Yapay Zekâ, İnsansız Hava Araçları, Erken Uyarı Sistemleri, Büyük Veri, Müdahale Stratejileri.

Yıldız, B. (2025). Afet Yönetiminde Yapay Zekâ Destekli İnsansız Hava Araçlarının Rolü. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14(3), 2012-2032. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1706168>

Geliş Tarihi	25.05.2025
Kabul Tarihi	11.08.2025
Yayın Tarihi	30.09.2025
*Bu CC BY-NC lisansı altında açık erişimli bir makedir.	



2025, 14 (3), 2012-2032 | Research Article

## The Role of Artificial Intelligence Supported Unmanned Aerial Vehicles in Disaster Management

Bülent Yıldız<sup>1</sup>

### Abstract

Disasters are events caused by the uncontrolled occurrence of natural phenomena or man-made hazards, leading to large-scale loss of life, property and environment. Disasters such as earthquakes, floods, forest fires, technological accidents and nuclear leaks create situations that require immediate intervention and have long-term social and economic impacts. Factors such as increasing urbanisation, climate change, population density and environmental degradation increase both the frequency and severity of these disasters. Therefore, it is no longer sufficient to carry out disaster management based only on traditional methods; integration of new generation technological solutions becomes inevitable. This study aims to examine the contributions of artificial intelligence (AI)-supported unmanned aerial vehicles (UAVs) in disaster management processes and to evaluate the possibilities of using these technologies according to different types of disasters from a multidimensional perspective. In the study, qualitative method based on literature review was used and national and international sources were analysed comparatively. The roles of AI-supported UAVs in disaster preparedness, response and recovery phases are discussed through operational advantages, limitations and application examples. The findings reveal that these technologies offer fast and effective solutions in tasks such as search and rescue, damage assessment, material delivery, access to hazardous areas, real-time data collection and communication, especially in critical time periods such as the first 72 hours of the disaster. Real-time imaging, damage assessment, search and rescue support, access to hazardous areas, material transport, establishment of communication networks and mapping of risky areas have been determined to make significant contributions. Moreover, AI is integrated with big data analytics, machine learning, deep learning and remote sensing systems into critical decision support processes such as disaster forecasting, development of early warning systems and prioritisation of resources. The combined use of these technologies represents not only a technical convenience but also a strategic paradigm shift in disaster management. The study draws attention to the need for a multi-stakeholder transformation in the areas of policy, education, legislation and technical capacity by developing concrete recommendations for decision makers.

**Keywords:** Disaster Management, Artificial Intelligence, Unmanned Aerial Vehicles, Early Warning Systems, Big Data, Response Strategies.

Yıldız, B. (2025). The Role of Artificial Intelligence Supported Unmanned Aerial Vehicles in Disaster Management. Journal of the Human and Social Science Researches, 14(3), 2012-2032. <https://doi.org/10.15869/itobiad.1706168>

Date of Submission	25.05.2025
Date of Acceptance	11.08.2025
Date of Publication	30.09.2025
*This is an open access article under the CC BY-NC license.	

## Giriş

Doğal ve insan kaynaklı afetler, dünya genelinde can kayıplarına, ekonomik kayıplara ve çevresel yıkıma neden olan büyük ölçekli krizlerdir. Deprem, sel, orman yangını ve teknolojik kazalar gibi olaylar, afet yönetiminin yalnızca müdahale değil; hazırlık, risk azaltma ve iyileştirme aşamalarında da güçlü stratejiler gerektirdiğini ortaya koymaktadır (Velev & Zlateva, 2023; Şengöz, 2024). Günümüzde bu stratejilerin etkinliğini artırmak amacıyla bilgi ve iletişim teknolojileri başta olmak üzere yapay zekâ (YZ) ve insansız hava aracı (İHA) sistemleri gibi ileri teknolojiler afet yönetim süreçlerine entegre edilmektedir.

YZ, büyük veri analitiği, makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi tekniklerle afetlerin tahmini, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve karar destek mekanizmalarının güçlendirilmesinde önemli roller üstlenmektedir (Dixit vd., 2024; Sun vd., 2020). Öte yandan, insansız hava araçları, afet bölgelerinde hızlı veri toplama, haritalama, hasar tespiti, malzeme ulaştırma ve arama-kurtarma gibi görevleri yerine getirerek afet müdahalesinde yüksek düzeyde işlevsellik sunmaktadır (Ozbiltekin-Pala vd., 2025; Daud vd., 2022). Bu iki teknolojinin entegre şekilde kullanılması, afetlere yönelik müdahaleyi daha hızlı, daha güvenli ve daha etkili hâle getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı; yapay zekâ destekli İHA'ların afet yönetimi bağlamındaki rolünü incelemek, bu teknolojilerin afetin farklı aşamalarında nasıl kullanıldığını ortaya koymak ve söz konusu teknolojilerin sunduğu avantajları, sınırlılıkları ve uygulama örnekleriyle birlikte değerlendirmektir. Bu yönüyle çalışma, yalnızca İHA'ları ya da YZ sistemlerini tekil olarak ele alan araştırmalardan farklılaşmakta; her iki teknolojinin birlikte kullanıldığı senaryoları bütüncül bir çerçevede analiz ederek literatüre katkı sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca bu çalışma, afet türlerine göre teknolojilerin uygulanabilirliğini de sorgulayarak alan yazında karşılaştırmalı ve uygulamalı bir perspektif ortaya koymaktadır.

Bu kapsamda, çalışmanın temel araştırma soruları şunlardır:

S1.YZ destekli İHA'lar, afet yönetiminin hangi aşamalarında en etkili şekilde kullanılmaktadır?

S2.İHA ve YZ teknolojilerinin entegrasyonu, geleneksel afet müdahale yöntemlerine kıyasla ne tür operasyonel avantajlar sunmaktadır?

S3.Afet türüne göre İHA ve YZ kullanımının sınırlılıkları ve uygulanabilirlik düzeyleri nelerdir?

Bu makalenin özgün yönü, afet yönetimi bağlamında YZ ve İHA teknolojilerini birlikte ele alan bütüncül bir yaklaşımı benimsemesidir. Literatürde genellikle YZ veya İHA sistemleri ayrı ayrı incelenmekte, bu teknolojilerin entegrasyonu ise sınırlı örneklerle ele alınmaktadır. Bu çalışma, YZ destekli İHA'ların afetin hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarındaki çok boyutlu rollerini detaylı biçimde analiz ederek, bu teknolojilerin birlikte kullanımından doğan sinerjiyi ortaya koymaktadır. Ayrıca farklı afet türlerine göre teknolojilerin uygulanabilirliğini karşılaştırmalı olarak değerlendirerek, literatürde eksik kalan uygulama odaklı bir boşluğu doldurmaktadır. Afet türleri bağlamında özgül kullanım senaryoları sunması, teknolojik sınırlılıkları ve mevzuatsal engelleri tartışması, çalışmanın literatüre katkısını artıran başlıca unsurlardır. Böylece bu makale, hem

akademik çevreler hem de afet yönetimi politikaları geliştiren karar vericiler için stratejik, kuramsal ve pratik açıdan yeni bir çerçeveyi sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; YZ destekli İHA'ların afet yönetimi süreçlerindeki rolünü çok boyutlu bir bakış açısıyla incelemektir. Bu kapsamda çalışma, üç aşamalı bir yapıda kurgulanmıştır. İlk aşamada, afet yönetimi, yapay zekâ teknolojileri ve İHA sistemleriyle ilgili kavramsal çerçeve açıklanarak, bu teknolojilerin teorik temelleri ortaya konulacaktır. İkinci aşamada, ulusal ve uluslararası akademik literatür taranarak YZ destekli İHA'ların farklı afet türlerine göre kullanım biçimleri, sundukları avantajlar, sınırlılıklar ve uygulama örnekleri incelenecektir. Bu analizde, afetin hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarına göre teknolojilerin görev dağılımı da sistematik biçimde ele alınacaktır. Üçüncü aşamada ise, elde edilen bulgular üzerinden değerlendirme yapılacak; teknolojilerin stratejik katkıları tartışılarak, afet yönetimi alanında politika yapıcılar, uygulayıcılar ve araştırmacılar için somut öneriler geliştirilecektir. Bu yönüyle çalışma, yalnızca İHA'lar veya YZ sistemlerini bağımsız olarak ele alan önceki çalışmalardan farklılaşmakta; her iki teknolojinin entegrasyonuna odaklanarak literatürdeki kuramsal ve uygulamalı boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Bu çalışma, nitel bir araştırma olarak tasarlanmış olup yöntem olarak sistematik literatür taraması yaklaşımı benimsenmiştir. Tarama süreci kapsamında Web of Science, Scopus, TRDizin, IEEE Xplore ve Google Scholar veri tabanları kullanılmış; "disaster management – afet yönetimi", "artificial intelligence – yapay zeka", "unmanned aerial vehicles – insansız hava araçları", "AI in emergency response- Acil durum müdahalesinde yapay zeka" ve "drone" gibi anahtar kelimeler ile Boolean operatörlerinden (AND, OR) yararlanılmıştır. Dahil etme ölçütleri olarak; 2010-2024 yılları arasında yayımlanmış, afet yönetimi ve ilgili teknolojiler bağlamında hakemli akademik yayınlar temel alınmış; blog yazıları, doğrulanmamış kaynaklar ve teknik dışı raporlar dışlanmıştır.

## 1. Afet Kavramı

Afetler, bir toplumun mevcut kapasitesiyle baş edemeyeceği düzeyde yıkıcı sonuçlara neden olan, ani gelişen olaylardır. Kaynağına göre doğal ya da insan kaynaklı olabilen bu olaylar; can ve mal kaybının yanı sıra çevresel, ekonomik ve sosyal sistemler üzerinde derin tahribata yol açmaktadır (Eren & Duman, 2025, s. 14; Velev & Zlateva, 2023, s. 387). Deprem, sel, kasırga, tsunami ve orman yangını gibi doğal afetler, özellikle belirli coğrafi bölgelerde yoğun şekilde görülmekte; çevresel yıkım ve altyapı hasarına neden olmaktadır. Orman yangınları ise, rüzgar, arazi yapısı ve nem gibi etmenlerle hızla yayılmakta, toksik dumanlarla ekosistemleri tehdit etmektedir (Akhyar vd., 2024, s. 1).

Doğal afetlerin yanı sıra, endüstriyel kazalar, büyük yangınlar ve nükleer sızıntılar gibi insan kaynaklı afetler de ciddi tehlikeler oluşturmakta ve acil müdahale gerektirmektedir (Kamat vd., 2023, s. 419). Afetlerin ortaya çıkışı, tehlikenin varlığı ile birlikte toplumun kırılganlığı ve müdahale kapasitesinin yetersizliğiyle şekillenmektedir (Oktari vd., 2020, s. 2). Bu durum, afetin yalnızca fiziksel değil; psikolojik, ekonomik ve toplumsal etkiler doğurmasına neden olur.

Afetler, toplum yaşamını kesintiye uğratan ve çok paydaşlı, koordineli müdahale süreçlerini zorunlu kılan karmaşık olaylardır (Erkal & Değerliyurt, 2009, s. 149). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi çevresel tehditlerin etkisiyle afetlerin sıklığı ve yıkıcılığı artmaktadır. Bu nedenle, afetlerin erken tespiti ve

etkin yönetimi hem bireylerin korunması hem de afet yönetim sistemlerinin güçlendirilmesi açısından kritik önem taşımaktadır (Aboualola vd., 2023, s. 73788; Şengöz, 2024, s. 57).

Afetler; doğal, teknolojik veya insan kaynaklı nedenlerle meydana gelen ve toplumların normal işleyişini kesintiye uğratarak can ve mal kayıplarına yol açan olaylardır. Jeolojik, iklimsel ve biyolojik afetler gibi alt kategorilere ayrılan bu olaylar, geniş çaplı fiziksel ve toplumsal etkiler doğurabilir. Afet yönetiminin temel amacı, toplumsal direnci artırmak ve afetlerin yol açabileceği zararları en aza indirmektir. Bu amaçla, hazırlık, hızlı müdahale, etkili kaynak kullanımı ve iyileştirme süreçlerini içeren kapsamlı stratejiler geliştirilir (Eren & Duman, 2025, s. 16).

Afet yönetimi süreci; afet öncesi, afet anı ve afet sonrası olmak üzere üç aşamada ele alınmaktadır. Öncesinde, risk azaltıcı yasal ve teknik önlemler uygulanmakta; afet sırasında arama-kurtarma, iletişim, tahliye ve geçici barınma gibi faaliyetler yürütülmekte; sonrasında ise sağlık hizmetlerinin sürekliliği, temel ihtiyaçların karşılanması ve iyileştirme çalışmalarının başlatılması hedeflenmektedir (Erkal & Değerliyurt, 2009, s. 152). Bu döngüsel yapı, sadece zararları azaltmakla kalmayıp sürdürülebilir kalkınma hedeflerine de katkı sunmaktadır.

Afet riskleri, tehlike, kırılganlık ve müdahale kapasitesinin birleşimiyle ortaya çıkmakta; riskin tanımı ise, olumsuz olayların gerçekleşme olasılığı ile bu olayların etkilerinin bileşiminden oluşmaktadır (Ghaffarian vd., 2023, s. 3). Bu nedenle, afet yönetimi önleme, azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirmeyi içeren bütüncül bir yaklaşım gerektirir (Linardos vd., 2022, s. 447). Kurumlar arası işbirliği ve bilgi paylaşımı bu süreçte kritik öneme sahipken; afetin zamanlaması ve etkilerine dair belirsizlikler yönetsel zorluklar yaratmaktadır (Ghadge, 2023, s. 1545). Bu noktada, yapay zekâ ve gelişmiş teknolojiler; risk analizi, erken uyarı sistemleri, altyapı dayanıklılığı ve tahliye planlaması gibi alanlarda afet yönetimine stratejik katkılar sunmaktadır (Habibi Rad vd., 2021, s. 13).

Afet müdahalesi ve kurtarma, afet yönetiminin en kritik aşamaları arasında yer almakta olup, zaman baskısı, sınırlı kaynaklar ve karmaşık görev dağılımı gibi zorluklarla karşı karşıyadır. Bu süreçte, farklı uzmanlıklara sahip personelin ve mevcut kaynakların etkin şekilde görevlendirilmesi gerekmektedir. Ancak belirsizlikler ve operasyonel kısıtlamalar, planlamayı zorlaştırmakta ve uygun müdahale yapılamaması durumunda can ve mal kayıplarını artırabilmektedir (Rolland vd., 2010, s. 68).

Bu nedenle, karar destek sistemleri, özellikle hibrit meta-sezgisel yaklaşımlar temelinde geliştirilen modeller, afet müdahalesinde etkili çözümler sunmaktadır. Geleneksel yöntemlerin büyük ölçüde reaktif ve insan gücüne dayalı olması, bu sistemlerin sınırlı kalmasına yol açarken; YZ ve büyük veri teknolojileri afetin tüm aşamalarında (hazırlık, müdahale, iyileştirme) karar alma süreçlerini daha hızlı ve etkili hale getirmektedir (Şengöz, 2024, s. 57).

Afet yönetimi, farklı disiplinlerin bir araya geldiği, toplumları daha dirençli kılmayı hedefleyen bir süreçtir. Bu süreç, zamanında uyarıların yapılması, gerçek zamanlı veri toplanması, tahliye planlarının hazırlanması, hasar tespiti ve acil önlemlerin uygulanmasını içeren çok boyutlu bir koordinasyon gerektirmektedir. Ancak geleneksel sistemler, gerçek zamanlı veri işleme kapasitesinin yetersizliği nedeniyle bu ihtiyaçlara tam anlamıyla karşılık verememektedir (Zeng vd., 2023, s. 2).

Afetlere karşı en önemli unsur insan kaynağıdır. Çünkü etkili bir müdahale, can kayıplarını önlemenin temel yolu olarak görülmektedir (Shavarani & Vizvari, 2018, s. 228). Bu bağlamda, kaynak ve sorumlulukların etkili bir şekilde organize edilmesi, afetlerin bireyler ve toplum üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmada hayati önem taşımaktadır (Kankaname vd., 2021, s. 4).

## 2.İnsansız Hava Araçları (İHA)

İnsansız Hava Araçları (İHA), herhangi bir doğrudan insan müdahalesi olmaksızın, uzaktan kumanda ile ya da tamamen otonom olarak görev yapabilen hava sistemleridir. Başlangıçta yalnızca askeri amaçlarla geliştirilen bu sistemler, zamanla kontrol teknolojilerindeki ilerlemeler ve üretim maliyetlerindeki düşüş sayesinde sivil ve ticari alanlarda da yaygınlık kazanmıştır (Calamoneri vd., 2024, s. 1). Günümüzde İHA'lar; orman yangınlarıyla mücadele, bitki hastalıklarının tespiti, lojistik taşımacılık, devriye faaliyetleri ve özellikle arama-kurtarma operasyonları gibi birçok kritik görevde etkili biçimde kullanılmaktadır.

İHA teknolojisinin kökeni I. Dünya Savaşı'na dayanmaktadır. Bu dönemde geliştirilen ve "kendi kendine uçan hava torpidosu" olarak adlandırılan Kettering Böceği, ilk İHA prototipi olarak kabul edilmektedir. Orville Wright ve Charles Kettering tarafından geliştirilen bu sistem, yaklaşık 75 mil menzile sahip, bomba taşıyabilen ahşap yapıdaki çift kanatlı bir hava aracıydı (Estrada & Ndoma, 2019, s. 376). II. Dünya Savaşı süresince keşif ve gözetleme faaliyetlerinde kullanılan İHA'lar, 1950'li yıllarda görev sonrası geri dönebilen modellerle geliştirilmeye devam etmiş; 1960'lardan itibaren ise tamamen pilotsuz, elektronik sistemlerle donatılmış hâliyle düşman hareketlerinin izlenmesinde aktif olarak görev almıştır (Doctor vd., 2019, s. 1341).

Günümüzde "drone" adıyla da bilinen bu sistemler, savunma sanayisinden afet yönetimine, sağlıktan tarıma kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır (Grogan vd., 2018, s. 1; Sivasuruyan, 2021, s. 93). Özellikle afet yönetimi bağlamında, İHA'lar insan müdahalesinin riskli veya mümkün olmadığı durumlarda hızlı, güvenli ve etkili çözümler sunmaktadır. Arama-kurtarma, hasar tespiti, lojistik destek ve iletişim altyapısı sağlama gibi işlevlerle bu teknolojiler, afetin her aşamasında stratejik roller üstlenmektedir (Yıldızbası & Gür, 2020, s. 57; Ozbiltekin-Pala vd., 2025, s. 6).

İHA'lar sabit ya da döner kanatlı olarak tasarlanmakta; yük taşıma, yüksek çözünürlüklü görüntüleme ve uzaktan algılama gibi yetenekleriyle altyapı denetimi, tarım, ormancılık ve çevresel izleme gibi birçok uygulama alanında işlev görmektedir (Chou vd., 2010, s. 140). Özellikle afet bölgelerinde; düşük irtifada uçuş, dar alanlara erişim, farklı açılardan görüntü alma gibi teknik avantajları, İHA'ları geleneksel hava/satellit platformlarına göre daha esnek ve maliyet etkin bir alternatif hâline getirmektedir (Giordan vd., 2017, s. 2; Jazairy vd., 2024, s. 2).

Küçük ve taktik sınıf İHA'lar, afet sonrası iletişim altyapısının kurulması, konum tespiti, sıcaklık ölçümü ve hava destekli haritalama gibi görevlerde sıklıkla tercih edilmektedir. Genellikle 20 kg'dan hafif olan bu araçlar; yüksek çözünürlüklü kameralar, termal sensörler ve canlı yayın kabiliyetiyle donatılarak acil müdahale ekiplerinin sahada hızlı ve güvenli kararlar almasına katkı sağlamaktadır (Salmoral vd., 2020, s. 2; Sharma vd., 2024, s. 1).

Tarihsel olaylar da İHA'ların etkinliğini göstermektedir. Örneğin, Katrina ve Wilma Kasırgaları ile L'Aquila Depremi sonrası gerçekleştirilen arama-kurtarma ve yapı denetimi faaliyetlerinde İHA'ların kullanımı kritik öneme sahip olmuş; elde edilen hava görüntüleri sayesinde ilk müdahale ekiplerine yapısal bilgi aktarımı sağlanmıştır (Quaritsch vd., 2010, s. 57).

Teknik açıdan değerlendirildiğinde, İHA sistemleri üç ana bileşenden oluşur: uçan araç, yer kontrol istasyonu ve komuta-kontrol bağlantısı. Bu sistemler; uçuş moduna göre uzaktan kumandalı veya otonom olarak çalışabilir. Performans kriterleri açısından ise ağırlık, menzil, irtifa, motor tipi ve görev yetenekleri doğrultusunda sınıflandırılmaktadır (Usanmaz vd., 2020, s. 1470).

Kentsel alanlardaki yasal ve güvenlik düzenlemeleri, bazı ticari uygulamaları sınırlandırsa da İHA'ların hızlı konuşlanabilir yapısı, düşük maliyetli oluşu ve insan gücünü riske atmadan görev gerçekleştirme kapasitesi, onları afet ve acil durum yönetimi açısından vazgeçilmez bir teknoloji haline getirmiştir (Yakushiji vd., 2020, s. 2; Bloss, 2007, s. 12; Masroor vd., 2021, s. 185).

### 3.Yapay Zekâ (YZ) ve Afet Yönetimi

YZ, büyük veri analitiği, otonom sistemler, robotik teknolojiler ve iletişim altyapıları ile entegre biçimde çalışarak afet yönetimi alanında dönüşüm yaratma potansiyeline sahip bir teknolojidir. YZ, özellikle afet risklerinin öngörülmesi, erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi, kaynak tahsisi ve karar destek mekanizmalarının etkinleştirilmesinde stratejik bir rol üstlenmektedir (Dixit vd., 2024, s. 2; Kankanamge vd., 2021, s. 3).

Bu teknolojik dönüşümün önemli bileşenlerinden biri olan Nesnelerin İnterneti (IoT), sıcaklık, nem, sismik hareket gibi çevresel verileri toplayan sensör ve cihazlarla gerçek zamanlı izleme imkânı sunmakta; bu veriler YZ algoritmalarıyla analiz edilerek afet öncesi uyarı sistemlerine entegre edilmektedir. Ayrıca, mobil uygulamalar ve mesajlaşma servisleri, halkın bilgilendirilmesini ve topluluk temelli iletişim süreçlerini desteklemekte; kalabalık kaynaklı veri toplama (crowdsourcing) gibi mekanizmalarla yönetim süreçlerine katkı sunmaktadır (Dixit vd., 2024, s. 5).

YZ, afetlerin dört temel aşaması olan hazırlık, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme süreçlerinin tamamında aktif rol oynamaktadır. Hazırlık aşamasında risk haritaları, tahliye planları ve eğitim programları için veri sağlamakta; azaltma sürecinde bina yönetmelikleri ve altyapı önlemleri için tahmin modelleri üretmekte; müdahale sırasında hızlı karar desteği sunmakta; iyileştirme aşamasında ise hasar tespiti, kaynak yönetimi ve yeniden yapılanma stratejilerinin geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır (Tan vd., 2021, s. 2391; Gupta & Roy, 2024, s. 314).

Afet türlerine göre YZ'nin kullanım biçimleri çeşitlenmektedir:

Depremler: Sismik verilerin analizi, artçı şok tahmini ve bina hasar değerlendirmesi ile erken uyarı ve yapısal güvenlik katkısı sunmaktadır

Heyelanlar: Uydu ve jeolojik verilerle çalışan makine öğrenimi algoritmaları, erken tahmin sistemlerinin doğruluğunu artırmaktadır.

Seller: Yağış verileri ve görüntü analizleri kullanılarak selin şiddeti ve yayılma alanı önceden tespit edilebilmektedir.

Volkanik patlamalar: Görüntüleme teknikleriyle entegre edilen modeller, kül yayılımı ve patlama saatine dair öngörüler üretmektedir (Gupta & Roy, 2024, s. 314).

YZ tabanlı sistemler; uydu görüntüleme, uzaktan algılama, coğrafi analiz ve robotik araçlarla entegre çalışarak afet öncesi ve sonrası değerlendirme süreçlerini desteklemekte, bilgi üretimini hızlandırmakta ve karar vericilere stratejik katkılar sağlamaktadır (Eren & Duman, 2025, s. 20). Bu süreçte sanal asistanlar ve mobil uygulamalar, gerçek zamanlı konum paylaşımı, çevrimdışı iletişim ve psikososyal destek gibi işlevlerle müdahale ekipleri ve halk arasında iletişim köprüsü kurmaktadır.

YZ sistemleri, lojistik regresyon, destek vektör makineleri, sinir ağları gibi modellemeler ile özellikle çığ, sel ve yangın gibi olaylarda geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve hassas risk tahmini sunmaktadır (Sun vd., 2020, s. 2635). Derin öğrenme modelleri sayesinde, sismik aktivite ve sel su seviyesi gibi veriler analiz edilerek doğrudan müdahaleyi yönlendiren çıktılar elde edilmektedir (Jung vd., 2020, s. 4; Hasanuzzaman vd., 2023, s. 536).

Giderek artan afet tehdidi, yalnızca reaktif değil, proaktif ve veri temelli yönetim yaklaşımlarını zorunlu kılmaktadır (Velez & Zlateva, 2023, s. 388). Bu noktada YZ, şehir planlaması, altyapı izleme, sosyal medya analizi, risk farkındalığı ve kamu iletişimi gibi çok boyutlu alanlarda da kullanılmakta; afet yönetimini yalnızca müdahale değil, bütüncül bir sistem olarak yeniden şekillendirmektedir (Kankanamge vd., 2021, s. 3; Renugadevi & Medida, 2024, s. 136).

YZ'nin diğer önemli katkılarından biri, açıklanabilir YZ modelleri ile şeffaf ve güvenilir karar destek sistemleri geliştirmesidir. Özellikle afet müdahalesinde kullanılan robotik sistemler, sensör temelli algoritmalar ve bulut altyapılı veri sistemleri, olay yerinden gerçek zamanlı veri akışı sağlayarak hızlı müdahaleye olanak tanımaktadır (Abid vd., 2021, s. 7; AlAli & Alabady, 2022, s. 2; Albahri vd., 2024, s. 20).

YZ teknolojisi afet yönetiminde yalnızca bir teknik yenilik değil, aynı zamanda stratejik bir dönüşüm aracıdır. Doğru kurgulanmış YZ sistemleri, can kaybının azaltılmasından müdahale kaynaklarının etkin kullanımına, toplumsal farkındalığın artırılmasından iletişim altyapısının sürekliliğine kadar pek çok alanda hayat kurtarıcı işlevler üstlenmektedir (Hasanuzzaman vd., 2023, s. 534; Habibi Rad vd., 2021, s. 13; Rahmatizadeh & Kohzadi, 2024, s. 2).

#### **4. Afet Yönetimi ve İnsansız Hava Araçları**

İHA'lar, başlangıçta askeri amaçlarla geliştirilmiş olsalar da günümüzde suç mahallerinin incelenmesi, deniz canlılarının takibi, habitat değerlendirmesi, tarımsal gözlem ve bitki örtüsü haritalaması gibi çok çeşitli sivil ve bilimsel alanlarda yaygın biçimde kullanılmaktadır (Daud vd., 2022, s. 30). Son yıllarda İHA teknolojisinin hızla gelişmesiyle birlikte, bu araçların kullanım alanları da önemli ölçüde genişlemiş; sivil lojistikten askeri gözetlemeye, çevresel izleme faaliyetlerinden afet yönetimine kadar birçok sektörde etkin şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

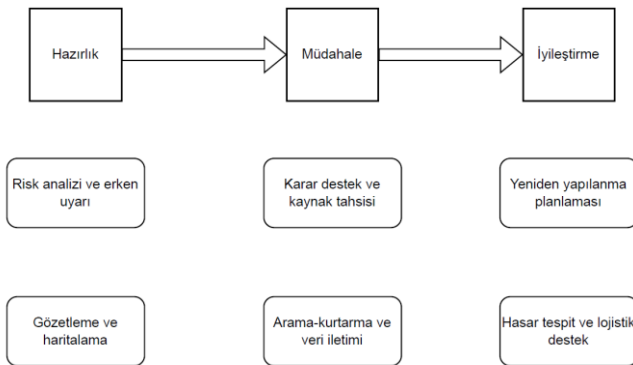
Afet yönetimi, hazırlık, müdahale ve iyileştirme gibi aşamaları kapsayan çok disiplinli bir çalışma alanıdır. Bu kapsamda YZ ve büyük veri teknolojileri, afet risklerinin önceden tespiti ve önleme stratejilerinin geliştirilmesi açısından etkin araçlar olarak ön plana çıkmaktadır. Özellikle nüfus yoğunluğu, tarihsel afet verileri ve altyapı bilgileri gibi

büyük veri setlerinin YZ algoritmalarıyla analiz edilmesi sayesinde, potansiyel tehlikelere karşı erken uyarı sistemleri geliştirilebilmektedir (Şengöz, 2024, s. 69).

İHA'ların afet yönetimi sürecindeki rolleri, zaman ölçeğine göre farklılık göstermektedir. Afet öncesinde erken uyarı ve gözetim, afet anında müdahale desteği, sonrasında ise hasar tespiti ve kurtarma faaliyetleri gibi çok yönlü kullanım alanları mevcuttur. Bu görevler, afetin türü, şiddeti ve yönetim düzeyine bağlı olarak stratejik, operasyonel ve taktik düzeylerde çeşitlilik arz etmektedir (Restas, 2015, s. 317). Özellikle doğal afetlerin ardından gerçekleştirilen acil müdahale süreçlerinde, bağımsız biçimde konuşlandırılabilen ve iletişim altyapısını destekleyebilen İHA ağları, hızlı ve etkili çözümler sunmaktadır. Ancak bu süreçlerin başarısı büyük ölçüde, etkili görev atama ve keşif rotalarının planlanabilmesine bağlıdır (Alawad vd., 2023, s. 1).

Keşif ve gözetleme senaryolarında çoklu İHA sistemleriyle rota planlaması, günümüzde önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Bu alanda geliştirilen algoritmalar genellikle seyahat süresini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Ancak özellikle pille çalışan sistemlere özgü enerji kısıtları gibi kritik zorluklar, çoğu zaman yeterince dikkate alınmamaktadır. Afet sonrası gerçekleştirilen kurtarma operasyonlarında ise, yüksek öncelikli bölgelere yönelik rota planlamasının yapılması, müdahale hızını artırmakta ve toplam görev sayısını azaltarak operasyonel verimliliği yükseltmektedir (Calamoneri vd., 2024, s. 3).

Aşağıda yer alan Şekil 1, afet yönetiminin temel aşamalarında İHA ve YZ teknolojilerinin nasıl bir iş bölümü ve katkı sunduğunu özetlemektedir. Şekil 1., afet yönetiminin üç temel aşamasında (hazırlık, müdahale ve iyileştirme) İHA ve YZ teknolojilerinin sunduğu katkıları özetlemektedir. Hazırlık aşamasında YZ risk analizi ve erken uyarı sistemlerini desteklerken, İHA'lar gözetleme ve haritalama faaliyetlerinde görev almaktadır. Müdahale sürecinde ise YZ destekli karar sistemleri kaynak tahsisini yönlendirirken, İHA'lar arama-kurtarma ve veri iletimi işlevlerini üstlenmektedir. İyileştirme aşamasında ise YZ planlama süreçlerine katkı sunarken, İHA'lar hasar tespiti ve lojistik destek sağlar. Bu model, Restas (2015), Calamoneri vd. (2024), Şengöz (2024), Erkal & Değerliyurt (2009) ve Ejaz vd. (2019) gibi çalışmaların ortaya koyduğu kavramsal yapı temel alınarak oluşturulmuştur.



**Şekil 1. Afet Yönetimi Aşamaları ve İHA-YZ Entegrasyonu**

#### 4.1. İnsansız Hava Araçlarının Afet Yönetiminde Artan Stratejik Önemi

İHA'lar, afet yönetiminde insanların doğrudan tehlikeye maruz kalmasını önleme, göreve özgü esnek uyarlanabilirlik ve maliyet etkinliği gibi temel avantajları sayesinde, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarında yüksek teknolojlili ve çok yönlü araçlar olarak öne çıkmaktadır (Nair vd., 2024, s. 1801).

Doğal ya da insan kaynaklı afetler; can ve mal kayıplarına, çevresel zararlara ve toplumsal düzenin bozulmasına yol açan beklenmedik olaylardır. Bu olaylara yönelik müdahale biçimleri, afetin türüne ve kapsamına göre değişkenlik gösterebilir. Bu bağlamda, İHA'lar yardım ulaştırma, hasar tespiti ve bilgi iletimi gibi kritik görevlerde hızlı, güvenli ve düşük maliyetli çözümler sunarak afet yönetimine stratejik katkılar sağlamaktadır (Nikhil vd., 2020, s. 140).

İHA'ların işlevi yalnızca afet sonrası müdahaleyle sınırlı kalmayıp, zarar azaltma ve önleyici uygulamalarda da etkin şekilde yer almaktadır. Özellikle endüstriyel kazalar ve zararlı gazların izlenmesi gibi yüksek riskli senaryolarda, çevresel tehditlerin erken tespiti açısından önemli araçlardır. Akıllı şehir altyapılarıyla entegre edildiklerinde hem veri toplama hem de iletişim desteği sağlayarak çok katmanlı bir işlevsellik sunarlar (Hildmann & Kovacs, 2019, s. 5). Ayrıca, afet öncesi hazırlık planlarının oluşturulması, risk değerlendirmelerinin yapılması ve veri altyapısının hazırlanması gibi süreçlerde, İHA'lar uydu sistemleri ve insanlı hava araçlarına alternatif olarak tercih edilebilmektedir (Griffin, 2014, s. 270). Bu sistemlerin sunduğu yüksek durumsal farkındalık, afet yönetimi kararlarının daha hızlı ve doğru biçimde alınmasına katkı sağlamaktadır (Ejaz vd., 2019, s. 5).

Afet yönetiminin tüm aşamalarında — hazırlık, müdahale ve iyileştirme — İHA sistemleri stratejik roller üstlenmektedir. Deprem, sel, yangın ve kimyasal sızıntı gibi çeşitli afet türlerinde; olay öncesi risk analizi, olay anında gözetim ve müdahale, sonrasında ise hasar tespiti ve kurtarma faaliyetlerinde etkili biçimde kullanılmaktadırlar. Özellikle önleyici devriye uçuşları, zehirli yayılım tespiti, yüksek çözünürlüklü görüntüleme ve hızlı veri iletimi gibi özellikleriyle, karar alma süreçlerinin verimliliğini artırmaktadır (Restas, 2017; Kamat vd., 2023).

Afet anlarında arama-kurtarma, veri toplama ve lojistik destek gibi çok boyutlu işlevleriyle, İHA'lar afet yönetiminin vazgeçilmez teknolojilerinden biri hâline gelmiştir. Geniş alanları kısa sürede tarayabilme yetenekleri, arama faaliyetlerinin etkinliğini artırmakta; ısı, ses ve titreşim sensörleriyle donatıldıklarında, moloz altındaki canlıların tespitinde hayati rol oynamaktadırlar (Daud vd., 2022, s. 30). Ayrıca, afet sonrası sıkça karşılaşılan koordinasyon eksikliği ve kaynak israfı gibi sorunlar, İHA destekli görüntüleme ve veri iletimi sistemleriyle büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Gerçek zamanlı durumsal farkındalık sunan bu sistemler, kurtarma ekiplerinin yönlendirilmesinde kritik destek sağlamaktadır. Örneğin, sel gibi afetlerde İHA'lar, erişilemeyen bölgelere ilaç, gıda ve acil yardım malzemesi ulaştırarak hayati katkılar sunmaktadır (Nawaz vd., 2019, s. 88).

Deprem gibi yıkıcı afetlerde, çöken yapıların tespiti, arama-kurtarma ekiplerinin yönlendirilmesi ve malzeme taşınması gibi operasyonel görevlerde İHA'lar aktif biçimde kullanılmaktadır. Ayrıca, üç boyutlu modelleme ve dijital haritalama yoluyla sahadaki yapısal hasarların ayrıntılı analizleri gerçekleştirilebilmektedir (Lyu vd., 2023, s. 10). Gelişmiş sensör ve konum belirleme teknolojileri sayesinde, modern İHA sistemleri

önceden tanımlanmış bölgeleri otonom olarak izleyebilmekte; görüntüleme kameraları, gaz sensörleri, lazer tarayıcılar ve çok bantlı görüntüleme sistemleri ile yangın, salgın hastalıklar ve çevresel tehditlerin tespitinde etkin rol üstlenmektedir (Blišfanová vd., 2022, s. 120).

Gerçek zamanlı veri ve görüntü sağlayabilme yeteneği sayesinde İHA sistemleri, müdahale, kurtarma ve risk azaltma süreçlerinde ekiplerin durumsal farkındalığını önemli ölçüde artırmaktadır. Arama-kurtarma, tehlike izleme ve ulaşım planlaması gibi görevlerde; hasarlı yollar ve tahliye güzergâhları gibi kritik veriler toplanarak ulaşım yönetim sistemlerine entegre edilmekte ve karar alma süreçleri hızlandırılmaktadır (Kim & Davidson, 2015, s. 86).

İHA'lar yalnızca afet yönetimiyle sınırlı kalmayıp; ulaşım, tarım ve çevre koruma gibi alanlarda da dönüştürücü bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Afet bağlamında ise arama-kurtarma, tıbbi malzeme taşımacılığı, altyapı gözetimi ve iletişim ağlarının yeniden kurulması gibi kritik görevlerde etkili şekilde kullanılmaktadır (Kim & Davidson, 2015, s. 83). Bu görevlerde elde edilen görüntü ve haritalama verileri, afet öncesi risk analizi, olay anı planlaması ve afet sonrası iyileştirme süreçleri açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle üç boyutlu haritalar, tsunami, sel ve heyelan gibi afet türlerine yönelik riskli bölgelerin tespiti ve zaman serili analizlerle çevresel değişimlerin izlenmesi açısından kritik rol oynamaktadır (Duverneuil, 2016, s. 6).

İHA sistemleri afet yönetiminde yalnızca geleneksel yöntemleri desteklemekle kalmamakta; aynı zamanda onları tamamlayıcı ve bazı durumlarda yerlerine geçebilecek bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir. Haritalama, görüntü analizi, iletişim altyapısının yeniden kurulması ve bilgi aktarımı gibi alanlarda çok yönlü görevler üstlenebilen bu sistemler; sensör entegrasyonu, yüksek irtifa platformları ve bulut tabanlı çözümlerle desteklenerek zarar gören altyapıların yerine alternatif sistemlerin geliştirilmesine imkân tanımaktadır (Yıldızbası & Gür, 2020).

YZ ve İHA tabanlı sistemlerin afet yönetiminde sunduğu avantajlar, geleneksel yöntemlerle karşılaştırmalı biçimde Tablo 1'de sunulmuştur. Bu karşılaştırmalı tablo, afet yönetiminde kullanılan geleneksel yöntemlerle YZ ve İHA tabanlı yaklaşımların çeşitli kriterler bağlamındaki farklılıklarını ortaya koymaktadır. Veri toplama hızı, erişilebilirlik, güvenlik, analiz kabiliyeti ve çevresel uyum gibi kritik başlıklarda YZ ve İHA teknolojileri daha dinamik, otonom ve esnek çözümler sunmaktadır. Özellikle müdahale ve değerlendirme süreçlerinde gerçek zamanlı izleme ve karar destek mekanizmaları ile bu teknolojiler operasyonel verimliliği artırmaktadır. Bu karşılaştırma, Daud vd. (2022), Kim & Davidson (2015), Blišfanová vd. (2022), Partigöç (2022), Özmen & Özden (2013), Sivasuriyan (2021) gibi literatürdeki çalışmaların bulgularına dayanmaktadır.

Tablo 1 incelendiğinde, YZ ve İHA tabanlı sistemlerin afet yönetimi süreçlerinde geleneksel yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sunduğu görülmektedir. Veri toplama hızındaki artış, erişilemeyen bölgelere müdahale edebilme kapasitesi ve insan müdahalesini minimize ederek operasyonel güvenliği artırması, bu teknolojilerin öne çıkan yönlerindedir. Ayrıca gerçek zamanlı izleme ve gelişmiş analiz yetenekleri sayesinde karar alma süreçleri daha hızlı ve etkili biçimde yönetilebilmektedir. Geleneksel yöntemlerin fiziksel sınırlamaları ve altyapı bağımlılığına karşılık, YZ ve İHA sistemleri mobilite, esneklik ve ölçeklenebilirlik açısından ciddi avantajlar sağlamaktadır.

Bu farklılıklar, afet anında kritik verilerin hızlı elde edilmesi ve müdahale kararlarının desteklenmesi açısından stratejik bir dönüşümün göstergesidir.

**Tablo 1. YZ ve İHA Teknolojilerinin Geleneksel Yöntemlere Göre Avantajları**

Kriter	Geleneksel Yöntemler	İHA & YZ Teknolojileri
<b>Veri Toplama Hızı</b>	Düşük - manuel süreçlere dayalı	Yüksek - otonom ve hızlı
<b>Erişilebilirlik</b>	Kısıtlı (özellikle riskli alanlarda)	Zor coğrafyalara erişim mümkün
<b>Operasyonel Güvenlik</b>	İnsan gücüne bağımlı, riskli	İnsansız ve uzaktan operasyon
<b>Gerçek Zamanlı İzleme</b>	Genellikle gecikmeli	Gerçek zamanlı veri akışı
<b>Maliyet Etkinliği</b>	Uzun vadede yüksek maliyetli	Kaynak kullanımında verimli
<b>Analiz Yeteneği</b>	Sınırlı analiz kapasitesi	Gelişmiş modelleme ve öngörü
<b>Çevresel Uyum</b>	Çoğunlukla sabit altyapıya bağlı	Mobil ve uyarlanabilir altyapı

Afet türlerine göre İHA kullanım senaryoları Tablo 2’de verilmiştir. Tablo2, farklı afet türlerine göre İHA sistemlerinin sunduğu uygulama biçimlerini ve gereken özel donanımları göstermektedir. Tablo, Daud vd. (2022), Nawaz vd. (2019), Lyu vd. (2023), Blištanová vd. (2022), Arain & Moeini (2016) gibi çalışmalarda aktarılan örnek olaylar ve teknik öneriler temel alınarak oluşturulmuştur.

**Tablo 2. Afet Türlerine Göre İHA Kullanım Senaryoları**

Afet Türü	İHA Uygulaması	Özel Donanım
<b>Deprem</b>	Hasar tespiti, kurtarma	LIDAR, Termal Kamera
<b>Sel</b>	Su seviyesi analizi	Multispektral Kamera
<b>Yangın</b>	Sıcak nokta tespiti	IR Kamera, Duman Sensörü
<b>Nükleer Kaza</b>	Emisyon analizi, durum izleme	Gaz Sensörleri, Radyasyon Ölçer

Tablo 2 incelendiğinde, farklı afet türlerinin gerektirdiği İHA uygulamalarının ve teknik donanım ihtiyaçlarının çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Depremler için LIDAR ve termal kamera gibi hassas sensörlerle donatılmış İHA’lar hasar tespiti ve kurtarma faaliyetlerinde öne çıkarken; sel olaylarında multispektral kameralar yardımıyla su seviyesi ve taşkın alanları hakkında detaylı analizler yapılabilmektedir. Yangın senaryolarında ise sıcak nokta tespiti için IR kameralar ve duman sensörleri kritik öneme sahiptir. Nükleer kazalar gibi yüksek riskli durumlarda, gaz ve radyasyon sensörleriyle donatılmış İHA’lar hem operatör güvenliğini sağlamak hem de durumsal farkındalığı artırmaktadır. Bu çeşitlilik, afet türüne özgü çözümler geliştirmenin ve uygun ekipmanla entegre İHA sistemlerinin kullanımının ne kadar hayati olduğunu ortaya koymaktadır.

#### 4.2. Zorlu Coğrafyalarda Operasyonel Yetenekler ve Sensör Entegrasyonu

İHA’lar, özellikle zor coğrafi koşullara sahip dağlık ve ulaşılması güç bölgelerde veri toplama yetenekleri sayesinde, insani yardım lojistiğinde vazgeçilmez araçlar hâline gelmiştir. Uydu görüntülerine kıyasla daha düşük maliyetli olmaları, zaman ve kaynak

yönetimi açısından önemli avantajlar sunmaktadır. LIDAR ve radar sistemleriyle donatıldıklarında ise, özellikle depremler sonrasında zemin değişikliklerinin ve yapısal hasarların ayrıntılı biçimde haritalandırılmasında etkin biçimde kullanılabilirler. Sel gibi afetlerde ise uydu, İHA ve kara tabanlı kamera sistemlerinin entegre kullanımıyla su seviyesi, altyapı durumu ve ulaşım ağlarındaki hasar gibi kritik veriler hızlıca toplanabilmektedir (Sever vd., 2024; Akhyar vd., 2024).

Karayolu erişiminin kısıtlı olduğu afet bölgelerinde, orta ve büyük ölçekli İHA sistemleri, insani yardım malzemeleri ile teknik ekipmanların taşınmasında aktif rol oynamaktadır. Bu tür sistemlerden elde edilen görüntülerle oluşturulan üç boyutlu modeller hem hasar analizlerine temel oluşturmakta hem de yeniden yapılanma süreçlerinin planlanmasına katkı sağlamaktadır (Li & Hu, 2021, s. 6). İHA'ların afet lojistiğine sunduğu esneklik, maliyet etkinliği ve gerçek zamanlı veri sağlama kapasiteleri; kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve özel sektör tarafından yoğun bir şekilde benimsenmelerine neden olmaktadır (Ozbiltekin-Pala vd., 2025, s. 3).

Özellikle orman yangınlarının yönetiminde İHA sistemleri; sıcak nokta tespiti, yangının ilerleyişinin gerçek zamanlı izlenmesi ve yangın sonrası alan gözlemi gibi görevleri başarıyla yerine getirmektedir. İnsanlı uçuşlara göre çok daha düşük maliyetlerle yüksek doğrulukta veri sağlayabilen bu sistemler, erken müdahale kapasitesini önemli ölçüde artırmaktadır (Arain & Moeini, 2016, s. 4).

Yüksek riskli olaylar, özellikle nükleer kazalar gibi insan müdahalesinin tehlikeli ya da mümkün olmadığı durumlarda, İHA'lar emisyon yayılımı takibi, bölgesel durum analizi ve çevresel parametrelerin ölçümü gibi görevlerde güvenli ve etkili veri sunma kapasitesine sahiptir. Ani gelişen doğal afetlerde, özellikle depremlerde hızlı hasar tespiti ve afet bölgesinin havadan haritalandırılması açısından İHA'lar en uygun teknolojiler arasında yer almaktadır. Küçük ölçekli sistemler dahi, sınırlı kaynaklarla yüksek doğrulukta veri üretimi gerçekleştirerek kaynak yönetimi ve operasyonel planlama süreçlerine değerli katkılar sunmaktadır (Nawaz vd., 2019, s. 88).

İHA'ların afet yönetimindeki katkıları yalnızca fiziksel hasar analiziyle sınırlı değildir; sağlık hizmetlerinde de kritik roller üstlenmektedirler. Erişilemeyen bölgelere otomatik harici defibrilatör (AED) gibi hayati tıbbi cihazların ulaştırılması, özellikle ilk müdahale sürecinde yaşamsal önem taşımaktadır. Ayrıca, su kaynaklı afetlerde —örneğin taşkın, kuraklık ve havza taşmaları gibi durumlarda— İHA'lar; sürekli veri akışı sağlayarak havza izleme, taşkın analizi ve kuraklık takibi gibi işlevlerde müdahale planlamasını desteklemektedir (Sivasuriyan, 2021, s. 95).

### 4.3. İletişim Altyapısının Yeniden Kurulmasında İnsansız Hava Araçlarının Rolü

Kriz anlarında, geleneksel iletişim altyapılarının zarar gördüğü durumlarda İHA'lar internet bağlantısı sağlamada stratejik avantajlar sunmaktadır. Uzak veya erişilemeyen bölgelere hızla konuşlandırılabilmesi, gerçek zamanlı bağlantı kurabilmeleri ve mobil röle istasyonları olarak işlev görebilmeleri sayesinde afet müdahale sürecinin etkinliğini artırmaktadırlar. Kara tabanlı unsurlarla entegrasyonları, özellikle deprem ve kasırga gibi felaketlerde iletişim ağlarının kesintiye uğradığı durumlarda kritik önem taşımaktadır (Danach vd., 2025, s. 2).

İHA'lar, afet sonrası geçici iletişim ağları kurmak için havada baz istasyonları olarak görev alabilmekte ve hızlı konuşlandırma ile kablosuz kapsama sağlamaktadır. Kullanıcı

yoğunluğuna göre dinamik olarak yeniden konumlandırılabilen bu sistemler, 5G milimetre dalga teknolojileri ile iletişim kalitesini artırmakta; aynı zamanda ışın yönlendirme teknikleri sayesinde enerji verimliliği de sağlamaktadır (Sharma vd., 2024, s. 2).

#### 4.4. Gerçek Zamanlı Bilgi Akışı ve Stratejik Faydalar

Afet yönetiminin tüm aşamalarında bilgi, en kritik unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle istihbarat, keşif ve gözetleme faaliyetleri; afetin hazırlık, değerlendirme, müdahale ve iyileştirme evrelerinin başarısı açısından hayati önem taşımaktadır. Çeşitli sensörlerle donatılmış İHA'lar, erken uyarıdan hasar tespitine, arama-kurtarmadan iletişim desteğine kadar çok geniş bir işlev yelpazesi sunarak bu süreçlerin etkinliğini artırmaktadır (Worden vd., 2020, s. 1).

Her ne kadar İHA teknolojisinin bu potansiyeli belirgin olsa da afet yönetimi sahasında hâlen yeterince yaygın biçimde kullanılmadığı görülmektedir. Özellikle düşük maliyetli ve taktik sınıf İHA'lar, taşınabilir yapıları ve esnek konuşlandırılabilirlik özellikleri sayesinde geniş alanların eş zamanlı olarak taranmasında oldukça etkili araçlardır (Ameri vd., 2009, s. 1). Bu sistemler, giyilebilir cihazlarla entegre edildiklerinde altyapının bulunmadığı bölgelerde iletişim imkânı sunmakta; arama-kurtarma operasyonları sırasında kurtarma mesajlarının iletimine katkı sağlamaktadır (Ejaz vd., 2019, s. 5).

2019 yılında özel bir şirket tarafından geliştirilen kablosuz ağ entegreli İHA sistemlerinin, orman yangınları esnasında itfaiyeye gerçek zamanlı hava görüntüleri sağlaması, bu teknolojilerin sahadaki etkinliğini somut biçimde ortaya koymuştur. Kablosuz Sensör Ağları (Wireless Sensor Networks – WSN) ile entegre edilen bu sistemler; çevresel veri toplama, hızlı tarama ve anlık analiz yapabilme kapasiteleriyle afet bilgisi üretiminde güçlü araçlar hâline gelmiştir (Glantz vd., 2020, s. 917).

Sabit ve döner kanatlı İHA'ların hibrit biçimde kullanılması ise, özellikle erişilmesi güç veya tehlikeli bölgelerde veri toplama süreçlerinde büyük avantajlar sunmaktadır. Yangın söndürme ya da lojistik destek gibi yüksek riskli görevlerde mürettebatsız operasyon yapabilmeleri, insan hayatını tehlikeye atmadan müdahale edilmesini mümkün kılmaktadır. Nitekim 2013 yılında askeri sınıf bir İHA'nın sivil bir yangın müdahalesinde ilk kez kullanılması, bu potansiyelin erken örneklerinden biri olarak kayda geçmiştir (Worden vd., 2020, s. 1).

Özellikle sel felaketleri sonrasında, makine öğrenmesi algoritmalarıyla donatılmış İHA'lar, görüntüleme ve analiz süreçlerinde yüksek etkililik göstermektedir. Görüntü segmentasyonu, yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks – ANN) ve evrişimli sinir ağları (Convolutional Neural Networks – CNN) gibi yöntemler aracılığıyla altyapı hasarları ve su baskını seviyeleri gerçek zamanlı olarak değerlendirilebilmektedir (Munawar vd., 2021, s. 5).

İHA teknolojisinin kullanım alanı afetlerle sınırlı kalmamakta; tarım, orman gözetimi ve çığ riski analizi gibi birçok alanda da yaygın biçimde tercih edilmektedir. Özellikle mevcut haritaların yetersiz kaldığı afet senaryolarında, drone filoları aracılığıyla hızlı ve doğru haritalama yapılabilen, bu sayede durumsal farkındalık daha etkin şekilde sağlanmaktadır (Aicardi vd., 2014, s. 3). Hasar değerlendirme, yardım dağıtımı, iletişim desteği, yangına müdahale, insani yardım ve acil sağlık hizmetleri gibi çok çeşitli

görevlerde İHA sistemlerinin kamu ve özel sektör tarafından yoğun biçimde kullanıldığı gözlemlenmektedir (Bahçıvan, 2024, s. 187).

Afet sonrası ilk müdahale sürecinin en temel hedefi, hayatta kalanları en kısa sürede tespit etmektir. İHA'lar, geniş alanları hızlı biçimde tarayabilme kapasiteleri sayesinde bu süreci hızlandırmakta; zaman kazandırmakta ve operasyonel verimliliği artırarak maliyetleri azaltmaktadır (Griffin, 2014, s. 266).

### **Sonuç, Tartışma ve Öneriler**

Bu çalışma, YZ destekli İHA'ların, afet yönetimi süreçlerindeki rolünü kapsamlı biçimde incelemeyi amaçlamıştır. Afetler, giderek daha karmaşık hale gelen doğaları nedeniyle, yalnızca insan gücüne dayalı müdahale yöntemleriyle yönetilemeyecek boyutlara ulaşmaktadır (Velev & Zlateva, 2023; Şengöz, 2024). Bu bağlamda, YZ ve İHA teknolojilerinin entegrasyonu, afet yönetiminde çok yönlü katkılar sunan stratejik bir yenilik alanı olarak değerlendirilmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, YZ ve İHA teknolojilerinin afetin hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarında işlevsel biçimde kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Özellikle müdahale aşamasında, bu teknolojiler; gerçek zamanlı veri akışı, hasar tespiti, arama-kurtarma operasyonları, durumsal farkındalık sağlama, malzeme ulaştırma ve tehlikeli alanlara güvenli erişim gibi açılardan önemli avantajlar sunmaktadır (Habibi Rad vd., 2021; Ozbiltekin-Pala vd., 2025; Daud vd., 2022).

YZ, büyük veri analitiği ve derin öğrenme gibi tekniklerle afetleri öngörmeye, erken uyarı sistemlerini geliştirmeye ve karar alma süreçlerini desteklemeye katkı sağlamakta; insansız hava araçları ise hız, erişilebilirlik ve yüksek manevra kabiliyeti sayesinde fiziksel operasyonları kolaylaştırmaktadır (Dixit vd., 2024; Albahri vd., 2024; Hasanuzzaman vd., 2023). Özellikle karmaşık ve hızlı gelişen felaketlerde, bu iki teknolojinin bütünlük biçimde kullanımı, müdahale süresini kısaltmakta ve can kaybını en aza indirmektedir.

YZ ve İHA sistemlerinin afet yönetiminde sunduğu faydalar, literatürdeki birçok çalışmayla paralellik göstermektedir. Örneğin Tan vd. (2021), afet müdahalesinde hızlı karar alma süreçlerinde YZ tabanlı araçların önemine vurgu yaparken; Ghaffarian vd. (2023), YZ'nin önleme, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarındaki işlevselliğini sistematik biçimde ortaya koymaktadır. Bu çalışma, söz konusu katkılarının İHA teknolojisi ile bütünlüğünde daha da arttığını göstermektedir.

Araştırmanın ortaya koyduğu bir diğer önemli bulgu, afet türlerinin teknolojik uygulamalara olan uygunluk düzeylerinin farklılaşmasıdır. Örneğin, orman yangınlarında İHA'lar, sıcak nokta tespiti ve duman yayılımı takibinde yüksek başarı sağlarken (Akhyar vd., 2024), sel felaketlerinde hava koşulları nedeniyle uçuş kısıtlamaları ve veri iletiminde gecikmeler yaşanabilmektedir (Albahri vd., 2024). Deprem sonrası yapı hasarı analizinde ise, LİDAR ve termal görüntüleme sistemleriyle donatılmış İHA'lar, manuel tespit süreçlerinden çok daha hızlı ve güvenli veri sağlamaktadır (Quaritsch vd., 2010; Yıldızbası & Gür, 2020).

Bununla birlikte, sistemlerin uygulanabilirliğini sınırlayan bazı teknik, ekonomik ve hukuki faktörler de göz ardı edilemez. Veri güvenliği, YZ algoritmalarının şeffaflığı, maliyet etkinliği, kullanıcı eğitimi ve mevzuat eksiklikleri, teknolojilerin yaygınlaştırılmasında karşılaşılan temel engeller arasında yer almaktadır (Rahmatizadeh & Kohzadi, 2024; Hildmann & Kovacs, 2019).

Yapay zekâ ve İHA kullanımına yönelik ulusal afet yönetimi politikaları, yasal altyapı ile desteklenmeli; özel sektör, kamu ve akademi iş birliğiyle etik, güvenlik ve veri mahremiyeti çerçevesinde standartlar oluşturulmalıdır

Farklı afet senaryoları için özelleştirilmiş YZ-IHA sistemleri tasarlanmalı; örneğin depremde yapı hasarı analizi, selde su seviyesi takibi, yangında sıcaklık dağılımı izleme gibi görevler için farklı donanım ve yazılım kombinasyonları oluşturulmalıdır.

Afet yönetiminde görev alan kamu kurumları ve yerel yönetimlerin, bu teknolojileri kullanabilecek insan kaynağını geliştirmek için senaryo tabanlı eğitim programları düzenlemesi gerekmektedir. Ayrıca toplumun da bu sistemlerle ilgili temel farkındalığa sahip olması sağlanmalıdır.

İHA'lar ve IoT sensörleriyle entegre çalışacak erken uyarı sistemleri, özellikle riskli bölgelerde yaygınlaştırılmalı; hava tahmini, sismik izleme, yangın algılama gibi veriler YZ algoritmalarıyla analiz edilerek afet risk haritaları üretilmelidir.

YZ destekli İHA sistemlerinin afet yönetimi planlarına entegre edilmesi sağlanmalı; ulaşım, sağlık, enerji ve iletişim gibi kritik altyapı alanlarıyla uyumlu çalışabilecek veri paylaşım protokolleri geliştirilmelidir.

AFAD ve yerel yönetimler, afet öncesi ve sonrası YZ destekli İHA kullanımına dair operasyonel kılavuzlar hazırlamalıdır. Bu kılavuzlar, hangi afet türünde nasıl bir İHA donanımı ve yazılımı kullanılacağına dair senaryo tabanlı yönergeler içermelidir. Belediye ve valilik düzeyinde düzenli olarak YZ-İHA entegrasyonlu tatbikatlar planlanmalı; bu sayede ekipler, afet anında teknolojiyi etkili biçimde kullanma konusunda hazırlıklı hale getirilmelidir. Belediyeler ve il AFAD birimleri, İHA pilotluğu, görüntü analizi ve YZ temelli karar destek sistemleri konusunda teknik personel yetiştirmelidir. Bu eğitimler, iş birliği içinde üniversiteler veya TÜBİTAK destekli olabilir. YZ-İHA sistemlerinin topladığı verilerin, farklı kurumlar arasında hızlı ve güvenli biçimde paylaşılabilmesi için ortak veri protokolleri geliştirilmelidir. YZ-İHA sistemleri, sahada konuşlandırılan mobil kriz yönetim merkezleriyle gerçek zamanlı entegre çalışacak şekilde planlanmalıdır. Bu sayede karar destek sistemleri anlık olarak sahaya müdahale yönlendirmesi yapabilir. İHA kullanımında sivil havacılık, kişisel veriler ve ulusal güvenlik gibi konulara dikkat edilerek, yasal çerçevede çalışacak sistemler geliştirilmeli ve veri güvenliği politikaları oluşturulmalıdır.

Değerlendirme	İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme
Etik Beyan	Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.
Benzerlik Taraması	Yapıldı – Ithenticate
Etik Bildirim	<a href="mailto:itobiad@itobiad.com">itobiad@itobiad.com</a>
Çıkar Çatışması	Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
Finansman	Bu araştırmayı desteklemek için dış fon kullanılmamıştır.
Peer-Review	Double anonymized - Two External
Ethical Statement	* It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cite.
Plagiarism Checks	Yes - Ithenticate
Conflicts of Interest	The author(s) has no conflict of interest to declare.
Complaints	<a href="mailto:itobiad@itobiad.com">itobiad@itobiad.com</a>
Grant Support	The author(s) acknowledge that they received no external funding in support of this research.

## Kaynakça / References

- Abid, S. K., Sulaiman, N., Chan, S. W., Nazir, U., Abid, M., Han, H., ... & Vega-Muñoz, A. (2021). Toward an integrated disaster management approach: how artificial intelligence can boost disaster management. *Sustainability*, 13(22), 12560.
- Aboualola, M., Abualsaud, K., Khattab, T., Zorba, N., & Hassanein, H. S. (2023). Edge technologies for disaster management: A survey of social media and artificial intelligence integration. *IEEE access*, 11, 73782-73802.
- Aicardi, I., Chiabrando, F., Lingua, A. M., Noardo, F., & Piras, M. (2014). Unmanned aerial systems for data acquisitions in disaster management applications. JUNCO. *Journal of universities and international development cooperation university of Turin*. Turin: Università di Torino, 164-171.
- Akhyar, A., Zulkifley, M. A., Lee, J., Song, T., Han, J., Cho, C., ... & Hong, B. W. (2024). Deep artificial intelligence applications for natural disaster management systems: A methodological review. *Ecological Indicators*, 163, 112067.
- AlAli, Z. T., & Alabady, S. A. (2022). The role of unmanned aerial vehicle and related technologies in disasters. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28, 100873.
- Alawad, W., Halima, N. B., & Aziz, L. (2023). An unmanned aerial vehicle (UAV) system for disaster and crisis management in smart cities. *Electronics*, 12(4), 1051.
- Albahri, A. S., Khaleel, Y. L., Habeeb, M. A., Ismael, R. D., Hameed, Q. A., Devenci, M., ... & Alzubaidi, L. (2024). A systematic review of trustworthy artificial intelligence applications in natural disasters. *Computers and Electrical Engineering*, 118, 109409.
- Ameri, B., Meger, D., Power, K., & Gao, Y. (2009, March). UAS applications: Disaster & emergency management. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*.
- Arain, F., & Moeini, S. (2016). Leveraging on unmanned aerial vehicle (UAV) for effective emergency response and disaster management. In *Proceedings of the Project Management Symposium at U of MD College Park Maryland*.
- Bahçivan, S. (2024). Afet Yönetiminde Sosyal Medya, İnsansız Hava Araçları (Drone) ve Diğer Teknolojik Araçların Rolü. *Strategic Public Management Journal*, 10(17), 175-193.
- Blišťanová, M., Blišťan, P., Tirpáková, M., & Křučka, I. (2022). Unmanned aircraft systems in support of disaster management. *Transportation research procedia*, 65, 116-125.
- Bloss, R. (2007). By air, land and sea, the unmanned vehicles are coming. *Industrial Robot: An International Journal*, 34(1), 12-16.
- Calamoneri, T., Corò, F., & Mancini, S. (2024). Management of a post-disaster emergency scenario through unmanned aerial vehicles: Multi-Depot Multi-Trip Vehicle Routing with Total Completion Time Minimization. *Expert Systems with Applications*, 251, 123766.
- Chou, T. Y., Yeh, M. L., Chen, Y. C., & Chen, Y. H. (2010). Disaster monitoring and management by the unmanned aerial vehicle technology.: *ISPRS TC VII Symposium*
- Danach, K., Harb, H., Rashid, A. S. K., Al-Tarawneh, M. A., & Aly, W. H. F. (2025). Location planning techniques for Internet provider service unmanned aerial vehicles during crisis. *Results in Engineering*, 25, 103833.

Daud, S. M. S. M., Yusof, M. Y. P. M., Heo, C. C., Khoo, L. S., Singh, M. K. C., Mahmood, M. S., & Nawawi, H. (2022). Applications of drone in disaster management: A scoping review. *Science & Justice*, 62(1), 30-42.

Dixit, A., Chauhan, R., & Shaw, R. (2024). Application of smart systems and emerging technologies for disaster risk reduction and management in Nepal. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-07-2023-0085>.

Doctor, A., Khirani, D., Raut, R. D., & Narwane, V. S. (2019, July). Literature Review on Employment of Unmanned Aerial Vehicles for Disaster Management. In Proceedings of the *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Pilsen, Czech Republic (pp. 23-26).

Duverneuil, B. (2016). Unmanned Aerial Vehicles in Response to Natural Disasters. *Aerial Drone Archaeology & Preservation* December 2016

Ejaz, W., Azam, M. A., Saadat, S., Iqbal, F., & Hanan, A. (2019). Unmanned aerial vehicles enabled IoT platform for disaster management. *Energies*, 12(14), 2706.

Eren, V., & Duman, H. (2025). Artificial Intelligence Support In Disaster Management. *Kamu Yönetimi ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 13-36.

Erkal, T., & Değerliyurt, M. (2009). Türkiye’de afet yönetimi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 147-164.

Estrada, M. A. R., & Ndoma, A. (2019). The uses of unmanned aerial vehicles–UAV’s-(or drones) in social logistic: Natural disasters response and humanitarian relief aid. *Procedia Computer Science*, 149, 375-383.

Ghadge, A. (2023). ICT-enabled approach for humanitarian disaster management: a systems perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 34(6), 1543-1565.

Ghaffarian, S., Taghikhah, F. R., & Maier, H. R. (2023). Explainable artificial intelligence in disaster risk management: Achievements and prospective futures. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 98, 104123.

Giordan, D., Manconi, A., Remondino, F., & Nex, F. (2017). Use of unmanned aerial vehicles in monitoring application and management of natural hazards. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(1), 1-4.

Glantz, E. J., Ritter, F. E., Gilbreath, D., Stager, S. J., Anton, A., & Emani, R. (2020, May). UAV Use in Disaster Management. In *ISCRAM* (pp. 914-921).

Griffin, G. F. (2014). The use of unmanned aerial vehicles for disaster management. *Geomatica*, 68(4), 265-281.

Grogan, S., Pellerin, R., & Gamache, M. (2018). The use of unmanned aerial vehicles and drones in search and rescue operations—a survey. *Proceedings of the PROLOG*, 1-13.

Gupta, T., & Roy, S. (2024, April). Applications of artificial intelligence in disaster management. In *Proceedings of the 2024 10th International Conference on Computing and Artificial Intelligence* (pp. 313-318).

Habibi Rad, M., Mojtahedi, M., & Ostwald, M. J. (2021). Industry 4.0, disaster risk management and infrastructure resilience: A systematic review and bibliometric analysis. *Buildings*, 11(9), 411.

Hasanuzzaman, M., Hossain, S., & Shil, S. K. (2023). Enhancing disaster management through AI-driven predictive analytics: improving preparedness and response. *International Journal of Advanced Engineering Technologies and Innovations*, 1(01), 533-562.

Hildmann, H., & Kovacs, E. (2019). Review: Using unmanned aerial vehicles (UAVs) as mobile sensing platforms (MSPs) for disaster response, civil security and public safety. *Drones* 3 (3): 59.

Jazairy, A., Persson, E., Brho, M., von Haartman, R., & Hilletoft, P. (2024). Drones in last-mile delivery: a systematic literature review from a logistics management perspective. *The International Journal of Logistics Management*, <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2023-0149>.

Jung, D., Tran Tuan, V., Quoc Tran, D., Park, M., & Park, S. (2020). Conceptual framework of an intelligent decision support system for smart city disaster management. *Applied Sciences*, 10(2), 666.

Kamat, A., Shanker, S., & Barve, A. (2023). Assessing the factors affecting implementation of unmanned aerial vehicles in Indian humanitarian logistics: a g-DANP approach. *Journal of Modelling in Management*, 18(2), 416-456.

Kankanamge, N., Yigitcanlar, T., & Goonetilleke, A. (2021). Public perceptions on artificial intelligence driven disaster management: Evidence from Sydney, Melbourne and Brisbane. *Telematics and Informatics*, 65, 101729.

Kim, K., & Davidson, J. (2015). Unmanned aircraft systems used for disaster management. *Transportation Research Record*, 2532(1), 83-90.

Li, T., & Hu, H. (2021). Development of the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in emergency rescue in China. *Risk Management and Healthcare Policy*, 4293-4299.

Linardos, V., Drakaki, M., Tzionas, P., & Karnavas, Y. L. (2022). Machine learning in disaster management: recent developments in methods and applications. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 4(2).

Lyu, M., Zhao, Y., Huang, C., & Huang, H. (2023). Unmanned aerial vehicles for search and rescue: A survey. *Remote Sensing*, 15(13), 3266.

Masroor, R., Naeem, M., & Ejaz, W. (2021). Efficient deployment of UAVs for disaster management: A multi-criterion optimization approach. *Computer Communications*, 177, 185-194.

Munawar, H. S., Ullah, F., Qayyum, S., Khan, S. I., & Mojtahedi, M. (2021). UAVs in disaster management: Application of integrated aerial imagery and convolutional neural network for flood detection. *Sustainability*, 13(14), 7547.

Nair, V. G., D'Souza, J. M., & Rafikh, R. M. (2024). A scoping review on unmanned aerial vehicles in disaster management: Challenges and opportunities. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 5(6), 1799-1826.

Nawaz, H., Ali, H. M., & Massan, S. (2019). Applications of unmanned aerial vehicles: a review. *3C Tecnología\_ Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 85-105.

Nikhil, N., Shreyas, S. M., Vyshnavi, G., & Yadav, S. (2020, August). *Unmanned aerial vehicles (UAV) in disaster management applications*. In 2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 140-148). IEEE.

Oktari, R. S., Munadi, K., Idroes, R., & Sofyan, H. (2020). Knowledge management practices in disaster management: Systematic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101881.

Ozbiltekin-Pala, M., Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2025). Drivers and barriers of unmanned aerial vehicles in emergency logistics operations. *Technology in Society*, 82, 102894.

Özmen, B., & Özden, T. (2013). Türkiye'nin afet yönetim sistemine ilişkin eleştirel bir değerlendirme. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, (49).

Partigöç, N. S. (2022). Afet risk yönetiminde yapay zekâ kullanımının rolü. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 15(4), 401-411.

Quaritsch, M., Kruggl, K., Wischounig-Struel, D., Bhattacharya, S., Shah, M., & Rinner, B. (2010). Networked UAVs as aerial sensor network for disaster management applications. *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 127(3), 56-63.

Rahmatizadeh, S., & Kohzadi, Z. (2024). The role of artificial intelligence in disaster management in Iran: A narrative review. *Journal of Medical Library and Information Science*, 5.

Renugadevi, R., & Medida, L. H. (2024). Artificial Intelligence and IoT-Based Disaster Management System. In *Predicting Natural Disasters With AI and Machine Learning* (pp. 135-146). IGI Global Scientific Publishing.

Restas, A. (2015). Drone applications for supporting disaster management. *World Journal of Engineering and Technology*, 3(3), 316-321.

Restas, A. (2017). Disaster management supported by unmanned aerial systems (UAS) focusing especially on natural disasters. *Zeszyty Naukowe SGSP/Szkoła Główna Służby Pożarniczej*.

Rolland, E., Patterson, R. A., Ward, K., & Dodin, B. (2010). Decision support for disaster management. *Operations Management Research*, 3, 68-79.

Salmoral, G., Rivas Casado, M., Muthusamy, M., Butler, D., Menon, P. P., & Leinster, P. (2020). Guidelines for the use of unmanned aerial systems in flood emergency response. *Water*, 12(2), 521.

Sever, H., Aksungur, B. N., Güven, E., & Eren, T. (2024). Çok kriterli karar verme yöntemleriyle afetlerde insansız hava araçlarının değerlendirmesi. *Acil Yardım ve Afet Bilimi Dergisi*, 4(1), 15-22.

Sharma, R., Chopra, S. R., & Gupta, A. (2024). Power optimization of unmanned aerial vehicle-assisted future wireless communication using hybrid beamforming technique in disaster management. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1285, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.

Shavarani, S. M., & Vizvari, B. (2018). Post-disaster transportation of seriously injured people to hospitals. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 8(2), 227-251.

Sivasuriyan, V. (2021). Drone usage and disaster management. *Bodhi Int. J. Res. Humanit. Arts Sci*, 5, 93-97.

Sun, W., Bocchini, P., & Davison, B. D. (2020). Applications of artificial intelligence for disaster management. *Natural Hazards*, 103(3), 2631-2689.

Şengöz, M. (2024). Harnessing Artificial Intelligence and Big Data for Proactive Disaster Management: Strategies, Challenges, and Future Directions. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 57-91.

Tan, L., Guo, J., Mohanarajah, S., & Zhou, K. (2021). Can we detect trends in natural disaster management with artificial intelligence? A review of modeling practices. *Natural Hazards*, 107, 2389-2417.

Usanmaz, O., Karaderili, M., Sahin, O., & Savaş, T. (2020). The enhancement of the prescribed track for unmanned air vehicles. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 92(10), 1469-1473.

Velev, D., & Zlateva, P. (2023). Challenges of artificial intelligence application for disaster risk management. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 387-394.

Worden, M. R., Murray, C. C., Karwan, M. H., Ortiz-Peña, H. J., & Nagi, R. (2020). Sensor tasking for unmanned aerial vehicles in disaster management missions with limited communications bandwidth. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106754.

Yakushiji, K., Fujita, H., Murata, M., Hiroi, N., Hamabe, Y., & Yakushiji, F. (2020). Short-range transportation using unmanned aerial vehicles (UAVs) during disasters in Japan. *Drones*. 4 (4), 68.

Yıldızbaşı, A., & Gür, L. (2020). A decision support model for unmanned aerial vehicles assisted disaster response using AHP-TOPSIS method. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 56-66.

Zeng, F., Pang, C., & Tang, H. (2023). Sensors on the internet of things systems for urban disaster management: a systematic literature review. *Sensors*, 23(17), 7475.