

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ DOĞAL AFETLERDE KULLANIMI

Büşra ÖNLER ÇİĞDEM¹
İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul

Serap GÜRSEL²
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

ÖZET

İnsansız Hava Aracı teknolojisi yıllardır çok çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Askeri ve sivil kullanımın kesişiminde doğal afetlerde İHA kullanımı görülmektedir. Türkiye’de yaşanmış pekçok doğal afette İHA’ların hem Türk Silahlı Kuvvetleri hem de sivil toplum kuruluşları tarafından kullanıldığı tespit edilmiştir. 2023 yılında Türkiye’de yaşanan kısa aralıklı iki büyük deprem İHA’ların hangi tür doğal afetlerde kullanıldığını ve doğal afetlerin hangi aşamasında İHA kullanılması gerektiğini sorgulatmıştır. Doğal afetler çok çeşitlidir. İHA kullanımının doğal afetlerin aşamalarına göre örneklendirilmesiyle yeni İHA kullanım alanları ortaya çıkabilecektir. Bu nedenle bu konunun 2023 Türkiye depremi özelinde incelenmesiyle sonuçlara ulaşılmıştır.

GİRİŞ

İnsansız hava aracı (İHA), üzerinde bir sorumlu pilot olmaksızın tamamen başka bir yerden, başka bir hava aracından veya uzaydan kontrol edilen veya programlanan otonom hava araçlarını ifade etmektedir [ICAO, 2005]. İnsansız hava araçlarının geliştirilmesi, teknolojik gelişmelerin çoğunda olduğu gibi askeri nedenlere dayanmaktadır. İlk kez 1916 yılında gökyüzüyle buluşan ve uzun süre askeri amaçlarla kullanılan İHA’lar 1950’li yıllardan itibaren sivil amaçlarla da kullanılmaya başlamıştır [Rango vd., 2006].

1980’li yıllarla birlikte İHA sistemlerinde önemli iyileştirmeler yapılmıştır. Gelişmiş bilgisayarlar ve elektronik kontrol sistemleri, yüksek çözünürlüklü dijital kameralar, geniş kapsamlı uzaktan radyo kontrol sistemleri, gelişmiş uzaktan izleme sistemleri ve plastik veya karbon fiberler gibi hafif malzeme kullanımı, İHA’ların sistem performansını önemli ölçüde artırmıştır [Estrada ve Ndoma, 2019]. Bu gelişmelere paralel olarak birçok farklı İHA türü dizayn edilmiştir. Korchenko ve Ilyash [2013], İHA’ları çeşitli parametrelere göre 16 başlık altında sınıflandırmıştır. Sınıflandırma için kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir [Yiğit vd., 2018]:

Tablo 1: İHA sınıflandırmasında kullanılan parametreler

1. Hava aracının kullanım alanı,	7. Hava aracının motor tipi,	14. Genel kategori (İHA maksimum kalkış ağırlığı, menzil, havada kalma süresi, çıkabileceği maksimum irtifa değerleri)
2. Kullanılan kontrol sisteminin çeşidi,	8. Yakıt sistemi,	15. Gerçekleştirilebilecek mesafe yarıçapı,
3. Uçuş kuralları,	9. Yakıt tankı tipi,	16. Fonksiyon ve uygulama alanları.
4. Havada kullanılan alanın durumu,	10. Yakıt sisteminden istifade sayısı,	
5. Hava aracının tipi,	11. Kalkış – iniş tipi,	
6. Kalkış ve inişteki kaldırma kuvvetinin yönü,	12. Uçuş irtifası,	
	13. Kanat tipi,	

¹ Araştırma Görevlisi, Havacılık Yönetimi Bölümü, bonler@gelisim.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, serap.gursel@kocaeli.edu.tr

İHA sistemlerinin büyük bir ivme ile gelişiminin bir sonucu olarak günümüzde İHA'lar birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Haritacılık, arkeoloji, orman çalışmaları, tarımsal uygulamalar [Cömert vd., 2012]; madencilik, lojistik, iletişim, adli ve askeri uygulamalar [Villi ve Yakar, 2022]; reklamcılık, bilimsel araştırmalar ve altyapı çalışmaları [Irizarry vd., 2012], İHA'ların sıklıkla kullanıldığı alanlardan birkaçını oluşturmaktadır.

İHA'ların en önemli kullanım alanlarından biri de doğal afetlerdir [Measure-American Red Cross, 2015]. Afet; insani, maddi veya çevresel kayıplara neden olan, etkilenen toplumun sadece kendi kaynaklarını kullanarak başa çıkma kabiliyetini aşan, toplumun işleyişini sekteye uğratan ciddi bir bozulma olarak tanımlanmaktadır [United Nations, 2004]. Doğal afet ise, beşerî ve karma afetler ile birlikte afet türlerinden birini oluşturmaktadır ve insan kontrol ve müdahalesi dışında meydana gelen, toplumsal açıdan ani ve ciddi yıkıcı etkiye sahip olan olayları ifade etmektedir [Shaluf, 2007].

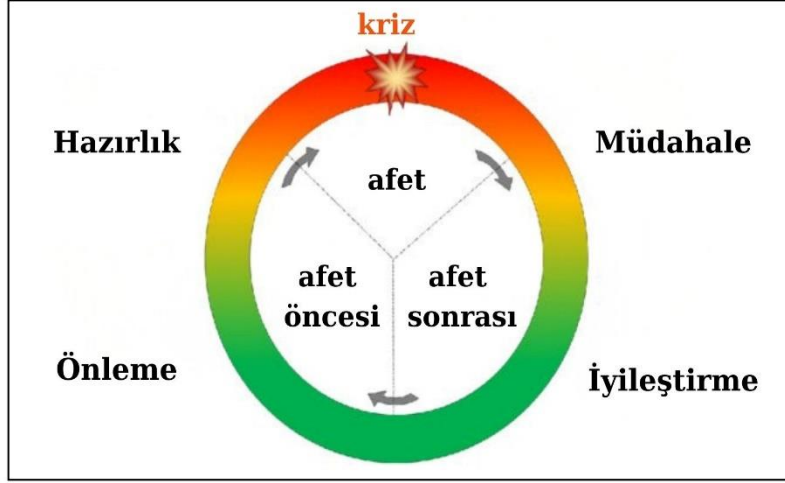
İlk çağlardan beri insanlığı pek çok yönden etkileyen, can ve mal kayıplarıyla karşı karşıya bırakan doğal afetler farklı şekillerde kendini gösterebilmektedir. Tehlike kaynağına göre doğal afetler; jeolojik, meteorolojik, hidrolojik ve klimatolojik olarak sınıflandırılmaktadır. İlgili sınıflandırma Tablo 1'de özetlenmiştir [GRID, 2017]:

Tablo 2: Doğal afetlerin tehlike kaynağına göre sınıflandırılması

Jeolojik Afetler	Meteorolojik Afetler	Hidrolojik Afetler	Klimatolojik Afetler
Deprem	Fırtına	Sel	Kuraklık
Kütle hareketi	Kasırga	Heyelan	Orman yangını
Volkanik aktivite	Soğuk hava dalgası	Dalga hareketi	
Tsunami,	Sıcak hava dalgası		
Kaya düşmesi			

Her yıl dünya genelinde birçok doğal afet meydana gelmektedir. Toplumun afet dayanıklılığını güçlendirmek için etkili bir "afet yönetimi" sisteminin uygulanması esastır. Afet yönetimi, afetlere etkili bir şekilde hazırlanmak, kaynakları verimli bir şekilde tahsis etmek; meydana gelen afete hızlı bir şekilde yanıt vererek kurtarma çalışmalarına başlamak; oluşan hasarı hızla düzelterek toplumu koruyarak olumsuz etkiyi en aza indirmek için operasyonlar ve stratejiler uygulamayı ifade etmektedir [Sun vd., 2020].

Afet yönetimi; önleme (prevention)/zarar azaltma (mitigation), hazırlık (preparedness), müdahale (response) ve iyileştirme (recovery) aşamalarından oluşmaktadır [Cuny, 1992; Moe ve Pathranarakul, 2006; Bullock vd., 2011]. Afet yönetimi ayrıca afet öncesi süreç, afet süreci ve afet sonrası süreç olmak üzere üç başlık altında ele alınmaktadır [Sun vd., 2020]. Şekil 1'de afet yönetimi döngüsel şeması verilmiştir [Cozannet vd., 2020]:



Şekil 1: Afet yönetimi döngüsel şeması

İnsansız hava araçları, söz konusu afet yönetimi aşamalarının tümünde kritik görevler üstlenerek sürece büyük bir katkı sağlamaktadır [Erdelj ve Natalizio, 2016].

YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, son yıllarda kullanım alanı gittikçe genişleyen, hareket kabiliyeti artan ve menzili uzayan insansız hava araçlarının doğal afet yönetim sürecinde kullanımını ayrıntılı bir şekilde ele almak, örnek uygulamaları belirlemek ve gelecek için öneriler sunmaktır.

Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden “vaka analizi yöntemi” uygulanmıştır. Durum çalışması ve örnek olay incelemesi gibi isimlerle de ifade edilen vaka analizi yöntemi, bir olgunun belirli bir bağlamda çeşitli veri kaynakları aracılığıyla keşfedilmesine yardımcı olan [Baxter ve Jack, 2008]; bir olguyu gerçek yaşam bağlamında inceleyen ampirik bir araştırma olarak tanımlanmaktadır [Yin, 2009]. Türkiye’de 6 Şubat 2024’te yaşanmış deprem göz önüne alınarak vaka incelemesi yapılmıştır. Deprem öncesi, deprem sırası ve deprem sonrası aşamaları göz önüne alınarak araştırma yapılmıştır.

UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRME

Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu bölgesi, sık sismik faaliyetlerin yaşandığı Anadolu ve Arap levhaları arasındaki sınırda yer almaktadır. 2023 yılında 6 Şubat'ta dokuz saat arayla, merkez üsleri sırasıyla Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçeleri olan, 7,8 Mw ve 7,5 Mw büyüklüklerindeki iki deprem meydana gelmiştir. Depremler nedeniyle Türkiye’de resmî açıklamalara göre en az 53 bin 537 kişi hayatını kaybetmiştir. Toplam 122 binden fazla kişi de yaralanmıştır. İlk deprem Pazarcık merkezlidir. Türkiye ve Suriye'nin yanı sıra Kıbrıs, Lübnan, İsrail, Irak, Ürdün, İran ve Mısır'da da hissedilmiştir. Bu ülkelerin hiçbiri Türkiye kadar etkilenmemekle birlikte Türkiye sınırına yakın olan ülkelerde kayıplar da yaşanmıştır. İki deprem sonucu yaklaşık 14 milyon kişi etkilenmiştir. Deprem sonrası 2 milyondan fazla kişi barınma sorunu yaşamıştır [AFAD Raporu, 2024].

Sismik hareketlerden kaynaklanan doğal afetlerde; afet öncesi, afet sırası ve afet sonrasında afet bölgesinde gerçekleştirilebilecek birçok İHA görevi bulunmaktadır. Bu görevler diğer afetlere nazaran çok geniş zaman dilimine yayılmış şekilde gerçekleştirilebilmektedir. 6 Şubat 2023 depreminin oluşum tarihini 1900'lü yıllarda oluşan toplam 16 sismik olaya dayandırılabilir. Bu olaylar büyüklüğü 7 civarında 15 depremi ve büyüklüğü 8'den büyük bir depremi içermektedir [Polat, 2023].

Deprem Öncesi İHA çalışmaları

Deprem öncesi bölgenin İHA ile çekilmiş yerleşim görüntüleri bulunmakla birlikte fay hatlarına özgü gerçekleştirilmiş İHA görevi tespit edilememiştir.



Şekil 2. Deprem Öncesi Adıyaman İlinin İHA ile çekilmiş görüntüsü



Şekil 3. Deprem sonrası Şekil 1'deki alanın İHA ile çekilmiş görüntüsü

Deprem sırasında İHA çalışmaları

Deprem sırasında aşamasında aslında depremin oluşundan sonra ama yakın zaman içerisinde insanlar enkaz altındayken yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır.



Şekil 4. Deprem sırasında enkazların tespiti görevini yerine getiren İHA'ların görüntüsü



Şekil 5. Depremin ilk günü Bayraktar Akıncı kamerası ile çekilen görüntü

Depremin gerçekleşmesinin hemen ardından yolların ve havaalanlarının da hasar almasıyla bölgeye ulaşım sekteye uğramıştır. Bu nedenle özellikle İHA'lar bölgede durum tespiti ve enkaz belirleme işlemlerinde yoğun olarak kullanılmıştır. Ayrıca Aksungur İHA bölgede kesilen iletişim nedeniyle seyyar baz istasyonu olarak bölgede uçuşlar gerçekleştirmiştir

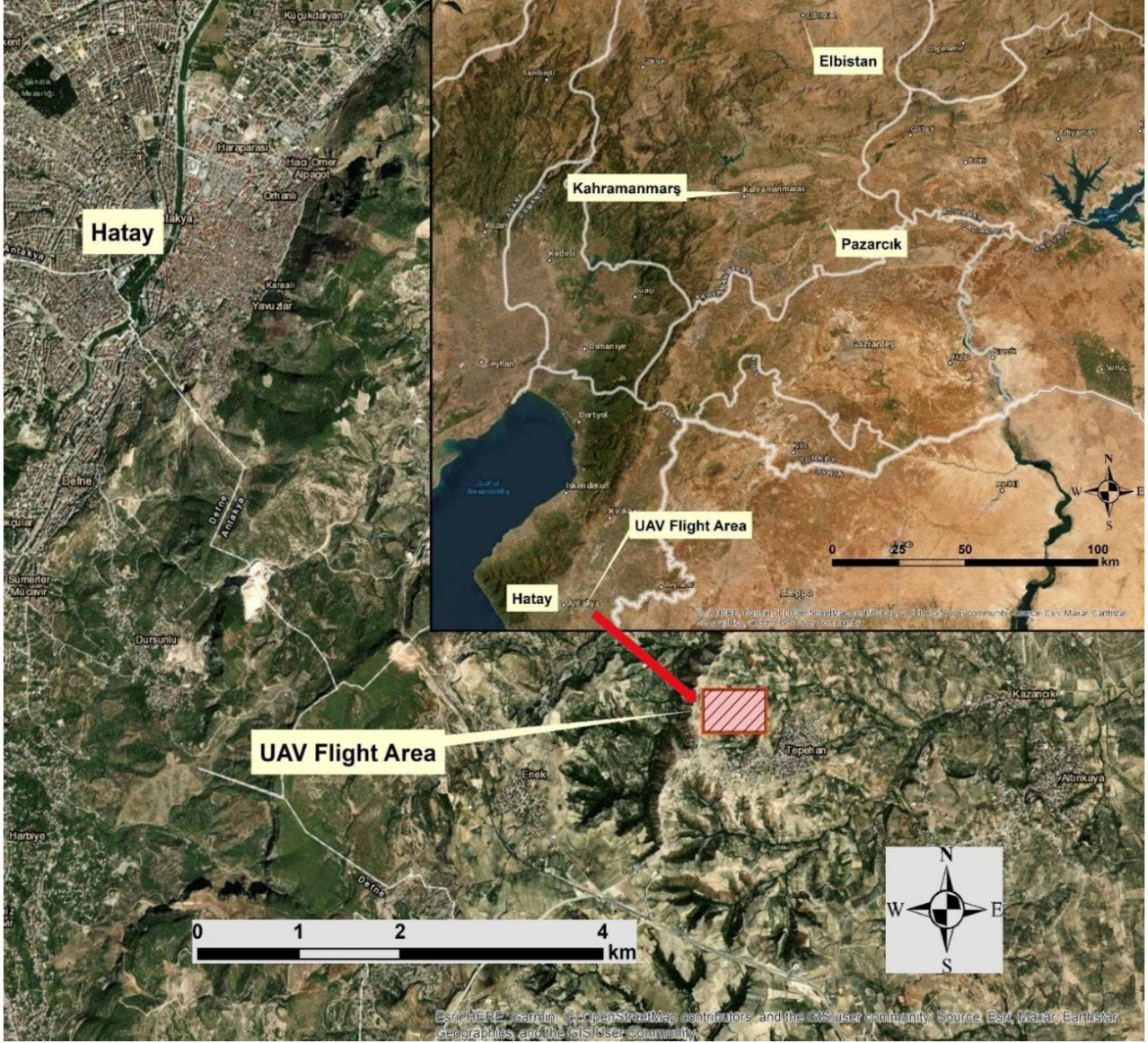
(<https://www.defensehere.com/tr/aksungur-ih-a-uzerinde-yer-alan-baz-istasyonu-ile-deprem-bolgesinde-iletisime-destek-veriyor>).



Şekil 6. Deprem sırasında baz istasyonu olarak görev yapan İHA

Deprem sonrası İHA çalışmaları

Deprem sonrası İHA çalışmaları daha çok bilimsel çalışmalardır. Polat [2023] çalışmasında deprem sonrasında bölgedeki bozulma ve değişimler incelenmiştir.



Şekil 7. Polat [2023] deprem bölgesinde deprem sonrasında İHA araştırmaları

Bir başka deprem sonrası alışma Milev vd., [2023] tarafından gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmalarda  doğal afet araştırılmıştır. 2023 Türkiye-Suriye depremi ile İslahiye ve Tepehan'da yaşanan kaya düşmeleri sonrası etkiler bölgede İHA'lar ile tespit edilmiştir [Milev vd., 2023].



Şekil 8: İslahiye Değirmencik Deresi Havzasındaki heyelan barajına genel bakış (37.007, 36.592)



Şekil 9: Heyelan barajına inşa edilen taşkın savağı

Teknolojinin hızlı gelişimi, afet yönetim sürecinde yeni ve etkili araçların kullanımını mümkün kılmaktadır. İnsansız hava araçları, afet yönetiminin tüm aşamalarında etkin bir şekilde kullanılan bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir.

Afet sonrası durum değerlendirme afet yönetiminin en kritik aşamalarındandır. Durum değerlendirme ve hasar tespiti yapılabilmesi için uydu görüntüleme ve lazer tarama gibi sistemler kullanılmaktadır. Ancak bu sistemler gerek meteorolojik şartlar gerek altyapı sorunları nedeniyle afet bölgesinden veri elde etmeyi her zaman sağlayamamaktadır [Nedjati vd., 2016]. Bu noktada insansız hava araçları sunduğu faydalar ile öne çıkmaktadır.

Afet yönetiminde büyük öneme sahip olan insansız hava araçları, afet öncesinden ziyade büyük ölçüde afet sonrası sürdürülen operasyonlarda kullanılmaktadır [Bravo ve Leiras, 2015]. İlk olarak çeşitli kimyasal sensörlerle afetleri tespit ederek en hızlı ve en doğru bilgi paylaşımını sağlayan

insansız hava araçları [Değirmen vd., 2018], afet sonrası ilk değerlendirmenin yapılması ve hasar düzeyinin belirlenmesi ile en uygun kaynak tahsisinin yapılmasını sağlamak [Liu vd., 2014], iletişimin çok önemli olduğu afetten hemen sonraki ilk dakika ve saatlerde geçici bir iletişim ağı kurmak, ve afet bölgesinin güncel haritalarını oluşturarak ekiplerin kurtarma için yönlendirilebileceği bölgeleri belirlemek [Camara, 2014] gibi birçok önemli görevi üstlenmektedir. Tüm bunların yanı sıra İHA'lardan doğal afet riski hesaplama, doğal afet izleme, afet bölgesi anons ve yönlendirme, afetzede yer tespiti ve arama kurtarma faaliyetleri için aydınlatma uygulamaları gibi birçok alanda etkin bir şekilde yararlanılmaktadır [Villi ve Yakar, 2022].

Doğal afetlerde İHA kullanımının avantajları

Doğal afet yönetim sürecinde insansız hava araçlarını kullanmanın birçok ikna edici nedeni bulunmaktadır. İlk olarak, İHA'lar, afetle mücadele eden personelin, hasar tespitçilerinin ve risk mühendislerinin gereksiz tehlikelerle karşılaşma riskini azaltarak müdahale etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca, geniş görüş açıları sunarak afet bölgesinin kapsamlı bir şekilde izlenebilmesini sağlamaktadır. İHA'lar, kolayca konuşlandırılabilirliği ve maliyet açısından sağladığı verimlilikle de dikkat çekmektedir. Bunların yanı sıra insanlı uçaklara kıyasla genellikle daha iyi performans sergilemektedirler [Measure-American Red Cross, 2015].

Bir felakete yanıt olarak gerçekleştirilen lojistik faaliyetlere insani lojistik adı verilmektedir [Thomas ve Mizushima, 2005]. İHA'lar, uçmak için önceden var olan bir yola ihtiyaç duymadıkları için bir afet sonrası ulaşım yolları kullanılamaz hale gelse dahi insani lojistikte bir ulaşım modu olarak rahatlıkla kullanılabilirler [Chowdhury vd., 2017].

Afet yönetiminde İHA kullanmanın bir diğer önemli avantajı ise, İHA'ların hasarın boyutunu hızla değerlendirebilme ve etkilenen bölgeler hakkında gerçek zamanlı bilgi toplayabilme yetenekleridir [Erdelj ve Natalizio, 2016]. Bir doğal afetin hemen sonrasında, geleneksel uzaktan algılama ve hasar değerlendirme yöntemleri hava koşulları ve arazi erişilebilirliği gibi faktörler nedeniyle kullanılamaz hale gelse de İHA'lar kritik karar alma süreçleri için gerekebilecek yüksek çözünürlüklü görüntü ve verileri sağlamaya devam edebilir [Chowdhury vd., 2017]. Tüm bu avantajları sayesinde, İHA'lar doğal afet yönetiminde önemli ve etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır

Doğal afetlerde İHA'ların verimli kullanımı için teknik gereklilikler

İHA'ların doğal afetlere müdahale konusunda oldukça avantajlı olduğu bilinmektedir ancak süreç içerisinde verimli kullanılabilmesi için çeşitli teknik gerekliliklerin sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gereklilikler aşağıdaki gibidir [Estrada ve Ndoma, 2019]:

- Pil enerjisinden tasarruf etmek ve elektrikli motorlarda daha iyi bir performans elde etmek için hafif malzemeler kullanılması,
- Uzun mesafelerde uçmak için pil kapasitesinin artırılması ve şarj sistemlerinin geliştirilmesi,
- Afet nedeniyle zarar görmüş bölgeye hızlı bir şekilde gidebilmek ve gerekirse yük taşıyabilmek için motor kapasitesinin yeterli olması,
- İniş ve kalkışı etkin bir şekilde gerçekleştirebilmek için gelişmiş bir GPS sistemi kullanılması,
- İHA operatörünün afetten etkilenen bölgeye hassasiyetle istikrarlı bir uçuş gerçekleştirebilmek için yeterli deneyime sahip olması,
- Havada stabilite oluşturmak için pervane tasarımı ve malzeme kalitesinin uygun olması,
- Gelişmiş bir video ve fotoğraf kalitesi için çözünürlüğü yüksek kamera sistemlerinin kullanımı.

Doğal afet türüne göre İHA kullanımı

Türkiye'de 2023 Şubat'ında yaşanan büyük depremde İHA'lar deprem sonrasında kurtarma çalışmalarında görev almıştır. Aslında söz konusu bölgede ve tüm Türkiye'de uzmanlar deprem fay hatlarının incelenmesi çalışmalarında da İHA'lardan ve İHA'ların gelişmiş görüntüleme tekniklerinden yararlanmışlardır. Deprem sonrasında fay hattı kırılmalarının tespiti ve oluşan doğa bozulmaları incelenmesi de İHA görevlerindedir. Bu konuda Polat [2023] çalışmasında deprem sonrası bölgede İHA çekimiyle fay hattı kırılmalarını ve diğer doğal yapı bozulmalarını incelemiştir.

Gülüm Taş ve Taşkın ise [2024] deprem sonrası çıkabilecek yangınlarda İHA kullanılmasıyla ilgili bir araştırma yapmıştır. Bu yangınlar depremden kısa süre sonra oluşacağı için bu tür uygulamaların doğal afet sırasında gerçekleştiği de değerlendirilmektedir. Ayrıca afet sonrası araştırmaları içerisinde yer alan birçok örnek bulunabilmektedir. Hu vd., [2019] çalışmalarında Loess yaylasındaki heyelan sonrası çevrenin dijital analizini gerçekleştirmiştir. Karakaş vd., [2021] ise 2020 yılında yaşanmış Elazığ depreminin analizini gerçekleştirmiştir. Graber ve Santi [2023] ABD’de Glenwood Canyon’da kaya düşmesi olayını İHA ile incelemiştir. Ma vd., Çin’de Mabian ve Sichuan bölgesindeki heyelanın analizini İHA ile gerçekleştirmiştir. Bu tür çalışmalara oldukça fazla örnek verilebilmektedir. Çalışma örneklerinin bazıları da aşağıdaki tabloda detaylı şekilde verilmiştir:

Tablo 3: İHA’ların afet yönetim sürecinde kullanımlarına ilişkin çalışmalar (Erdelj ve Natalizio [2016]’nin çalışmasından yararlanarak derlenmiştir)

Yazar	Yıl	Afet Yönetim Süreci		
		Afet Öncesinde	Afet Sırasında	Afet Sonrasında
Kumar vd.	2004		•	
Fujiwara ve Watanabe	2005			•
Nourbakhsh vd.	2005			•
Grocholsky vd.	2006		•	
Pogkas vd.	2007		•	•
Erman vd.	2008	•	•	
Murphy vd.	2008		•	•
Sardouk vd.	2010		•	•
George vd.	2010		•	
Bai vd.	2010			•
Fragkiadakis vd.	2011			•
Nelson vd.	2011			•
Kruijff vd.	2012		•	•
Tuna vd.	2012			•
Morgenthaler vd.	2012			•
Dalmaso vd.	2012			•
Chen vd.	2013	•	•	
Wada vd.	2013		•	
Marinho vd.	2013			•
Robinson ve Lauf	2013			•
Frigerio vd.	2014	•		
Ueyama vd.	2014	•		•
Mosterman vd.	2014		•	
Ezequiel vd.	2014		•	
Minh vd.	2014			•
Carli vd.	2014			•
Di Felice vd.	2014			•
Tuna vd.	2014			•
Bartoli vd.	2015	•	•	
Tanzi vd.	2016			•
Lin vd.	2017			•
Li ve Tang	2018			•

Panda vd.	2019			•
Salmoral vd.	2020	•	•	•
Luo vd.	2020			•
Chowdhury vd.	2021			•
Kucharczyk ve Hugenholtz	2021	•		•
Daud vd.	2022		•	•
Milev vd.	2023			•
Ishiwatari	2024			•

SONUÇ

Günümüzde yaygın kullanım alanlarına sahip İnsansız Hava Araçlarının doğal afetlerde kullanımı, doğal afetlerin oluşumunun erken fark edilmesine ya da olumsuz etkilerinin azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Afetlerin birçok çeşidinde İHA kullanımının mümkün ve faydalı olduğu yapılan araştırmalar sayesinde tespit edilmiştir. Doğal afetler öncesi, doğal afetler sırasında ve doğal afetler sonrasında İHA kullanımının da çeşitli yolları bulunmaktadır. İHA'ların doğal afetlerdeki kullanımı da en çok görüntüleme teknolojileriyle ilgilidir. Yangın söndürme amacıyla, yardım taşıma amacıyla, termal kameralar aracılığıyla yaralı ve ölü tespitinde de İHA'lar kullanılmaktadır.

Toplumların afet dayanıklılığını sağlamak afet yönetimi uygulamalarının içinde yer almaktadır. Afet dayanıklılığı sağlamada İHA'ların doğal afet öncesi kullanımı önemli bir araçtır.

Çalışmanın vaka analizi bölümünde Türkiye'de yaşanmış 2023 Şubat depremi yer almıştır. Türkiye doğal afetler açısından talihsiz ülkelerden biridir. En korkulan doğal afetlerden biri olan deprem Türkiye'de karşılaşılan birçok fay hattı nedeniyle Türkiye için çok tanıdık bir fenomendir. Etkileri hala çok yeni olan 2023 Şubat depremi İHA kullanımı açısından incelenmiştir. Bu analizde deprem öncesi fay hatları ve fay hatları üzerindeki yerleşimle ilgili bir kullanım tespit edilememiştir. Bu durumda deprem öncesi aşamasında İHA kullanımı yetersiz kabul edilebilir. Deprem sırasında aşamasında ise deprem oluştuktan sonra enkazların kaldırılmasına kadar olan süreç kastedilmektedir. Bu süreçte İHA'lar deprem alanını fotoğraflamış, enkaz tespiti yapmış, ölü ve yaralılara yardım yönlendirmesi yapmaya yardımcı olmuştur. Bu nedenle doğal afetler sırasında İHA kullanımı (geliştirilebilir olmasına rağmen) yeterli bulunmuştur. Deprem sonrası İHA kullanımı ise hala tarihin yakın olmasına rağmen bulunmaktadır. Deprem sonrası oluşan hasarların tespiti, kent planlaması yapılması, fay kırıklarının tespiti gibi incelemeler afet sonrası İHA kullanımının önemli örneklerindedir. Bu tür akademik tabanlı çalışmaların artacağı öngörülmektedir.

İHA'ların doğal afetlerde avantajları tartışılmaz şekilde önemlidir. Doğal afetler sonrası oluşan ulaşım engeli bunun en büyük nedenidir. Ayrıca müdahale personelinin zarar görmesini engellemek için İHA kullanımı hayati olacaktır.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de etkisiyle dünyamız doğal afetlere karşı gittikçe daha açık bir hale gelmektedir. İnsansız hava araçlarının sunduğu avantajlar, afet yönetim sürecinde insansız hava aracı kullanımını temel bir gereklilik haline getirmiştir. Bu noktada çalışmada elde edilen sonuçlar ve sunulan önerilerin ilgili literatüre önemli bir katkı sağlaması beklenmektedir.

Kaynaklar

AFAD Raporu, (2024). Erişim tarihi: 04.07.2024.,

https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/Arazi_Onrapor_28022023_surum1_revize.pdf

Bai, Y., Du, W., Ma, Z., Shen, C., Zhou, Y., Chen, B. 2010. Emergency communication system by heterogeneous wireless networking. In 2010 IEEE international conference on wireless communications, networking and information security (pp. 488-492). IEEE.

- Bartoli, G., Fantacci, R., Gei, F., Marabissi, D., Micciullo, L. 2015. A novel emergency management platform for smart public safety. *International Journal of Communication Systems*, 28(5), 928-943.
- Baxter P., Jack S. 2008. Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The Qualitative Report*, 13, 544–559.
- Bravo, R. ve Leiras, A. 2015. Literature Review of The Application of Uavs in Humanitarian Relief, XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Producao, 13-16 October, Fortaleza, Brazil, 1-15.
- Bullock, J., Haddow, G., Coppola, D. 2011. Introduction to homeland security: Principles of all-hazards risk management. Butterworth-Heinemann.
- Camara, D. 2014. Cavalry to the rescue: Drones fleet to help rescuers operations over disasters scenarios, IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA), 16-19 November, Antibes Juan-les-Pins, France, 1-4.
- Carli, M., Panzieri, S., Pascucci, F. 2014. A joint routing and localization algorithm for emergency scenario. *Ad Hoc Networks*, 13, 19-33.
- Chen, D., Liu, Z., Wang, L., Dou, M., Chen, J., Li, H. 2013. Natural disaster monitoring with wireless sensor networks: A case study of data-intensive applications upon low-cost scalable systems. *Mobile Networks and Applications*, 18, 651-663.
- Chowdhury, S., Emelogu, A., Marufuzzaman, M., Nurre, S. G., Bian, L. 2017. Drones for disaster response and relief operations: A continuous approximation model. *International Journal of Production Economics*, 188, 167-184.
- Chowdhury, S., Shahvari, O., Marufuzzaman, M., Li, X., Bian, L. 2021. Drone routing and optimization for post-disaster inspection. *Computers & Industrial Engineering*, 159, 107495.
- Cömert, R., Şenkal, E., Avdan, U. .2012. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Gelecekteki Beklentiler. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Cuny, F. C. 1992. Introduction to Disaster Management Lesson 1: The Scope of Disaster Management. *Prehospital and Disaster Medicine*, 7(04), 400–409.
- Dalmasso, I., Galletti, I., Giuliano, R., Mazzenga, F. 2012. WiMAX networks for emergency management based on UAVs. In 2012 IEEE first AESS European conference on satellite telecommunications (ESTEL) (pp. 1-6). IEEE.
- 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.
- Değirmen, S., Çavdur, F., Sebatlı, A. 2018. Afet Operasyonları Yönetiminde İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı: Gözetleme Operasyonları İçin Rota Planlama. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(4), 11-26.
- Di Felice, M., Trotta, A., Bedogni, L., Chowdhury, K. R., Bononi, L. 2014. Self-organizing aerial mesh networks for emergency communication. In 2014 IEEE 25th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC) (pp. 1631-1636). IEEE.
- Erdelj, M. Natalizio, E. 2016. UAV-assisted disaster management: Applications and open issues. 2016 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), Kauai, HI, USA, pp. 1-5.
- Erman, A. T., van Hoesel, L., Havinga, P., Wu, J. 2008. Enabling mobility in heterogeneous wireless sensor networks cooperating with UAVs for mission-critical management. *IEEE Wireless Communications*, 15(6), 38-46.
- 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.
- Ezequiel, C. A. F., Cua, M., Libatique, N. C., Tangonan, G. L., Alampay, R., Labuguen, R. T., ... Palma, B. 2014. UAV aerial imaging applications for post-disaster assessment, environmental management and infrastructure development. In 2014 International conference on unmanned aircraft systems (ICUAS) (pp. 274-283). IEEE.

- Fragkiadakis, A. G., Askoxylakis, I. G., Tragos, E. Z., Verikoukis, C. V. 2011. Ubiquitous robust communications for emergency response using multi-operator heterogeneous networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2011, 1-16.
- Frigerio, S., Schenato, L., Bossi, G., Cavalli, M., Mantovani, M., Marcato, G., Pasuto, A. 2014. A web-based platform for automatic and continuous landslide monitoring: The Rotolon (Eastern Italian Alps) case study. *Computers & Geosciences*, 63, 96-105.
- Fujiwara, T., Watanabe, T. 2005. An ad hoc networking scheme in hybrid networks for emergency communications. *Ad Hoc Networks*, 3(5), 607-620.
- George, S. M., Zhou, W., Chenji, H., Won, M., Lee, Y. O., Pazarloglou, A., ... Barooah, P. 2010. DistressNet: a wireless ad hoc and sensor network architecture for situation management in disaster response. *IEEE Communications Magazine*, 48(3), 128-136.
- GRID, 2017. Global Report on Internal Displacement. https://reliefweb.int/report/world/2024-global-report-internal-displacement-enarrusv?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwqre1BhAqEiwA7g9Qhu_Vz-4xfuUehJdb98JKwtqIUUV42QXP3cD8zgPDUzd0IFz5WO3q-uRoCT3gQAvD_BwE Erişim tarihi: 31.08.2024.
- Grocholsky, B., Keller, J., Kumar, V., Pappas, G. 2006. Cooperative air and ground surveillance. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 13(3), 16-25.
- Gülüm Tas P, Taşkın A. 2024. Clustering approach with self-organizing maps for unmanned aerial vehicle response to post-earthquake fires: An application for Istanbul. *SIGMA*. 2024;42(3):692-700.
- ICAO, 2005. Global Air Traffic Management Operational Concept Doc 9854 AN/458. https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive%209854_cons_en%5B1%5D.pdf Erişim tarihi: 29.03.2024.
- Irizarry, J., Gheisari, M., Walker, B. 2012. Usability Assessment of Drone Technology as Safety Inspection Tools. *Itcon*, 17, p. 194-212.
- Ishiwatari, M. 2024. Leveraging Drones for Effective Disaster Management: A Comprehensive Analysis of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Case in Japan. *Progress in Disaster Science*, 100348.
- Korchenko A.G., Illyash O.S., 2013. The Generalized Classification of Unmanned Air Vehicles. 2013 IEEE 2nd International Conference "Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments" Proceedings pp.28-34.
- Kruijff, G. J. M., Pirri, F., Gianni, M., Papadakis, P., Pizzoli, M., Sinha, A., ... Angeletti, S. 2012. Rescue robots at earthquake-hit Mirandola, Italy: A field report. In 2012 IEEE international symposium on safety, security, and rescue robotics (SSRR) (pp. 1-8). IEEE.
- Kucharczyk, M., Hugenholtz, C. H. 2021. Remote sensing of natural hazard-related disasters with small drones: Global trends, biases, and research opportunities. *Remote Sensing of Environment*, 264, 112577.
- Kumar, V., Rus, D., Singh, S. 2004. Robot and sensor networks for first responders. *Pervasive Computing*, IEEE.
- Le Cozannet, G., Kervyn, M., Russo, S., Ifejika Speranza, C., Ferrier, P., Foumelis, M., ... Modaresi, H. 2020. Space-based earth observations for disaster risk management. *Surveys in geophysics*, 41, 1209-1235.
- Li, S., Tang, H. 2018. Building damage extraction triggered by earthquake using the UAV imagery. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 42, 929-936.
- Lin, J., Wang, M., Yang, J., Yang, Q. 2017.. Landslide identification and information extraction based on optical and multispectral UAV remote sensing imagery. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 57, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Liu, P., Chen, A. Y., Huang, Y. N., Han, J. Y., Lai, J. S., Kang, S. C., Wu, T. H., Wen, M. C., Tsai, M. 2014. A review of rotorcraft unmanned aerial vehicle (uav) developments and applications in civil engineering. *Smart Structures and Systems*, 13(6), 1065-1094.
- Luo, Y., Jiang, W., Li, B., Jiao, Q., Li, Y., Li, Q., Zhang, J. 2020. Analyzing the formation mechanism of the Xuyong landslide, Sichuan province, China, and emergency monitoring based on multiple remote sensing platform techniques. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 654-677.

- Marinho, M. A., de Freitas, E. P., da Costa, J. P. C. L., de Almeida, A. L. F., de Sousa, R. T. 2013. Using cooperative MIMO techniques and UAV relay networks to support connectivity in sparse Wireless Sensor Networks. In 2013 International conference on computing, management and telecommunications (ComManTel) (pp. 49-54). IEEE.
- Measure-American Red Cross, 2015. Drones for disaster response and relief operations. <https://www.issuelab.org/resources/21683/21683.pdf> Erişim tarihi: 25.07.2024.
- Milev, N., Tobita, T., Kiyota, T., Shiga, M. 2023. Rapid detection of landslides mechanisms and assessment of their geometry and dimensions by means of a drone survey (UAV) after the 2023 Turkey-Syria earthquake. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1297, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.
- Minh, Q. T., Nguyen, K., Borcea, C., Yamada, S. 2014. On-the-fly establishment of multihop wireless access networks for disaster recovery. IEEE Communications Magazine, 52(10), 60-66.
- Moe, T. L., Pathranarakul, P. 2006. An integrated approach to natural disaster management. Disaster Prevention and Management: An International Journal. 5 (3), 396-4131.
- Mohamed Shaluf, I. 2007. Disaster types. Disaster Prevention and Management: An International Journal, 16(5), 704–717.
- Morgenthaler, S., Braun, T., Zhao, Z., Staub, T., Anwander, M. 2012. UAVNet: A mobile wireless mesh network using unmanned aerial vehicles. In 2012 IEEE globecom workshops (pp. 1603-1608). IEEE.
- Mosterman, P. J., Sanabria, D. E., Bilgin, E., Zhang, K., Zander, J. 2014. A heterogeneous fleet of vehicles for automated humanitarian missions. Computing in Science & Engineering, 16(3), 90-95.
- Murphy, R. R., Stover, S. 2008. Rescue robots for mudslides: A descriptive study of the 2005 La Conchita mudslide response. Journal of Field Robotics, 25(1-2), 3-16.
- Nelson, C. B., Steckler, B. D., Stamberger, J. A. 2011. The evolution of hastily formed networks for disaster response: technologies, case studies, and future trends. In 2011 IEEE Global humanitarian technology conference (pp. 467-475). IEEE.
- Nourbakhsh, I. R., Sycara, K., Koes, M., Yong, M., Lewis, M., Burion, S. 2005. Human-robot teaming for search and rescue. IEEE Pervasive Computing, 4(1), 72-79.
- Panda, K. G., Das, S., Sen, D., Arif, W. 2019. Design and deployment of UAV-aided post-disaster emergency network. IEEE access, 7, 102985-102999.
- Pogkas, N., Karastergios, G. E., Antonopoulos, C. P., Koubias, S., Papadopoulos, G. 2007. Architecture design and implementation of an ad-hoc network for disaster relief operations. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 3(1), 63-72.
- Polat, N. 2023. UAV-based investigation of earthquake-induced deformation and landscape changes: a case study of the February 6, 2023 Earthquakes in Hatay, Türkiye. Earth Sci Inform 16, 3765–3777 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01128-y>.
- Rango A., Laliberte A., Steele C., Herrick J. E., Bestelmeyer B., Schmugge T., Roanhorse A., Jenkins V., 2006. Using unmanned aerial vehicles for rangelands: current applications and future potentials. Environmental Practice, 8(3), p. 159-168.
- Robinson, W. H., Lauf, A. P. 2013.. Resilient and efficient MANET aerial communications for search and rescue applications. In 2013 International conference on computing, networking and communications (ICNC) (pp. 845-849). IEEE.
- 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.
- Sardouk, A., Mansouri, M., Merghem-Boulahia, L., Gaïti, D., Rahim-Amoud, R. 2010. Multi-agent system based wireless sensor network for crisis management. In 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010 (pp. 1-6). IEEE.
- Sun, W., Bocchini, P., Davison, B. D. 2020. Applications of artificial intelligence for disaster management. Natural Hazards, 103(3), 2631-2689.
- Tanzi T.J, Chandra M, Isnard J, Camara D, Sebastien O, Harivelo F. 2016. Towards “drone-born” disaster management. ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci III-8:180-181.

- Thomas, A., Mizushima, M. 2005. Logistics training: necessity or luxury. *Forced migration review*, 22(22), 60-61.
- Tuna, G., Gungor, V. C., Gulez, K. 2014. An autonomous wireless sensor network deployment system using mobile robots for human existence detection in case of disasters. *Ad Hoc Networks*, 13, 54-68.
- Tuna, G., Mumcu, T. V., Gulez, K. 2012. Design strategies of unmanned aerial vehicle-aided communication for disaster recovery. In *High capacity optical networks and emerging/enabling technologies* (pp. 115-119). IEEE.
- Türk, T., 2013. Doğal Afet Yönetiminde İnsansız Hava Araçları'nın İHA Kullanılması. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB 2013), Trabzon, Türkiye.
- Ueyama, J., Freitas, H., Faiçal, B. S., Geraldo Filho, P. R., Fini, P., Pessin, G., ... Villas, L. A. 2014. Exploiting the use of unmanned aerial vehicles to provide resilience in wireless sensor networks. *IEEE Communications Magazine*, 52(12), 81-87.
- United Nations, 2004. *Living with Risk A global review of disaster reduction initiatives*. https://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf Erişim tarihi: 25.07.2024.
- Villi, O., Yakar, M. 2022. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(2), s. 73-100.
- Wada, A., Yamashita, T., Maruyama, M., Arai, T., Adachi, H., Tsuji, H. 2015. A surveillance system using small unmanned aerial vehicle (UAV) related technologies. *NEC Technical Journal*, 8(1), 68-72.
- Yiğit, E., Yazar, İ., Karakoç, T. H. 2018. İnsansız Hava Araçları (İHA)'nın Kapsamlı Sınıflandırması ve Gelecek Perspektifi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 10-19.
- Yin R. 2009. *Case study research: Design and methods* (4th ed.). SAGE Publication.

