



ÖZEL ÇALIŞMA DOSYASI

KAHRAMANMARAŞ MERKEZLİ DEPREMLER ODAĞINDA DOĞAL AFETLERDE TEKNOLOJİ KULLANIMI

ÖZET

Ülkemizde 6 Şubat 2023’de yaşanan ve merkez üssü Kahramanmaraş olan 7,7 ve 7,6 büyüklüğündeki iki yıkıcı deprem; çok boyutlu, yaygın ve derin etkileri ile afet olgusunu tekrar gündemimize getirmiştir. Afetlerin yaratacağı risklerin tespiti, kontrolü, planlaması ve sonuçlarının giderilmesi çerçevesinde sistematize edilen afet yönetimi dört aşamadan oluşmaktadır. Zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamaları ile toplumsal elastikiyetin korunması ve sürdürülmesi hedeflenmektedir.

Son yıllarda teknolojinin hızla artan gelişimi pek çok alanda olduğu gibi afet yönetiminde de paradigma değişikliği yaratmıştır. Geçmişte ağırlıklı olarak insan çabasıyla yürütülen arama kurtarma ve afetlerle mücadele faaliyetleri, teknolojinin katkısıyla boyut değiştirerek artan bir hıza kavuşmuş, afet yönetiminin etkinliği ve başarı oranları artmıştır. Dolayısıyla, afetlerle mücadelede kullanılan teknolojik yöntemlerin çeşit ve kapsamı da son yıllarda genişlemiştir.

Bu çerçevede sensörler, mobil internet ve Nesnelerin İnterneti gibi teknolojiler ile afet riski altındaki bölgelerde toplanan veriler ışığında gerçekleştirilen modellemeler ve yapılan analizler ile tehditlerin önceden tespit edilmesi ve gereken önlemlerin zamanında alınması sağlanmaktadır. IP kameralar, Radyo Frekansı ile Kimlik Tanıma (RFID) ve barkod teknolojileri ile sağlanan veriler sayesinde alınacak aksiyonlar hızlıca belirlenebilmektedir. Uzaktan algılama sistemlerinin de kullanıldığı erken uyarı sistemleri, sismik hareketlerin, tsunamilerin ve hava olaylarının tahmin edilerek önlemlerin zamanında alınmasını sağlarken, uydu teknolojilerinin başı çektiği coğrafi bilgi sistemleri ile riskin önlenmesine yönelik stratejiler geliştirilebilmektedir. Mobil uygulamalar, termal kameralar, drone’lar, robotik ve otonom sistemler, alternatif haberleşme sistem ve teknolojileri, yüzen sığınaklar, geniş alan gözetleme sistemleri, yapay zekâ destekli eğitim sistemleri afetlerde fark yaratan diğer teknolojiler olarak öne çıkmaktadır.

Kahramanmaraş depremleri sonrasında Türk savunma sanayii tarafından geliştirilen İnsansız Hava Araçları (İHA), uydu sistemleri, farklı tip ve özelliklerde kameralar, radar sistemleri, jeneratörler ve haberleşme sistemleri gibi pek çok yerli ve milli teknolojik ürün ve sistem afetin başarıyla yönetilmesinde büyük rol oynamıştır. Bu kapsamda kullanılan teknoloji ve sistemlere fonksiyonel olarak bakıldığında;

● Keşif, Gözetleme ve Görüntüleme Sistemleri kapsamında;

- Duvar Arkası Radar (DAR) Cihazı (STM) ile yön ve metraj tespiti yapılmış,
- KARGU İHA’sı (STM) ile görüntü alma faaliyetleri gerçekleştirilmiş,
- EKS-2WX yaka kameraları (ASELSAN) ile yüksek çözünürlüklü görüntü kaydı yapılmış,
- Güneş Enerjili Yerli Kamera Sistemi (GÜKAS) (ASELSAN) ile görüntü aktarımı yapılmış,
- Bayraktar Akıncı İHA’lar tespit, arama kurtarma desteği ve koordinasyon faaliyetlerinde kullanılmış,
- Bayraktar TB-2 İHA Platformuna entegre Hızlı Haritalama Podu ile geniş alanların haritası çıkarılmış,
- BAHA ve POYRAZ İHA’ları (HAVELSAN) arama kurtarma ve asayişin sağlanmasında kullanılmış,
- Kırangıç İHA (DASAL Havacılık) ile istihbarat, keşif ve gözetleme faaliyetlerine destek sağlanmış,
- Çubuk kameralar (Esetron) ile enkazlarda arama kurtarma faaliyetlerine destek verilmiş,
- Göktürk Uydularından alınan görüntülerle ön hasar tespit çalışmaları yapılmış,
- Proton Elic RB-1 M-4 yeraltı görüntüleme cihazı (Assuva Savunma Sanayi A.Ş.) ile enkaz altında kalanların yer tespiti yapılmış,
- ANKA-S İHA’lar (TUSAŞ) deprem bölgesinde keşif, tespit ve arama kurtarma çalışmalarının koordinasyonunda kullanılmış,

● Muhabere Sistemleri kapsamında;

- Jandarma Entegre Muhabere ve Bilgi Sistemi (JEMUS) (ASELSAN) ile kesintisiz haberleşme sağlanmasına katkı verilmiş,
- AKSUNGUR İHA’ya (TUSAŞ) entegre baz istasyonu ile iletişim desteği sağlanmış,
- Uydu Haberleşme Terminalleri (TÜRKSAT A.Ş.) bölgedeki haberleşme ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmış,
- Mobil baz istasyonları (ULAK Haberleşme A.Ş.) iletişim desteği sağlamak üzere bölgeye sevk edilmiş,

• Enerji Depolama Sistemleri kapsamında;

- Sabit ve Taşınabilir Enerji Depolama Sistemleri (ASPILSAN) ve Güneş Enerji İstasyonları (Sputek Yenilenebilir Enerji Teknolojileri) ile enerji ihtiyacı karşılanmış,

• Ulaştırma Sistemleri kapsamında;

- SANCAK İHA ve JACKAL-M İHA (Fly BVLOS Technology) yük ve malzeme taşıma faaliyetlerine destek sağlanmış,
- BARKAN İnsansız Kara Aracı (İKA) (HAVELSAN) yaralı veya malzeme taşıma faaliyetlerinde görev almış,

• Karar Destek Sistemleri kapsamında;

- Bilgisayarlı görü ve görüntü kıymetlendirme kabiliyeti (STM) ile hasar ve değişim tespiti çalışmaları yapılmış,
- Açık Yazılım Ağı aracılığıyla arama kurtarma desteği ve koordinasyon faaliyetlerine destek verilmiştir.

Deprem felaketlerinde önleme ve arama kurtarma faaliyetlerinde hâlen kullanılmakta ve/veya geliştirilmekte olan diğer teknoloji ve sistemler incelendiğinde ise; İHA'yla entegre baz istasyonları, robotik harici iskeletler (exoskeleton), sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları, üç boyutlu yazıcılar, yapay zekâ çözümleri, geniş alan gözetleme sistemleri, binaların depremlere karşı dayanıklı olmasına yardımcı olan sismik izolatörler, erken uyarı sistemleri, kuantum teknolojileri, entegre sistemler ve enkaz dinleme sistemleri ön plana çıkmaktadır.

Kahramanmaraş depremlerinde Türk savunma sanayiinin geliştirdiği yerli ve milli sistemlerin aktif ve etkin kullanımı, savunma sanayii sistem ve ürünlerinin tasarımında, üretiminde ve idamesinde çift kullanım (dual use) konseptinin ne kadar kritik olduğuna da işaret etmektedir. Yaşanan Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında yapılan arama ve kurtarma faaliyetleri, savunma sanayimizin imkân ve kabiliyetlerinin topyekûn olarak milli kapasiteye katmış olduğu değeri bir kez daha ortaya koymuş, ayrıca önümüzdeki dönemde yapılacak Ar-Ge çalışmalarına ilişkin saha girdisi sağlamıştır.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	5
2. AFET ÇEŞİTLERİ	5
3. AFETLERİN ETKİ VE SONUÇLARI NELERDİR?	6
4. AFETLERLE VE ETKİLERİYLE NASIL MÜCADELE EDİLİR?	7
5. DÜNYADA AFETLERLE MÜCADELEDE KULLANILAN ÇÖZÜM, YÖNTEM VE TEKNOLOJİLER	9
5.1 Modelleme Sistemleri	10
5.2 Bilgi İletişim Teknolojileri	10
5.3 Erken Uyarı Sistemleri	11
5.4 Coğrafi Bilgi ve Uydu Sistemleri	11
5.5 Mobil Uygulamalar	12
5.6 Drone Teknolojisi	13
5.7 Robotik ve Otonom Teknolojileri	13
5.8 Portatif Teknolojiler	16
5.9 Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları	16
5.10 Arama Kurtarma Teknolojileri	18
5.11 Tahmin ve Olasılığa Dayalı Teknolojiler	18
5.12 Alternatif Haberleşme Teknolojileri	18
5.13 Açık Kaynaklı Portatif Telekomünikasyon Kulesi	19
5.14 Portatif Güneş Panelleri	19
5.15 Yüzen Sığınaklar	20
5.16 Geniş Alan Hareket Görüntüleme	21
5.17 Sosyal Medya	21
5.18 Eğitim Sistemleri	21
6. DEPREM ARAMA KURTARMA FAALİYETLERİNDE KULLANILAN VE GELİŞTİRİLMEKTE OLAN ÇÖZÜMLER	22
6.1 Kahramanmaraş Merkezli Depremlerde Arama Kurtarma Faaliyetlerinde Kullanılan Yerli ve Milli Çözümler	23
6.1.1 Keşif, Gözetleme ve Görüntüleme Sistemleri	23
6.1.2 Muhabere Sistemleri	36
6.1.3 Enerji Depolama Sistemleri	41
6.1.4 Ulaştırma Sistemleri	43
6.1.5 Karar Destek Sistemleri	46
6.2 Milli ve Yerli Ürün/Kabiliyet/Sağlanan Çözüm Matrisi	49
6.3 Deprem Önleme, Arama ve Kurtarma Faaliyetlerinde Kullanılabilecek Diğer Çözümler ile Hâlihazırda Geliştirilmekte Olan Sistemler	51
6.3.1 İHA'yla Entegre Baz İstasyonları	51
6.3.2 Robotik Harici İskeletler (Exoskeleton)	51
6.3.3 Sanal ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları	52
6.3.4 Üç Boyutlu Yazıcılar	53
6.3.5 Yapay Zekâ Çözümleri	54
6.3.6 Geniş Alan Gözetleme	55
6.3.7 İnşaat Teknolojileri	56
6.3.8 Erken Uyarı Sistemleri	57
6.3.9 Kuantum Teknolojileri	57
6.3.10 Entegre Sistemler	57
6.3.11 Enkaz Dinleme Teknolojileri	58
7. SONUÇ	58

1. GİRİŞ

Dünya bugüne kadar; kıtaları, iklimleri, ekolojik dengeyi dahi değiştirme gücüne sahip doğa olaylarıyla karşı karşıya kalmıştır. Dinozorların yok olmasına neden olan asteroitlerden, iklimsel soğuma ve ısınma geçişleri ile kıta hareketlerinin neden olduğu depremlere, sanayi ve teknoloji geliştikçe ortaya çıkan insan kaynaklı afetler de eklenmiştir.

Kentleşmenin hızlanması ve nüfusun artmasıyla daha da yoğunlaşan doğa olayları, bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization -WMO), küresel ısınmanın eşiğine yaklaştığımızı vurguladığı bir raporda önümüzdeki beş yıl içinde, yıllık ortalama küresel sıcaklığın, Sanayi Devrimi öncesi seviyenin 1,5 derece üzerine çıkacağını öngörmektedir^[1].

Yaşanacak bu küresel ısınmanın sonucunda kuraklık, iklim değişikliklerinden kaynaklanan hastalıkların yaygınlaşması, sel felaketlerinde artış, güçlü kasırgalar, sıcak hava dalgaları, orman yangınları ile diğer doğal afetlerde artış olacağı ve çöllerin genişlemesi sonucunda kıtlık ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca metropolleşmenin ve nüfus yoğunluğunun giderek artması, olası afet durumlarında can ve mal kaybındaki artışı beraberinde getirecektir^[2].

6 Şubat 2023'te ülkemizde yaşanan Kahramanmaraş merkezli ve 11 ilimizi etkileyen 7,7 ve 7,6 büyüklüğündeki iki deprem de doğal afetlerin ani şok etkisini ne yazık ki en yakından hissetmemize yol açmıştır. Ölümcül ve maddi manevi büyük kayıplara yol açan afetler karşısında hazırlıklı olabilmemiz ve bu afetleri en düşük zararlarla atlatabilmemiz için gerekli ihtiyaçlar arasında iletişim ve bilişim teknolojileri başı çekmektedir. Nitekim Kahramanmaraş depremleri sonrasında çok sayıda yenilikçi teknoloji, ürün ve sistemin arama kurtarma çalışmalarında oynadığı rol, afet yönetiminde teknolojinin rolünü bir kez daha kanıtlamıştır.

Analizimizde; afet kavramına ve çeşitlerine değinilerek birçok afette yüzlerce canın kurtarılmasını sağlayan yeni teknolojilerin nasıl yararlı ve etkin kullanılabileceğinin dünyadaki ve Türkiye'deki örnek ve uygulamalarına yer verilecektir. Ayrıca son depremlerde kullanılan temel teknoloji, ekipman ve bilişim sistemleri ayrıntılı biçimde incelenecektir.

2. AFET ÇEŞİTLERİ

Afet genel anlamıyla, insanların ani şekilde yaşadığı, çeşitli can ve mal kaybına yol açan doğal ve insan eylemi sonucu ortaya çıkan olaylardır. Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonuna (The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies -IFRC) göre, afetler doğal veya insan kaynaklı olmakla beraber teknoloji kaynaklı olarak da ortaya çıkarak bir topluluğu savunmasız bir şekilde tehlikelere maruz bırakma potansiyelindedir^[3].

Afet kelimesi Arapça "awf" kökünden gelen "bela, felaket, salgın hastalık" anlamı taşıyan bir sözcükten türetilmiştir^[4].

Afet, Birleşmiş Milletlerin (United Nations -UN) tanımlamasına göre ise bir topluluğun kendi kaynaklarını kullanma kapasitesini ve işleyişini etkileyen ciddi aksaklıklardır. Afetler; doğal, insan yapımı ve teknolojik tehlikelerin yanı sıra bir topluluğun zarara maruz kaldığı ve savunmasızlığına yol açan çeşitli faktörlerden kaynaklanabilmektedir. Afetlerin insani, maddi, ekonomik veya çevresel olarak olumsuz etkileri olabilmektedir^[5].

Afetler, uluslararası tanımlamalara göre oluşum şekilleri ve etkileri açısından dört başlık altında toplanabilmektedir^[6]:

- **Doğal Afetler;** jeofiziksel (deprem, tsunami veya volkanik aktiviteler), hidrojeolojik (çığ veya sel), klimatolojik (aşırı sıcaklar, kuraklık, orman yangınları), meteorolojik (hortumlar, fırtınalar ve güçlü dalgalar) ve biyolojik (böcek ve hayvan kaynaklı hastalıklar) etkilerle ortaya çıkan afetlere denilmektedir. Doğal afetler şiddetine, etkilediği alana, yayılma hızına ve süresine göre değişiklik göstermektedir.
- **İnsan Kaynaklı Afetler;** çevrenin bozulması, kirlilik ve kazalardan (endüstriyel, teknolojik veya tehlikeli malzemelerin taşınması kaynaklı) oluşmaktadır.

- **Kompleks Afetler;** yiyecek sıkıntısı, askeri çatışmalar, mülteci nüfusundaki artışlar gibi durumlarla artan şiddet, ekonomik veya toplumsal hasarlar gibi olaylara neden olan durumlardır.
- **Pandemi Afetleri;** Ebola, Zika, kuş gribi, kolera, veba, dang humması, sıtma, sarı humma ve CO-VID-19 gibi salgın hastalıkların neden olduğu afetlerdir^[5].

Türkiye'nin ulusal Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ise doğal ve insan kaynaklı afetleri kendi alt başlıklarında tanımlarken farklı bir sınıflama da kullanmıştır. AFAD doğal afetler için aşağıdaki şekilde bir sınıflandırma kullanmaktadır:

Yavaş Gelişen Doğal Afetler

- Şiddetli soğuklar
- Kuraklık
- Kıtlik vb.

Ani Gelişen Doğal Afetler

- Deprem
- Seller, su taşkınları
- Toprak kaymaları, kaya düşmeleri
- Çığ
- Fırtınalar, hortumlar
- Volkanlar
- Yangınlar vb.

AFAD, insan kaynaklı afetleri ise şöyle sınıflandırmaktadır:

- Nükleer, biyolojik, kimyasal kazalar
- Taşımacılık kazaları
- Endüstriyel kazalar
- Aşırı kalabalıktan meydana gelen kazalar
- Göçmenler ve yerlerinden edilenler vb.

AFAD ayrıca dünyada gözlenen afet türlerini Jeolojik, Klimatik, Biyolojik, Sosyal ve Teknolojik Afetler olarak da ayırtmıştır^[5].

3. AFETLERİN ETKİ VE SONUÇLARI NELERDİR?

Her yıl milyonlarca insan, hem insan kaynaklı hem de doğal afetlerden etkilenmektedir. Afetler; patlamalar, depremler, seller, kasırgalar, hortumlar veya yangınlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir felakette, ölüm veya fiziksel yaralanma tehlikesiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Ayrıca evlerin, mülklerin ve toplulukların da yok olması mümkündür. Bu tür stres kaynakları, insanları duygusal ve fiziksel sağlık sorunları açısından risk altına sokmaktadır^[7].

Kasırgalar, hortumlar, depremler, toprak kaymaları, seller, orman yangınları, volkanik patlamalar, aşırı kuraklık veya muson yağmurları gibi hava olaylarından oluşan doğal afetlerin sıklığı, iklim değişikliği nedeniyle artmaktadır. Bu olaylar, halk sağlığı, çevre ve altyapı sorunları ve insani sorunlar da dahil olmak üzere bir dizi problemi beraberinde getirmektedir.

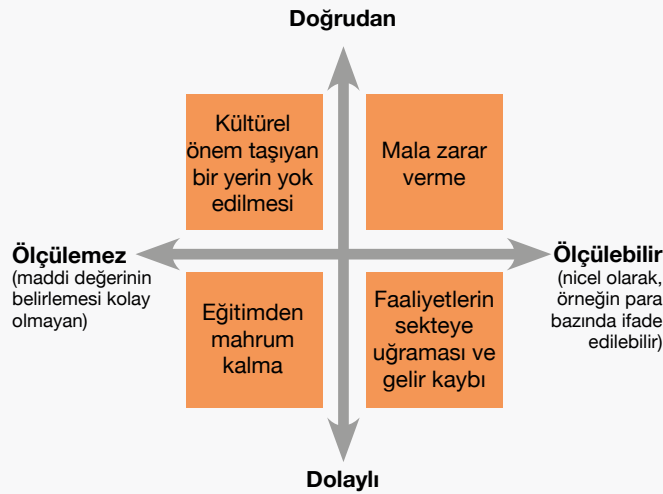
İklim değişikliği ve beraberinde ortaya çıkan doğal afetler, iklim mültecileri veya çevre göçmenleri olarak adlandırılan büyük bir göçmen nüfus yaratmıştır. Bu insanlar, tsunami gibi ani bir doğal afet veya amansız bir kuraklık gibi daha yavaş gelişen bir doğal afet nedeniyle evlerinden çıkmaya zorlanmaktadır. İnsanların yaşadıkları bölgenin yaşam standardının düşmesi veya yaşanmaz hâle gelmesi bu göç durumunun daha da belirsizleşmesine neden olmaktadır.

2100 yılına kadar 11 milyara ulaşacağı öngörülen dünya nüfusunun beşte birinin, yani yaklaşık iki milyar insanın iklim mültecisi ve çevre göçmeni olacağı tahmin edilmektedir. Bu insanların büyük çoğunluğu şu an kıyı şeritlerinde yaşamaktadır^[8].

Bir afetin insanlar, yapılar veya toplum üzerindeki etkisine şok denilmektedir. Kayıplar ise bir afet nedeniyle oluşan hasar veya yok oluşun ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Bir afetin yarattığı şok, çok geniş kapsamlı olabilmektedir. Geniş etkili şoklar uzun dönem sosyal ve ekonomik etkiler ile eğitim, sağlık, üretim ve makro-ekonomiyi etkileyebilmektedir. Kayıplar doğrudan veya dolaylı sonuçlar ortaya koymaktadır. Ayrıca bu kayıplar ölçülebilir veya ölçülemez olarak da iki kategoride değerlendirilmektedir.

Doğrudan ve dolaylı kayıplar, bir afet sonucu ani ve sonradan ortaya çıkan kayıplar arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Doğrudan kayıplar; şiddetli fırtına, sel veya deprem gibi felaketlerin altyapılar başta olmak üzere neden olduğu fiziksel veya yapısal etkiyi ifade etmektedir. Dolaylı kayıplar ise iş kesintisi kayıpları gibi ilk yıkımdan sonra ortaya çıkan veya ikincil olarak beliren durumlardır.

Afetler sonrasında kayıpların boyutlarını ölçmek zordur. Kültürel açıdan önemli alanların doğal bir afetle yok olması doğrudan bir kayıptır, ancak bu tür bir kaybın değerini ölçmek muhtemelen zor olacaktır. Alanların ve binaların ikamesi veya gerçek piyasa değeri, topluma sunduğu sosyal ve kültürel anlamı veya hizmetleri tam olarak karşılamamaktadır. Değerlendirilmesi daha zor olan bu varlıklar bazen "maddi olmayan kayıplar" olarak tanımlanır. Sonuç olarak, afet kaybı veritabanları kayıplarla ortaya çıkan ve ölçülmesi zor olan psikolojik (travma sonrası stres), kültürel ve çevresel (içme suyunun kirlenmesi, tuzlu su girişi vb.) etkileri nadiren hesaba katar^[9].



Şekil 1: Afet sonuç ve etki değerlendirilmesi^[9].

Afetlerin maddi ve fiziki zararlarının yanında psikolojik zararları da olmaktadır. Afetler yüksek stres seviyeleri, anksiyete veya post travmatik stres bozukluğu gibi durumlara da yol açmaktadır. İnsanların sosyallikten uzaklaştırarak izole bir hayata sürükleyebilen bu rahatsızlıklarla da mücadele edilmesi önemlidir^[10].

4. AFETLERLE VE ETKİLERİYLE NASIL MÜCADELE EDİLİR?

İklim değişikliği artan bir hızla devam ederken daha fazla afete neden olmaktadır. İklim değişikliği ile mücadele etmek için ormanların, sulak alanların ve mercan resiflerinin korunması gerekmektedir. İnsanların doğaya göstereceği anlayış afetlerle doğal yoldan mücadele için önemli bir adımdır.

Afetlerle mücadelede en önemli konulardan biri de risk faktörlerinin belirlenmesi ve bu risklerin azaltılması için girişimlerin sağlanmasıdır^[11].

Doğal risklerin sebep olabileceği afetlerin olası sonuçlarının hesaplanması ve önlemler alınması afetlerle mücadelede fark yaratacaktır. Hollanda gibi aşırı yağış alan ülkelerin sel olasılıklarına karşı taşkın

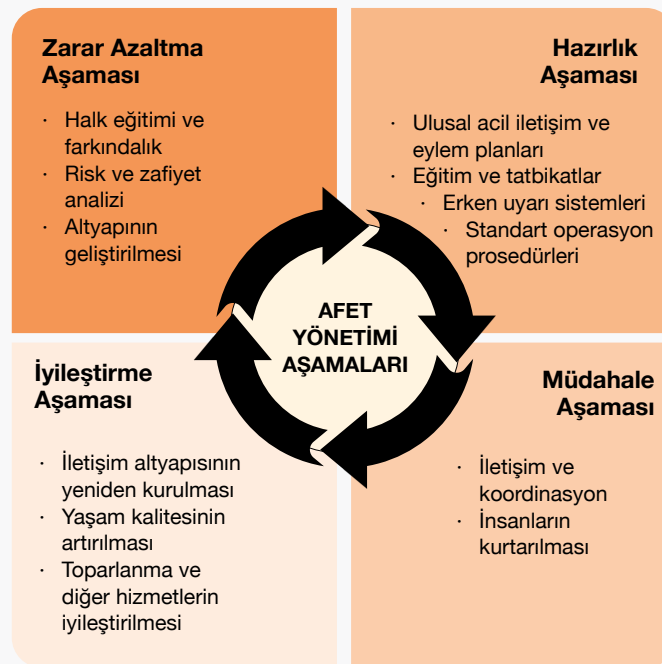
önleme sistemleri ve acil durum prosedürleri oluşturması, Japonya gibi deprem riski yüksek olan ülkelerin yapılaşmada depreme dayanıklılığı ön plana alarak inşa süreçlerini denetlemesi gibi uygulamalar risk faktörlerinin önceden belirlenerek aksiyon planı oluşturulmasına önemli örnekler olabilir^[12].

Afetlerin psikolojik etkileriyle de mücadele edilmelidir. Sosyalliğin artırılması, benzer deneyimleri yaşayanlarla bağlantı kurulması, sağlıklı yaşam programları ve stresi sınırlayıcı bir yaşam tarzı belirlenmesi psikolojik etkilerle mücadelede önemli adımlardır^[10].

Afet yönetimi; risklerin tespiti, kontrolü, planlaması, politikaların belirlenmesi, eğitimlerin gerçekleştirilmesi gibi çalışmaların yürütüldüğü, merkezinde kamu yönetiminin bulunmasına rağmen farklı disiplinlerin varlığına ihtiyaç duyulan faaliyetler bütünü şeklinde tanımlanmaktadır.

Afet yönetimi dört temel bileşenden oluşmaktadır^[13]:

- **Zarar Azaltma Aşaması:** Afet tehlikesinin ve riskinin belirlenmesi, mümkünse önlenmesi, risk değerlendirme ve risk azaltma çalışması, sensörler ve erken uyarı sistemleri gibi teknolojik cihazlarla oluşacak tehlikelerin belirlenmesi, sosyal medya aracılığıyla halkın bilgilendirilmesi gibi aşamaları içermektedir.
- **Hazırlık Aşaması:** Beklenen tehlikeye karşı toplumun sosyal medya üzerinden bilgilendirilmesi, müdahale personelinin eğitimi, fon yönetiminin hazırlanması, ihtiyaç olabilecek donanım ve malzemelerin stok planlaması, olası afet durumuna karşı planlama yapılması, kullanılacak teknolojik ürünlerin hazırlanması ve bakımı gibi süreç ve aşamalardan oluşmaktadır.
- **Müdahale Aşaması:** Afet oluşur oluşmaz ihtiyaç ve hasar tespitinin yapılması, arama kurtarma çalışmaları, ilk yardım ve tıbbi müdahale, barınma ve gıda yardımı, kriz yönetim sürecinin oluşturulması, afet sırasında kullanılan İHA, müdahale araçları, yardım uçakları ve teknik ekipmanların olay mahalline en hızlı şekilde intikalinin ve müdahalesinin sağlanması gibi süreç ve aşamaları içermektedir.
- **İyileştirme Aşaması:** Afet sonrası bireylerin genel ihtiyaçlarının minimum düzeyde karşılanması için gerekli çalışmaları yapmak; haberleşme, ulaşım, su, elektrik, geçici iskân, kanalizasyon, barınma gibi ihtiyaçların karşılanmasını sağlamak gibi aşamaları kapsamaktadır^[14].



Şekil 2: Afet yönetiminin aşamaları^[15].

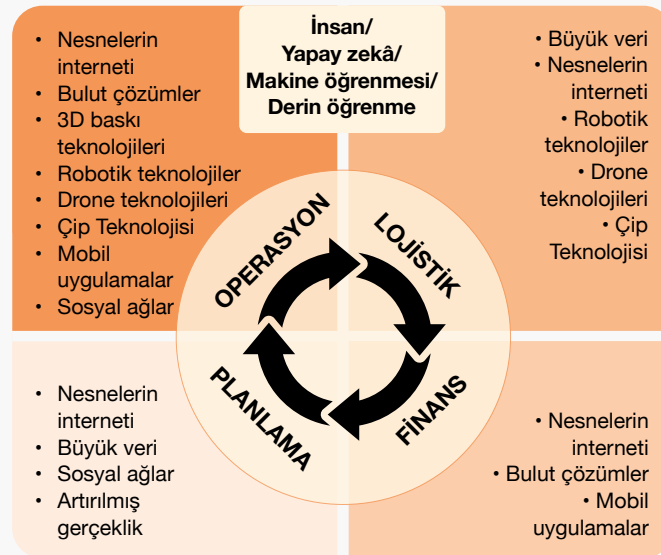
İnsanların olası afetlerle mücadele edebilmesi veya önceden hazırlanması için şehir planlamacıları, mimarlar, mühendisler ve ekolojistlerle ortaklaşa çalışmalar yapılmalıdır. Özellikle yangın gibi afetlerle doğal alanlarda mücadele için biyomimikri gibi doğanın savunma mekanizmalarını taklit eden ve buna göre düzenlemeler içeren yöntemler önemlidir^[16].

Afetlerle ve etkileriyle mücadele ederken gelişmiş teknolojilerden de faydalanılmaktadır. En son teknolojiler hakkında bilgi sahibi olunması ve olası afetin özelliklerine göre uygun teknolojilerin benimsenmesi hem bireysel hem de kurumsal anlamda büyük bir avantaj yaratmaktadır.

5. DÜNYADA AFETLERLE MÜCADELEDE KULLANILAN ÇÖZÜM, YÖNTEM VE TEKNOLOJİLER

Afetlerin ne zaman ve ne şiddette olacağı tam olarak öngörülemezdir. Ancak matematiksel bir formül olan fraktal yöntemiyle, birbirine benzer veya tekrarlayan olayların boyut ve zamanlamalarını bir noktaya kadar öngörmek mümkün olabilmektedir. Fraktal; matematikte, çoğunlukla kendine benzeme veya oransal kırılma özelliği gösteren karmaşık geometrik şekillerin ortak adıdır. Bu yöntemden yola çıkılarak birbiriyle benzerlik gösteren afet olaylarının bir çatı altında değerlendirilmesi ve benzer gelecek olayların öngörülmesi mümkündür. Bu olayların daha kompleks sistemler içinde bulunması, uygulanmasını zorlaştırır da sel veya kasırga gibi afetlerin nispeten daha önceden bilinmesi önlemlerin alınmasında avantaj sunmaktadır^[17].

Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında yapılan bir araştırma, ortaya çıkan doğal afetlerin yüzde 90'ının hava olayları kaynaklı olduğunu göstermiştir. Hava olaylarının tahmini ve engellenebilmesi için kullanılan teknolojik ekipmanlar üzerine yatırımlar bu sebeple son dönemde daha da artmıştır. Yapay zekâ ve makine öğrenmesinin de dahil olduğu yeni teknolojiler bilim insanlarının çok büyük boyutlardaki verileri hızlı bir şekilde analiz ederek karşılaştırmalar yapmasına ve hava olaylarını daha iyi tahmin etmesine fayda sağlamaktadır^[18].



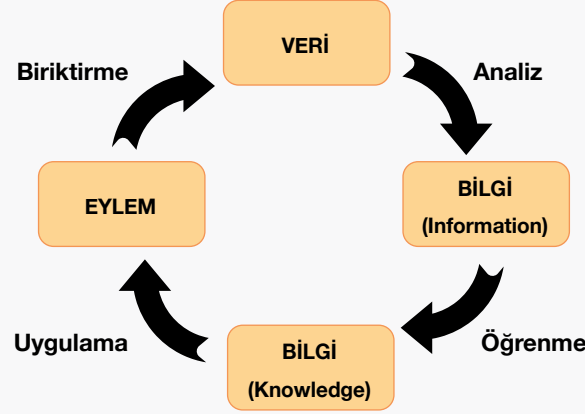
Şekil 3: Yeni teknolojileri kapsayan afet yönetim modeli^[19].

Forbes dergisinin haberine göre; 2017 yılı içinde sadece ABD’de, her biri en az bir milyar dolar zarara yol açan 15 afet yaşanmıştır. Bu tür doğal ve insan icadı afetleri en az zararla atlamanın tek yolu, hazırlıklı olmaktır. Hazırlıklı olmak ise bilinçli bir planlama ve teknolojinin etkin kullanımını gerektirmektedir.

Teknoloji, her şeyden önce olası afetlerin öngörülmesini, mümkünse önlenmesini ya da afetlere hazırlıklı olunmasını sağlamaktadır. Afet durumunda ise teknoloji, zamana karşı büyük bir yarışa sahne olan arama çalışmalarına hız kazandırmaktadır. Teknoloji sayesinde, normalde ulaşılması mümkün

olmayan yerlere ulaşarak hayatlar kurtarılmakta, afet sonrası iletişimden barınmaya, beslenmeden sağlığa kadar her türlü ihtiyacın kolayca karşılanması sağlanmaktadır.

Silikon Vadisi'nde ve dünyanın saygın üniversitelerinde geliştirilen ve son dönemde yaşanan birçok afette kullanılan pek çok ilham verici teknoloji örneği bulunmaktadır.



Şekil 4: Afet bilgi yönetim sistemi^[13].

5.1 Modelleme Sistemleri

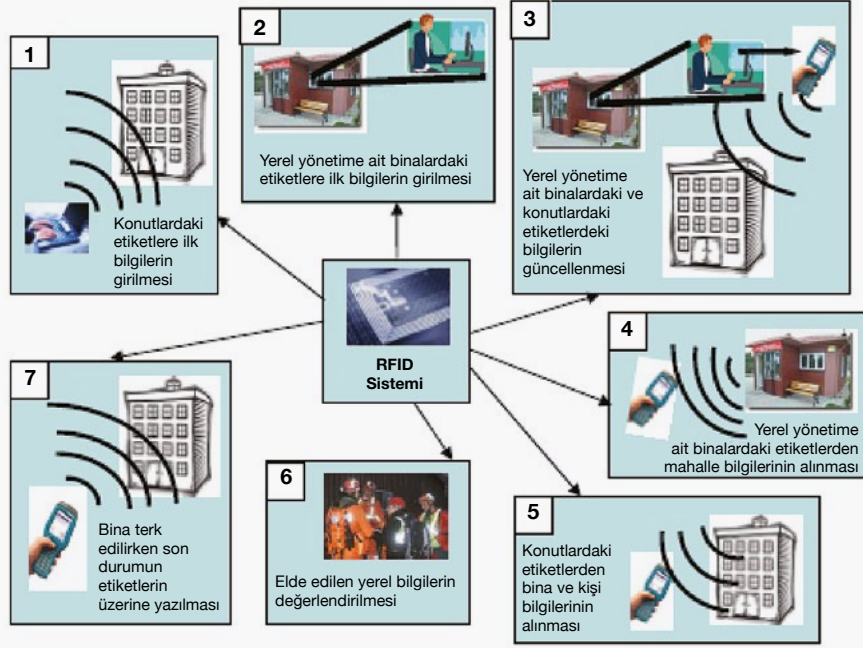
Modelleme sistemlerinin oluşturulması aşamasında çok farklı teknolojiler kullanılabilirken, sosyal medyadan yapay zekâ ve robot teknolojilerine dek birçok teknoloji, afet yönetimi modelleri kapsamında kullanılmaya başlanmıştır. Sensörler, mobil internet ve Nesnelerin İnterneti (Internet of Things -IoT) ile afet riski altındaki bölgelerde toplanan veriler ışığında gerçekleştirilen modellemeler ve yapılan analizler, tehditlerin önceden tespit edilmesini ve gereken önlemlerin zamanında alınmasını sağlamaktadır.

Bir kentin altyapısının, hassas noktalarının kapsamlı bir şekilde modellenmesi, gerçek zamanlı bilgi akışıyla güncellenmesi, büyük veri analiz sistemleriyle değerlendirilmesi afetlerin hem erken tespitini hem de afet anında hızlı müdahaleyi mümkün kılabilir. Bu sistemler sayesinde olası bir afet durumunda oluşabilecek hasarlar öngörülebilir ve erkenden önlemler alınabilmekte, kaynaklar da buna göre yönlendirilebilir. Gelişmiş uydular da bu sistemlere önemli veri sağlayan bileşenler arasında yer almaktadır.

5.2 Bilgi İletişim Teknolojileri

Bilişim ve iletişim teknolojileri, günümüzde pek çok alanda hayatı kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle cep telefonları ve taşınabilir bilgisayarlar, bilgiye ve internete sınırlar olmadan her yerde erişebilmemizi sağlamaktadır. Yeni nesil (4G ve 5G) iletişim teknolojileri sayesinde ses, görüntü ve veriler çok hızlı bir şekilde aktarılabilir. Afetler, yapıları gereği kaotik ortamlar olduğundan afet bölgesindeki veriye hızlı ve doğru bir şekilde ulaşılması, veriden hızlı bir şekilde bilgi üretilmesi ve bu bilgi sayesinde afet bölgesinde alınacak aksiyonla ilgili hızla karar verilmesi hayati önem arz etmektedir. Günümüzde, taşınabilir bilgisayarlar afet bölgelerinde veri girişi ve bu verinin internetle anında gönderilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Sahadan gelen bu veriler, afet komuta merkezinde toplanarak işlenmekte ve afetle mücadelede yol haritası çıkarılmaktadır. Bilgisayar bağlanabilen IP kameralarla donatılmış gezici kara timleri, helikopter, İHA'lar veya uçaklar alınan görüntüleri canlı olarak komuta merkezine gönderebilmektedir. Radyo Frekansı ile Kimlik Tanıma (RFID) ve barkod teknolojileri, hangi afetzedeye ne tedavi uygulandığının, yardım olarak ne verildiğinin sisteme girilmesini sağlamakta, fazla malzeme verilmesini veya istismarları önleyebilmektedir. Ayrıca büyük afetlerde yaşanan afetzede ve ölümlerin nerede olduğu karmaşasının önüne geçmek için de kullanılabilir. Bilişim ve iletişim teknolojileri ile ilgili doğru yatırımlar yapıldığında ve bu teknolojiler doğru kullanıldığında afetin yönetilmesinde anlamlı katkılar sağlanacaktır^[20].



Şekil 5: Arama kurtarma çalışmalarında RFID teknolojisinin kullanımı^[21].

5.3 Erken Uyarı Sistemleri

Birçok ülke, tsunamilerin erken tespitine yönelik erken uyarı sistemleri kullanmaktadır. Denizlerdeki sensörler yaklaşan tehlike konusunda uyarıda bulunarak önlem alınmasını sağlayabilmektedir. Avustralya, Kanada, Kolombiya, Fransa, Hindistan, Endonezya, İtalya, Japonya, Meksika ve ABD gibi ülkeler sismik hareketlerin takibine ve olağandışı hareketliliklerin tespitine yönelik sensörler kullanmaktadır^[22].

Deprem kuşağında yer alan ülkemizin kıyıları da tsunaminin kıyıya ulaşma süresi depremin denizdeki merkez üssünün konumuna bağlı olarak dakikalarla sınırlı olabilir. Bu nedenle tsunaminin ölümcül etkilerini önlemek için öncelikle bilimsel çalışmaların ışığında erken uyarı sistemlerinin yerleştirilmesi gereken, tsunami riskinin yüksek olduğu yerlere doğru karar verilmelidir. Bu çalışmaların başlangıç noktası ise ülkemizin tüm kıyıları için bilimsel olarak hazırlanacak tsunami risk haritalarıdır^[23].

Uzaktan algılama sistemleri de erken uyarı amacıyla kullanılabilir. Aktif [Sentetik Açıklıklı Radar (SAR)], LIDAR [(Light Detection and Ranging) ve İyono sonda] ve pasif algılayıcılar [(Hiperspektral Görüntüleme (HSG), termal bant ve meteoroloji uyduları)] sayesinde birçok hava olayında afet ortaya çıkmadan önce tahmin yürütmek mümkündür. Benzer sistemler hava akışı ve kirliliği gibi verileri de izleyerek çevresel farklı afetlere karşı da önlem alınmasına imkân vermektedir^[19].

5.4 Coğrafi Bilgi ve Uydu Sistemleri

Coğrafi bilgi sistemleri, uydu verileri ve modelleme sistemleri, iklim değişikliği kaynaklı afetlere karşı erken uyarı sağlamaktadır. Bu modelleme sistemleri sayesinde ilerleyen dönemlerde risk altında kalabilecek bölgeler belirlenerek, riskin önlenmesine yönelik stratejiler geliştirilmektedir.

Filipinler Üniversitesi uzmanlarının geliştirdiği toprak kayması sensörü ve uyarı sistemi ise akselerometrelerle donatılmış tüplerden oluşmakta, güneş panelleriyle çalışmakta ve tehlike anında cep telefonlarına mesaj göndererek yetkilileri uyarmaktadır. Örneğin Harvey Kasırgası sırasında Texas eyaletinde kullanılan sensörler, su seviyesinin yükseldiği bölgelerin bilgisayar ekranındaki haritada kırmızıya dönmesini, bu sayede hızlı bir şekilde müdahale edilmesini sağlamıştır^[22].

Copernicus Acil Durum Yönetim Sistemi gibi uydu izleme ve coğrafi bilgi sistemlerini bünyesinde bulunduran yazılımlar da afetlere karşı önlem alınmasında etkilidir. Dünya üzerinde aktif yangın, sel ve kuraklık durumunu, yanan alanları ve geçmiş kuraklık, sel ve yangınları gösteren sistem web üzerinden herkesin kullanımına açıktır. Avrupa Sel Uyarı Sistemi (European Flood Awareness Systems -EFAS), Küresel Sel Uyarı Sistemi (Global Flood Awareness Systems -GloFAS), Avrupa Orman Yangını Bilgi Sistemi

(European Forest Fire Information System -EFFIS), Kuraklık izleme Merkezi (Drought Observatory -DO) gibi birçok sistemin verilerini toplayarak kullanıma sunan Copernicus küresel anlamda ciddi bir veri bankası görevi görmektedir^[24].

Uydu teknolojilerinin önem taşıdığı alanlardan biri de arama kurtarmadır. Arama kurtarma, acil durum kurumlarının iyi eğitim almış elemanları yardımıyla dağ, çöl, orman veya deniz gibi ulaşılması zor alanlarda zor durumda bulunan insanları kurtarmaya yönelik yürüttüğü faaliyetler bütünüdür. İnsan hayatının söz konusu olduğu bu faaliyette, teknolojinin entegrasyonu büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde ve dünyada mevcut arama kurtarma operasyonları, çoğunlukla LEO (Low Earth Orbit) ve GEO (Geosynchronous Equatorial Orbit) uyduları destekli COSPAS/SARSAT (Cosmicheskaya Sistyema Poiska Avariynich Sudov -Space System for the Search of Vessels in Distress/Search and Rescue Satellite-Aided-Tracking) sistemleri ve diğer olanaklarla yürütülmektedir. Daha etkin, hızlı ve düşük maliyetli sistemlerin kurulması ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar sonucunda gelişmiş ülkeler, MEOSAR (Medium Earth Orbiting Search and Rescue) sistemlerinin kurulmasına yönelik çalışmalara başlamıştır^[25].

MEOSAR sistemi; COSPAS/SARSAT sistemlerinin kaza anında yeterli derecede hassas ID ve lokasyon bilgisini verememesi durumunda devreye girmektedir. Alınan bilgilerin değerlendirme aşaması sonrasında sinyal alınan yerle asıl kaza mahallinin bazı durumlarda çakışmaması ve can kaybına yol açılması, herhangi bir deniz aracının kaza yapması sonrasında mevcut COSPAS/SARSAT sistemi uydularının kapsama alanında bulunmasını gerektirir. MEOSAR, en az iki defa teyit edildikten sonra gelen alarm sinyali ile ilgili kurtarma ve iletişime geçilmesi işleminin daha kısa sürede nasıl yapılabileceği fikrinden ortaya çıkmıştır. Kısaca bu sistemle, deniz kazasına uğramış insanların en kısa sürede kurtarılmasının sağlanması hedeflenmektedir.

2009 yılı itibarıyla 121.5 MHz vericilerin devre dışı bırakılması ve bu beacon'larda (işaret kulesi) ID bilgisinin yer almaması, 2009 yılından sonra daha gelişmiş ve daha çok ID bilgisi içeren, lokasyon tespitinde daha net bilgiler gönderen 406 MHz vericilerin kullanımının daha da yaygınlaşması, ayrıca lokasyon tespit süresinin LEO-GEO sistemlerinden daha kısa sürede yapılabilmesi konusunda yapılan çalışmalar sonucu MEOSAR sisteminin geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır^[24].

Şimdiye kadar Türkiye'de meydana gelmiş olan dört büyük orman yangınından sonra kısa sürede görüntü alınarak, etkilenen alanlar TÜBİTAK UZAY tarafından yaklaşık olarak hesaplanmış ve Orman Genel Müdürlüğü ile yangın öncesi ve sonrası RASAT görüntüleriyle birlikte paylaşılmıştır. 16 Haziran 2012 tarihinde Cunda Adası'nda çıkan yangından üç gün sonra RASAT uydusu ile görüntü alınmış ve etkilenen alanın bulunması için bir çalışma yapılmıştır. Yangından etkilenen yeşil alanların tespiti için NDVI indeksi kullanılabilir. Ancak RASAT uydu görüntüleri 3 bant oldukları için NDVI kullanmak mümkün olmamıştır. NDVI yerine Mavi/Kırmızı ve Mavi/Yeşil indekslerinin ayrı ayrı eşiklenmesi sonucu yangın alanları tespit edilmiştir^[26].

5.5 Mobil Uygulamalar

Mobil telefonlardaki afet takip uygulamaları da düşük maliyetli, basit çözümler sağlamaktadır. Bu sayede gerekli veriler ilgili kişilere rahatça ulaştırılabilmektedir. Apple App Store'daki Centers for Disease Control and Prevention (CDC), FEMA, My Hurricane Tracker, National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), QuakeFeed, Storm Distance Tracker ve WeatherCaster acil durum uyarısında bulunan, afetten korunmaya ve hayatta kalmaya yönelik ipuçları veren çok sayıda uygulamadan sadece birkaçı olarak öne çıkmaktadır^[22].

Bridgefy adlı uygulama, Bluetooth erişim alanınızdaki cihazlara bağlanılmasını sağlayarak ve her cihazı bir baz istasyonu olarak kullanarak daha fazla cihaza zincirleme bağlantıyla ulaşabilmeye ve mesajlaşabilmeye yardımcı olmaktadır. Normalde Bluetooth ile maksimum 100 m mesafedeki cihazlara erişebilmekte ama bu uygulama sayesinde kilometrelerce uzaklıktaki cihazlara da erişmek mümkün olabilmektedir.

Firechat de internet bağlantısı olmadan anlık mesajlaşma imkânı sağlayan uygulamalardan biridir. Birbirine 9 m uzaklıkta bulunan her telefonun baz istasyonu görevi gördüğü uygulamayı kullanan kişi sayısı arttıkça kullanım alanı genişlemektedir.

Red Panic Button ise acil durum butonu sayesinde seçilen kişilere SMS yoluyla konum gönderebilmeye olanak tanıyan bir uygulamadır. Direkt telefon ekranına eklenebilmekte hatta akıllı saatlere de entegre edilebilmektedir^[27].

OneEvent adlı başka bir uygulama ise evdeki ısı ve nem oranı gibi göstergeleri takip ederek yangın ve su basması gibi durumları önceden bildirebilmektedir^[22].

5.6 Drone Teknolojisi

Drone'lar afet anında büyük faydalar sağlamaktadır. Drone'ların hızlı, emniyetli ve esnek olmaları gibi avantajları afet öncesi ve afet sonrası çeşitli operasyonlarda tercih edilme nedenleri arasındadır^[28].

Drone'lar bugüne dek 2013'teki Haiyan Tayfunu'nun ardından Filipinler'de, Sandy Kasırgası'nın ardından Haiti'de, Harvey Kasırgası'nın ardından ABD'de, 2014'teki sel baskınının ardından Bosna'da, yine 2014'te meydana gelen büyük depremin ardından Çin'de onlarca hayat kurtarmıştır.

Afetzedelerin yerinin belirlenmesinden hasar tespitine dek birçok alanda kullanılan drone'lar yardım çalışmalarının ayrılmaz bir parçası hâline gelmiş durumdadır. Teknoloji devi Google da yardım malzemelerinin afet bölgesine drone'larla ulaştırılmasına yönelik bir program başlatmıştır^[21].

Bir afetten sonraki ilk birkaç saat hayati önem taşıdığından, arama kurtarma operasyonları için afet sonrası durum tespitinin mümkün olduğunca hızlı yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda drone'lar; yüksek verimlilik, hassasiyet, esneklik ve düşük maliyet avantajlarından dolayı son yıllarda afet operasyonları yönetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır^[28].

Termal kameralar ve diğer çeşitli algılama sistemleriyle donatılmış drone'ların uzaktan algılama amaçlı kullanımlarıyla doğa ile uyumlu yolların planlanması da mümkündür. Özellikle yaban hayatının risk altında olduğu genel güzergâhların afetlerin ve yaban hayatın gözetilerek planlanması, gelecekte ortaya çıkabilecek kazaları ve zararları önleyebilmektedir. Uygun algılama teknolojileriyle donatılmış drone'lar aracılığıyla belirlenecek güzergâhların özellikle riskli olan göç zamanlarında izlenmesi de mümkündür^[29].

5.7 Robotik ve Otonom Teknolojileri

Robot teknolojisi, afetlerde insan gücünün yetersiz kaldığı durumlarda önemli bir rol oynamaktadır. Afet ortamında arama, keşif ve haritalama, yapısal inceleme, tıbbi yardım, afetzedelerin taşınması, olay bölgesinden uzaklaştırma, lojistik destek vb. durumlar için kritik öneme sahip bu teknolojiler daha güvenli operasyonların oluşmasına fırsat vermektedir.

Afetin meydana geldiği ortam önemli oranda yapısal değişikliğe uğrayabilmekte ve bu da insanların bu ortamda operasyonel faaliyetleri yürütmesinde güçlükler yaratmakta, bazen de operasyonların yapılmasını imkânsız kılmaktadır. Çökme, patlama gibi riskleri olan bölgelere insanların girerek çalışması tehlikeli olabilir ancak keşif yapılması ve afetzedelerin kurtarılması da gerekmektedir. Bu ve bunun gibi riskli durumlarda avantaj sunabilmektedir.

Afet ortamında bulunan insanlar, ortamın olumsuz yapısından etkilenirler. İnsanlar doğaları gereği çok uzun süre verimli çalışmadığından, zihinleri yorulabilir ve bunun sonucunda da değerlendirmelerde ve karar alma aşamalarında hatalar yapabilirler. Öte yandan robotların yorulma ya da psikolojik faktörlerden etkilenme gibi problemleri yoktur. İnsanların ve hayvanların çalışamayacağı bölgelerde güvenle çalışabilirler. Yapısal hasar tespiti yapmak için veriyi toplayabilirler. Afetzedeler için yaşamsal önemi olan araçları taşıyabilir ve konum tespitini yapabilirler.

Robotların afet ortamında yapabilecekleri işlemler;

- Arama,
- Keşif ve haritalama,
- Enkazın uzaklaştırılması,
- Yapısal inceleme ve adli inceleme,
- Tıbbi yardım,
- Afetzedelerin taşınması ve sıcak bölgeden uzaklaştırılması,

- Mobil tekrarlayıcı,
- Lojistik destek sağlama,
- Enkazın boyutlarının tespiti ya da kestirimi,
- Direkt müdahale olarak öne çıkmaktadır.

Robotların kullanımına ilişkin en eski örnek ABD’de Dünya Ticaret Merkezi’ne yapılan terör saldırısının hemen ardından gerçekleşen çalışmalardır. Bu çalışmalar, sivil kuruluşların ilgisini afet robotlarına çekmiştir.

Madencilik sektörü de kaza meydana geldiğinde robot kullanımını değerlendiren önemli ve riskli bir sektördür. Uygulamalara bakıldığında, robotlar daha çok keşif, örnek alma, ölçüm ve hasar tespiti için kullanılmıştır. Fukushima Daichii Nükleer Santrali’nde yıkım amacıyla da kullanılan robotlar gündeme gelmiştir^[2].

İnsanlar açısından tehlikeli ortamlarda, örneğin bir nükleer sızıntı durumunda kameralar, mikrofonlar ve sensörlerle donatılmış robotları kullanmak da mümkündür.

Rus bilim insanları, enkazda arama kurtarma, yangın söndürme ve yük taşıma gibi işlerde kullanılabilecek kurtarıcı robot geliştirmişlerdir. Rusya’daki İrkutsk Devlet Teknik Üniversitesi (İDTÜ) tarafından geliştirilen “Perevörtiş (İki taraflı)” adlı robot; kaza, patlama veya doğal afetler sonucu oluşan enkazlarda arama kurtarma, yangın söndürme, yük taşıma gibi önemli görevlerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Perevörtiş’in testere, yangın söndürme ve diğer değiştirilebilir ekipmanlarla donatılması planlanmaktadır^[20].



Şekil 6: Thermite RS1-T2 yangın söndürme robotu^[21].



Şekil 7: Yılan arama kurtarma robotu^[21].

ABD’de Kaliforniya Berkley Üniversitesi araştırmacıları tarafından üzerinde çalışılan CRAM ise robotik hamamböceği sürüsünün adıdır. Bu sürü sistemi enkaz altında kalanların konumlarının belirlenmesi için en küçük açıklıklardan dahi geçebilmekle hassasiyetle çalışabilmektedir. Robot sürüsü ayrıca afetzedeye ulaşılması için en güvenli yolun belirlenmesini de sağlama potansiyelindedir. Avuç büyüklüğündeki sürü üyeleri gerçek böceklerin özelliklerinden yola çıkarak ağırlıklarının 900 katı basınca dayanıklı olacak şekilde tasarlanmaktadır^[30].

ABD kökenli Hydronalix firması tarafından geliştirilen EMILY (Emergency Integrated Lifesaving Lanyard) adlı robotik sistem ise arama kurtarma ekiplerinin ulaşımı için tehlikeli olan güzergâhlardan güvenli geçerek kurtarılması gereken kişileri daha güvenli bir alana taşıma potansiyelindedir^[31].

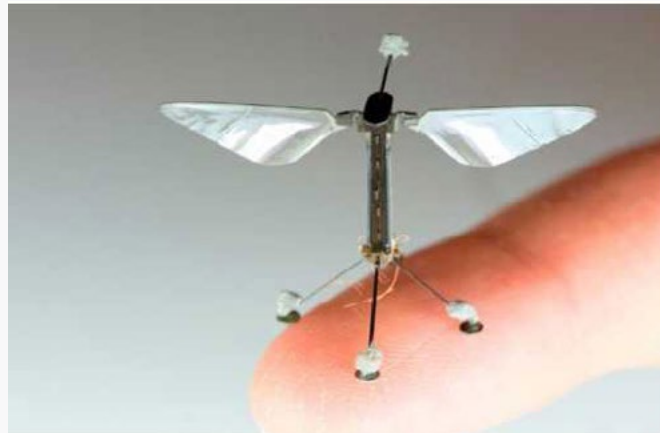
İnsan hayatı ile kıyaslandığında robotların afetlerde daha güvenli bir seçenek hâline gelmesi ve daha ekonomik olarak üretilerek pratik kullanım alanları olması gelecekte daha da yaygınlaşacaklarına işaret etmektedir. Özellikle ulaşılması güç alanlara dahi kolaylıkla erişimi sağlayan robotlar enkaz altında kalanlara, sel ile mücadele edenlere veya hayati ihtiyaçlardan mahrum kalanlara yaşam fırsatı sunmaktadır^[32].

Fransız teknoloji firması Shark Robotics tarafından inşa edilen Colossus, uzaktan kumandalı bir su pompası barındıran robot yangın söndürme aracıdır. 360 derece görüş, 25x zoom ve termal görüntüleme özelliklerine de sahip robot, her türlü zorlu koşullarla mücadele edebilmektedir. 500 kiloya kadar ağırlık taşıyabilen Colossus, aynı zamanda engelleri kaldırabilir ve yaralıları taşıyabilir şekilde tasarlanmıştır. Paris'te yaşanan Notre Dame Katedrali yangınında da kullanılan robotun 300 m kullanım menzili bulunmaktadır^[33].

Thermite RS1-T2 yangın söndürme robotu, uçakların ve insanların giremediği noktalara girerek yangına müdahale etme kapasitesindedir. Robotik kollarda kamera ve yangın söndürme hortumu bulunan sistem yangın enkazını kaldırarak kurtarma görevi de üstlenmektedir. ABD ordusu için Waterboro Howe ve Howe tarafından geliştirilen Thermite, 400 m uzaktan yönetilebilen 187 cm uzunluğunda, yoğun sis ve duman durumlarında dahi kullanım imkânı olan bir robottur. 576 kg ağırlığına sahip robot çelik ve uçak tipi alüminyumdan üretilen yapısı sayesinde engebeli ve zorlu arazi şartlarında dayanıklılık göstermektedir^[34].



Şekil 8: Konsept robot arı tasarımı^[21].



Şekil 9: Robobee tasarımı minyatür uçan robot görseli^[36].

Yılan robotlar; insanların ve arama kurtarma köpeklerinin ulaşamadığı noktalara girerek, yer tespiti ve kazazedeleri kurtarma çalışmasında kullanılır. Snakebot olarak adlandırılan robotlar biyomorfik hiper yedekli ve boyu 3 m uzunluğunda olan arama kurtarma robotlarıdır. Arama kurtarma köpeğinin tasmasına bağlanarak enkaz yerine gönderilir. Köpeğin dikkat çeken bir durum esnasında havlaması ile serbest kalarak olay mahalline intikal eder ve sonrasında bağlı kanallar üzerinden yönlendirilir.

Robot arılar, dünyanın en küçük robotlarıdır. Bağlantı ile uzaktan kontrol edilebilen robot arılar; afet durumunda yer tespiti, yerüstü haritalama, her çeşit görüntüleme potansiyeline sahip teknolojik ürünlerdir.

Robot arılar polenleme ile doğanın dengesini bulmasına yardımcı olma potansiyeli gösterirken afet durumlarında da kullanım alanı bulması ile çok yönlü ve çok faydalı bir teknolojik gelişim alanı yaratmaktadır. Harvard Mikrobiyotik Laboratuvarı mühendisleri tasarladıkları 84 mg ağırlığında olan mini uçan robotlarla bu alanda önemli bir adım atmıştır. Sürü hâlinde tozlu ve rüzgârlı alanlarda uçabilen robotlar saniyede 120 kanat çırpışı gerçekleştirmektedir. Robobee adını verdikleri araçlarının gelecekte arama kurtarma görevlerinde de yer edinmesi planlanmaktadır^[35].

5.8 Portatif Teknolojiler

Portatif teknolojiler afet durumlarında hızla kurulabilen ve gerektiğinde kolaylıkla yer değişikliği yapılabilen sistemleri tanımlamaktadır.

Haiti depreminde kullanılan SERVAL projesi gibi teknoloji girişimleri de afetlerde önemli roller oynamaktadır. SERVAL projesi mobil telefonların baz istasyonuna ihtiyaç duymadan birbirleriyle doğrudan iletişim kurmasını sağlamaktadır.

TERA (Trilogy Emergency Relief Application) ise afet bölgelerinde görev yapan ekipler arasında iki yönlü SMS iletişimi sunan bir sistemdir. Bu teknolojiler 2010 Haiti depreminden bu yana afetlerde kullanılmaktadır.

NASA FINDER, 2015 Nepal depremi ile gündeme gelen bir diğer teknolojidir. Bir çanta büyüklüğünde olan cihaz, 6-7 m kalınlığında beton altında veya 10 m'ye kadar enkaz altında kalp atışlarını tespit edebilmektedir.

ALIRT (Airborne Ladar Imaging Research Testbed) ise kullanıldığı bölgenin 3D yüzey ve altyapı özelliklerini oluşturmaya yaramaktadır. Bu sistemle kalabalık bölgeler, güvenli yollar veya helikopter inişine uygun alanlar kolaylıkla tespit edilebilmektedir^[37].

5.9 Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları

Acil müdahale misyonlarına yönelik IoT uygulamaları da yenilikler vadetmektedir. Hatta bu amaca yönelik uygulamalar için "Yaşam Kurtaran Nesnelerin İnterneti (Internet of Life Saving Things -IoLST)" ifadesi kullanılmaktadır^[38].

IoT teknolojileri insanların kan şekeri ölçümlerinden kalp krizi geçirip geçirmediğine kadar birçok sağlık bilgisinin elde edilmesinde kullanılabilmektedir. Bu cihazlar acil durum ekiplerine de anlık veri göndererek kazazede veya afetzedelerin durumlarını bildirebilmektedir. Ayrıca ev ve işyerlerinde bulunan duman, gaz veya sıcaklık sensörleri de sağladıkları bilgilerle bir afet sırasında veya acil durumda büyük avantajlar sunmaktadır^[39].

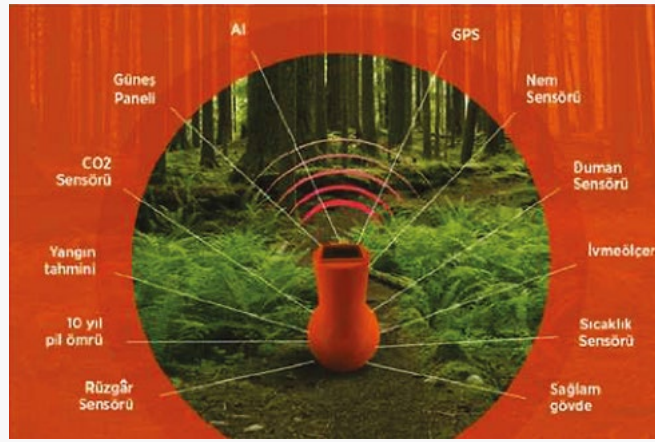
Depremler öngörülmesi en zor olan afetler arasındadır. Kanada'da geliştirilen WARN (Web-enabled Awareness Research Network) gibi uyarı sistemleri depremlerde acil durum ekiplerine sarsıntılarla veya tsunami gibi tehlikelerle ilgili anlık bilgi vermektedir. Victoria Üniversitesinin bir inisiyatifi olan CANARIE, Ocean Networks Canada'nın finansman desteği ile hayata geçirilen WARN, 15 Kasım 2014'te Endonezya'da gerçekleşen 7,3 büyüklüğündeki bir depremin olacağını yakın bir sürede tespit edebilmiştir. WARN hâlen gelişim aşamasındadır^[40].

IoT sistemlerin sağladığı veriler gelişmiş Karar Destek Sistemleri (KDS) için de faydalı olmaktadır. Karar destek sistemleri afet sırasında sağlanacak hızlı veri akışı ile acil bir müdahalede en etkili yöntemin tayinini ve hareket tarzını sunabilmektedir. Hareket aşamasında görev sıralaması oluşturulması ve sonuca gidebilecek alternatif çözüm önerileri de karar destek sistemlerinin faydaları arasındadır^[41].

Dünyanın dört bir yanında kurulan akıllı şehir projeleri; yangını önlemek, müdahale riskini azaltmak ve çeşitli sorunları ortadan kaldırmak için birçok avantaj sunmaktadır.

FirstNet ve 5G hücresel teknolojinin ortaya çıkmasıyla birlikte daha da akıllı hâle gelen dijital şehirler; itfaiye merkezleri, yangına müdahale edenlerin mobil iletişim bilgileri ve diğer birçok veriyi birleştirerek, çok geniş kapsamlı veri seti oluşturacaktır. Ayrıca akıllı şehirlere yerleştirilmiş ve tamamen otonom olan yangın söndürme cihazları, robotları veya drone'ları da bu zorlu mücadeleye katılarak afetlere daha güvenli müdahale etme imkânı sunma potansiyelindedir^[42].

Yaz aylarında sayıları artan ve zamanında kontrol altına alınmadığında yeşil alanlardan hayvanlara kadar çok büyük bir tehdit oluşturan orman yangılarına karşı, IoT teknolojilerini kullanarak erken uyarı sistemi oluşturmak mümkündür. Örneğin, Detaysoft'un yatırımcısı olduğu yüzde 100 yerli şirket NetOP Teknoloji'nin geliştirdiği Akıllı Orman Kapsülü adı verilen çözümle, ormanlık alanlara yerleştirilen sensörler sayesinde, karbondioksit, sıcaklık ve duman seviyesi ölçülerek orman yangınları başladığı anda tespit edilerek, yetkililere bilgi ulaştırılabilmektedir.



Şekil 10: Orman kapsülü özellikleri^[44].

Yapay zekâ destekli uygulama, yangın riskini de analiz ederek GPS üzerinden lokasyon bildirimi yapmakta ve yangın esnasında ekiplerin doğru yönlendirilmesini sağlamaktadır. Dayanıklı yapısıyla dikkat çeken Akıllı Orman Kapsülü, ormanların en sarp noktalarına bile helikopterlerden atılarak anında kullanılmaya başlanabilmektedir.

Akıllı orman kapsülleri, yalnızca yangınların erken tespitinde ve müdahale evresinde değil, elde ettiği verileri akademik çalışmalara aktararak da yepyeni bir fırsat yaratmaktadır. Sensörlerin topladığı düzenli veriler, bulut sistemde depolanarak üniversitelerin, bağımsız araştırmacıların ve kâr amacı gütmeyen doğa koruma kuruluşlarının araştırmalarına da açık kaynak olarak sunulmaktadır. Bu sayede iklim değişikliği ve küresel ısınmaya ilişkin araştırmalar gerçek zamanlı verilerle desteklenerek afetlere karşı yeni çalışmalar yapmak ve planlamak mümkündür^[43].

Orman kapsüllerinin havadan ormanlık alana bırakılacak kadar dayanıklı, güneş enerjili ve 10 yıllık pil ömrü olacak şekilde tasarlanması hedeflenmektedir^[44].

Yangın önleme tedbirleriyle, yangın erken uyarı ve yangın yayılımı izleme sistemleri, yangınla mücadele etkinliklerinin verimini arttırmada önemli rol sahibidir. Uydu ile uzaktan algılama ve kamera tabanlı erken uyarı sistemleri mevcut olmasına rağmen, bu sistemler her türlü hava şartında verimli bir şekilde işlevlerini yerine getirememektedir. Bu sistemlerin başarıları gün içindeki zaman aralığına, açık görüş hattının durumuna ve diğer görüş kalitesini belirleyen koşullara bağlıdır. Dolayısıyla, bu tip sistemler; sıcaklık, nem ve duman algılayıcılarının oluşturacağı kablosuz ağlarla desteklenirse, meydana gelen çok yönlü yangın gözetim sistemi çok daha başarılı olabilecektir.

Düşük maliyetli teknolojik bir altyapı ile tasarlanan SENSÖNDÜR projesi ormanlık alana yerleştirilecek ve birbirleriyle iletişim hâlinde olan algılama ve ölçüm sistemleri aracılığıyla bir yangının erken tespiti ve büyüme hızına göre nasıl müdahale edileceğinin bilgisini sunabilmektedir^[45].

5.10 Arama Kurtarma Teknolojileri

Afetlerde önceden yapılan planlamalar ve sonrasında alınacak aksiyonlar önem kazanırken, afetzedelerin kurtarılması için yeni teknolojiler kullanılmaktadır. Modern arama kurtarma helikopterleri, her saniyenin büyük önem taşıdığı arama kurtarma operasyonlarında büyük avantaj sağlamaktadır. Hem sivil hem de askeri arama kurtarma helikopterleri dünyanın dört bir yanında her gün zorlu görevlere çıkmakta ve onlarca hayat kurtarmaktadır.

Avrupa Arama ve Kurtarma (Search And Rescue Europe) Konferansı verilerine göre, dünya genelinde 600'ü aşkın arama kurtarma helikopteri görev yapmaktadır. Siparişi verilen ve teslimi beklenen helikopterlerle birlikte bu sayının 800'e ulaşması beklenmektedir.

5.11 Tahmin ve Olasılığa Dayalı Teknolojiler

Sel gibi afetlerin temel nedenleri arasında bulunan aşırı yağışlar ve olağanüstü hava koşulları, yapay zekâ gibi teknolojilerin yardımıyla önceden tahmin edilebilmektedir. 2019 yılında Google'ın Hindistan'ın Patna bölgesinde uygulamaya aldığı sel modelleme sistemi akarsu seviyelerini izleyerek ve hava yağış olasılıklarının katkısıyla sel öncesinde uyarı verebilmektedir.

Hava durumu tahmini çok yeni teknolojilere ihtiyaç duymasa da yağışın veya fırtınanın ne zaman ve hangi şiddette olacağına dair tahmin yürütmede yapay zekâ büyük avantaj sağlayabilmektedir^[46].

Risk Geo-Wiki, InaSAFE ve CAPRA gibi uygulamalarla afet öncesi risk değerlendirmesi yapılarak özellikle sel afetlerinde önlem alınmasının da yolu açılmaktadır. Bölgenin olası risklerinin analiz edildiği ve afete karşı zayıf kalan alanların tespiti afet öncesi yapılması gereken iyileştirme çalışmalarına destek olmaktadır. Olası sel felaketini öngörerek buna karşı önlemlerin artırılması en iyi savunma yöntemlerinden biridir. Yeni teknolojiler sağladıkları bilgi, veri ve olasılık hesaplarıyla afet tahminlerinde devrim niteliğinde gelişmelere imkân vermektedir^[47].

5.12 Alternatif Haberleşme Teknolojileri

Acil durumlarda teknolojiye en çok ihtiyaç duyulan alan haberleşmedir. Günümüzde kamu güvenliği ve acil durum haberleşme sistemlerinin dünya üzerinde kullanımı incelendiğinde analog sistemlerden sayısal sistemlere doğru bir geçiş olduğu görülmektedir. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, sayısal teknolojilerdeki gelişmeler çerçevesinde kritik haberleşme ihtiyaçlarını karşılayacak sayısal telsiz şebekelerini hayata geçirmişlerdir. Sayısal telsiz sistemleri; sayısal modülasyon, erişim ve ses kodlama teknikleri kullanarak abonelerine güvenilir ve emniyetli ses, veri, mesaj vb. hizmetleri sağlayabilen yerel veya ülke genelinde işletilebilen haberleşme sistemleridir. Kamu güvenliği ve acil yardım görevlerine tahsis edilmiş bir iletişim ağının, çağın getirdiği teknolojik imkân ve kabiliyetlerden yararlanması gerektiği açıktır.

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) standardı, değişik ülkelerde özellikle kamu güvenliği ve acil yardım görevlerine yönelik olarak polis, itfaiye ve ambulans tarafından farklı hizmetler için kullanılmaktadır. Ağ ölçeklendirmesi ve esnek bant genişliği seçenekleri sunması TETRA standardını diğer geleneksel ses ve dar bant haberleşme teknolojilerine göre avantajlı duruma getirmektedir. Hâlen Avrupa'da genellikle 380-400 Mhz spektrum bandında geleneksel ses ve dar bant veri hizmetlerinden yararlanılmaktadır.

TETRA standardı kapsamında kullanıcı terminalleri Trunked Mode Operation (TMO) veya Direct Mode Operation (DMO) işletme modlarında çalışabilmektedir. Bu yapı, kapsama alanı bakımından esneklik sağlamaktadır. Avrupa'da kullanılan TETRA'ya eşlenik olarak ABD'de APCO-25 standardı tercih edilmektedir.

Türkiye'de ise T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Kamu Güvenliği ve Acil Yardım Haberleşme Sistemini kurmak veya kurdurmak ihtiyacına yönelik koordinasyonun sağlanması için görevlendirilmiştir. Bu doğrultuda Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından 380-385 ve 390-395 MHz frekans bantları ses ve dar bant veri haberleşmesi için tahsis edilmiş, 450-470 MHz frekans bantları ise geniş bant veri haberleşmesi için planlanmaktadır^[48].

Hemen hemen her çeşit afetten etkilenen bir ülke olan Vietnam'da, afet öncesinde, afet sonrasında ve afet boyunca mücadelede iletişim teknolojilerine önem verilmektedir. Vietnam her yıl seller,

tayfunlar, kuraklıklar, toprak kaymaları, yangınlar ve depremlerle mücadele etmektedir. Vietnam'da yılda ortalama 4-6 tayfun yaşanmaktadır. Bu afetler içinde en çok su kaynaklı afetler öne çıkmaktadır. Vietnam halkının yüzde 70'i her yıl afetlerden etkilenmektedir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programının (United Nations Development Programme -UNDP) teknik desteği ile Vietnam hükümeti afetlere karşı çeşitli çalışmalar yönetmektedir. UNDP destekli olarak yürütülen Vietnam Afet Yönetim Sistemi (DMU Projesi) ile ülke genelinde kurulan ortak bilgi ve iletişim ağı afetleri öngörmek, haber vermek ve müdahale etmek, hasar tespiti yapmak, arama kurtarma faaliyetlerini desteklemek, restorasyon ve rehabilitasyon hizmetleri sunmak amacıyla kullanılmaktadır^[49].

Afetlerle her aşamada; yani afet öncesinde, sırasında ve sonrasında mücadelede bilginin doğru kişilere doğru zamanda iletilmesi önemlidir. Afetlerde ister alternatif yapıda ister genel kullanımda olsun, en önemli rolü haberleşme teknolojileri oynamaktadır. Günümüzde gelişmiş teknolojilere yatırımlar yapılırken geleneksel eski teknolojilerin de desteklenmesi ve ihtiyaç hâlinde kullanılması gerekebilmektedir. Afetler için tercih edilecek iletişim sistemleri günlük hayatta da kullanım imkânı bulabilecek kolaylıkta ve en zorlu şartlarda dahi çalışma potansiyelinde olmalıdır^[50].

5.13 Açık Kaynaklı Portatif Telekomünikasyon Kulesi

Bir afet anında iletişim hatları kesildiğinde açık kaynaklı telekomünikasyon kuleleri yardıma yetiştirilir. Avustralya'daki Adelaide Üniversitesinde geliştirilen kule rahatça taşınabilmekte ve birkaç dakika içerisinde kurulabilmektedir. Kulenin belirli parçalarının üç boyutlu yazıcıyla olay yerinde yapılması da mümkündür.

Avustralya ve Yeni Zelanda Kızılhaç örgütleri tarafından kullanılan sistem, geçtiğimiz yıllarda meydana gelen yanardağ patlamasının ardından iletişimin kesildiği Vanuatu'da başarıyla test edilmiştir^[22].

Adelaide Üniversitesinde geliştirildikten sonra araştırmacılarca kurulan WiFindUs firması ile çalışmalarına açık kaynak olarak devam eden portatif Telekom kulesi, afetler ve acil durumlar dışında yoğun telefon kullanımının olduğu festival ve benzeri etkinliklerde de kullanılmaktadır^[51].

Ülkemizin bir deprem bölgesi olduğu dikkate alındığında gerek yerel yönetimler gerekse AFAD tarafından benzer uygulamaların hayata geçirilmesi önem arz etmektedir. 26 Eylül 2019 tarihinde İstanbul'da meydana gelen 5,8 büyüklüğündeki depremde de haberleşme sistemlerinde saatler süren sıkıntılar yaşanmıştır. Bu gibi durumlar için portatif telekomünikasyon kulelerinin geçerli bir çözüm oluşturabileceği düşünülmektedir.



Şekil 11: Portatif telekom kulesi kuruluma hazır hâlde bekliyor^[52].

5.14 Portatif Güneş Panelleri

Altyapının hasar gördüğü bölgelere rahatlıkla ulaştırılabilen güneş enerji panelleri cep telefonlarının şarj edilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Bu sistem 2016'daki Nepal depreminde ve geçtiğimiz yıl Avustralya'da yaşanan sel felaketinde ne kadar faydalı olduğunu kanıtlamıştır. ABD Federal Hükümeti de afetler sırasında bu sistemlerden yararlanmaktadır^[22].

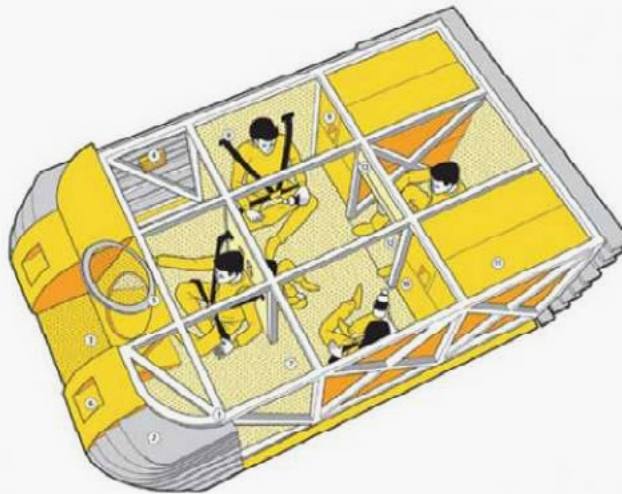
Afetler sonrası özellikle elektrik ihtiyacı için fosil yakıtlı jeneratörlerin kullanımı ayrı bir risk oluşturmaktadır. Yakıtların bitme olasılığı, yangın riski ve yarattığı çevre kirliliği ortaya çıkan risklerin başında gelmektedir. Bu noktada uygulanabilen portatif güneş enerji panelleri hem temiz hem de daha kesintisiz bir enerji sağlayıcı olarak önem kazanmaktadır^[53].

5.15 Yüzen Sığınaklar

Tsunami en ölümcül doğal afetlerden biridir. Tsunami yaşanan bölgelerdeki her 1.000 kişiden 79'u hayatını kaybetmektedir. 2011 yılında Japonya'da yaşanan tsunami yaklaşık 16.000 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Zhou Ying ve Niu Yuntao tarafından geliştirilen yüzen sığınak bu soruna çare bulmaktadır. Kısa sürede kolayca kurulabilen çadır şeklindeki sal, dalgalardan etkilenmeden ilerlerken deniz suyunu da içme suyuna çevirebilmektedir. Sistem 2015 yılında dünyanın en saygın tasarım ödülü olan Red Dot ödülüne layık görülmüştür^[22]. PicomDesing firmasının geliştirdiği Archelon Acil Durum Kapsülü önemli bir yüzen sığınak örneğidir. Sel ve benzeri afetlerde yedi kişiye kadar güvenli bir sığınak imkânı sunan araç, üzerinde bulunan telsiz ve navigasyon sistemiyle dışarıyla bağlantı kurma konusunda da destek sunmaktadır. Archelon içerisinde bulunan kişileri en az iki hafta güvenle taşıyabilmektedir^[54].



Şekil 12: Archelon Acil Durum Kapsülü^[54].



Şekil 13: Archelon Acil Durum Kapsülü iç kısmı^[54].

5.16 Geniş Alan Hareket Görüntüleme

Geleneksel istihbarat sistemleri (insansız hava araçları, casus uçaklar ve helikopterler) belirli bir hedefi net bir şekilde gözler önüne serebilirken, geniş bir alandaki çok sayıda hedefin takibi sözkonusu olduğunda yetersiz kalmaktadır. Bu noktada devreye Geniş Alan Hareket Görüntüleme (Wide-Area Motion Imaging -WAMI) adı verilen sistemler girmektedir. Operatörler bu sistemler sayesinde geniş bir alanı en ince ayrıntısına dek izleyebilmektedir^[55].

Hâlihazırda uçak ve helikopterlerin yanı sıra balon ve insansız hava araçlarıyla kullanılan WAMI sistemleri havada devriye gezmektedir. Sınır güvenliği ve kritik öneme sahip tesislerin korunmasında da kule tipi WAMI sistemleri kullanılmaktadır.

WAMI sistemleri günümüzde askeri amaçların yanı sıra, sınır güvenliği, acil yardım gibi konularda da kullanılmaktadır. 2016'da Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde düzenlenen olimpiyat oyunlarının güvenliği de bu sistemlerle sağlanmıştır. Ayrıca Iowa'daki sel felaketi, Meksika Körfezi'ndeki petrol sızıntısı gibi doğal afetlerde de bu sistemlerden yararlanılmıştır^[55].

5.17 Sosyal Medya

Sosyal medya şüphesiz iletişimi ve bilgi akışını sağlayan bir platformdur. Özellikle afet ve kriz durumlarında insanlar daha fazla iletişim kurmaya çalışırlar. Bunun nedeni insanların afet sonrası yakınlarının güvende olduklarını bilmek istemeleridir. Bunun yanında, afet ve afetler sonrası kriz durumlarında olaya ilişkin güvenilir bilgi almak kritik önemdedir. Son yıllarda insanların iletişim için en çok tercih ettiği araçların başında da yine internet ve buna bağlı olarak sosyal medya gelmektedir^[56].

Afetleri öngörerek önlem alınmasını sağlayan teknoloji, önlenmesi mümkün olmayan afetler sırasında da arama kurtarma çalışmalarının en önemli destekçisi konumundadır. Facebook, Twitter, WhatsApp gibi uygulamalarla anında bilgi akışı sağlanması, yardım çalışmalarının ihtiyaç duyulan alanlara yönlendirilmesi gibi konularda oldukça işlevsel sonuçlar sağlayabilmektedir. Sosyal medyanın yoğun bir şekilde kullanıldığı ilk afet Sandy Kasırgası olmuştur.

2012'de meydana gelen Sandy Kasırgası Karayipler'de ortaya çıkmış, Jamaika ve Küba'nın ardından ABD'ye ve Kanada'ya ulaşmıştır. Atlantik Okyanusu'nda kaydedilmiş bu en büyük kasırga ABD'de 24 eyalette 110 ölüme ve 20-50 milyar dolarlık hasara neden olmuştur. Kasırga ayrıca Jamaika'da evlerin yüzde 70'inin elektriksiz kalmasına neden olmuş, bir kişi ölmüş ve 55 milyon dolarlık hasar oluşmuştur. Haiti'de 52 ölüm meydana gelmiş ve 200.000 kişi evsiz kalmıştır. Küba'da 11 kişi ölmüş, 15.000 ev yıkılmış ve ortaya çıkan hasar iki milyar doları aşmıştır^[22].

Elektriğin olmadığı, ulaşım olanaklarının kısıtlandığı bu afette teknoloji önemli bir rol oynamıştır. Amerikan Federal Afet Yönetim Ajansına göre, kasırga sırasında Sandy ile alakalı gönderilen 20 milyon tweet sayesinde afetzedelere ulaşılmış, yardım çalışmaları koordine edilmiştir^[22].

Sosyal medyanın afetlerde birçok kullanım alanı vardır. Yapılan araştırmalar sosyal medyanın yedi farklı şekilde afetlerde kullanım yeri bulduğunu göstermektedir. Toplumun afetlere karşı nabzının tutulması, mevcut afet durumunun izlenmesi, acil müdahale hareketlerinin ve komutasının güçlendirilmesi, işbirlikçi yaklaşımların artırılması, sosyal bilinç kazanılması ve verilerle araştırmalara destek sağlanması sosyal medyanın afetlerde güçlü kullanım alanlarıdır^[57].

5.18 Eğitim Sistemleri

Afetlerle mücadelede önceden hazırlık yapılması da önemlidir. Bu hazırlıklar içinde en önemlilerinden biri ise acil durum ekipleri ve toplumun eğitimidir. Eğitim için bire bir ve gerçekçi uygulamalar yapılabilirken, günümüz teknolojilerinden yararlanılarak güvenli eğitimlerin sağlanması da mümkündür.

Yapay zekâ destekli sanal, artırılmış ve karma gerçeklik uygulamaları bir afette yaşanabilecek senaryoların ekiplere uygulanmasında faydalı olmaktadır. Bu eğitimlerin internet üzerinden herkesin kullanımına açılması toplumsal düzeyde bir eğitim bilincinin sağlanmasına da aracılık edebilir^[42].

Günümüzde birçok organizasyon sanal gerçeklikle eğitime yatırım yapmaktadır. Norveç Oslo'da bulunan Real Training'in geliştirdiği Sanal Yangın Söndürme eğitimi özellikle doğalgaz ve petrol endüstrisinde çalışanların risksiz bir şekilde afetlere karşı eğitilmesine imkân vermektedir^[58].

6. DEPREM ARAMA KURTARMA FAALİYETLERİNDE KULLANILAN VE GELİŞTİRİLMEKTE OLAN ÇÖZÜMLER

6 Şubat 2023’de yaşanan ve merkez üssü Kahramanmaraş olan 7,7 ve 7,6 büyüklüğündeki iki yıkıcı depremin ardından, doğal afetlerde teknolojinin kullanımının önemi bir kere daha gözler önüne serilmiştir. Deprem sonrası çalışmalarda özellikle savunma sanayii özelinde geliştirilen yerli teknoloji ve ürünlerin oynadığı büyük rol dikkat çekmiştir. İnsansız Hava Araçları (İHA), uydu sistemleri, farklı tip ve özelliklerde kameralar, radar sistemleri, jeneratörler ve haberleşme sistemleri (telsiz sistemleri vb.) gibi pek çok teknolojik ürün ve sistem deprem bölgesinde arama kurtarma ve haberleşme gibi hayati faaliyetlerde kritik rol oynamıştır^[59].

T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığının (SSB) 10 Şubat 2023 tarihli sosyal medya açıklamasında verdiği bilgilere göre; bölgede içlerinde AKINCI, ANKA, AKSUNGUR, BAHA, KARGO İHA, TB2’nin de olduğu farklı konfigürasyonda 50 adet İHA görevlendirilerek 1.000 saatin üzerinde uçuş yapmış, 100’den fazla multikopter dron görev almış, İHA üzeri monteli baz istasyonları bölgeye sevk edilerek kurtarma çalışmalarının daha koordineli yürütülmesi sağlanmıştır^[60]. Ayrıca, çubuk kamera, yılan kamera, termal kamera, güneş enerjili kamera, yaka kamerası gibi farklı tip ve özelliklerde kameralar, enkaz altı tespit ve görüntüleme sistem ve cihazı bölgeye gönderilmiş, uydu görüntü alma ve işleme sistemleri vasıtasıyla uydu görüntüleri kıymetlendirilerek arama kurtarma çalışmalarında kullanımı sağlanmıştır.

Ayrıca STM Savunma Teknolojileri, Mühendislik ve Ticaret A.Ş (STM)’nin ilk günden itibaren bölgeye gönderdiği Duvar Arkası Radar (DAR) adı verilen sistem 50’den fazla kişinin enkazlardan canlı çıkarılmasında büyük faydalar sağlamıştır^[61].



Şekil 14: Türk savunma sanayiinin geliştirdiği ve deprem bölgesinde kullanılan ürün ve teknolojiler^[60].

T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı koordinasyonunda yürütülen arama kurtarma faaliyetlerinde çeşitli güçlerde jeneratör ve projektörler; kesici, kırıcı alet ve deliciler; solunum cihazları ve medikal malzeme gibi birçok ekipman ve teçhizat ile arama kurtarma ekipleri bölgeye intikal etmiştir.

Deniz Kuvvetleri envanterindeki Bayraktar ve Sancaktar çıkarma gemileri seyyar hastane olarak hizmete alınmış, savunma sanayii firmalarımız ve çalışanları yaklaşık 27.6 milyon lira nakdi yardımda bulunmuş, gıda, hijyen, giyim, su, uyku tulumu, ısıtıcı, yakıt, powerbank, seyyar mutfak, seyyar wc-duş gibi malzemelerin olduğu yaklaşık 121.5 milyon lira değerinde aynı yardımda bulunmuş, 3.600 kişiyi barındırabilecek tefrişatı bulunan yaşam alanı ve sosyal donatılara sahip 600 adet konteynerden oluşan konteyner kent çalışmalarına başlanmıştır.

Analizimizin bu bölümünde, Kahramanmaraş merkezli depremler odağında doğal afetlerde toplumsal dayanıklılığı artırabilecek ve arama kurtarma çalışmaları başta olmak üzere bölgede gereken koordinasyon ve acil müdahalelerde kritik fayda sağlayabilecek gelişmiş teknolojilerden bazıları ayrıntılı şekilde değerlendirilmiştir. Ayrıca, Türk savunma sanayiinin önde gelen firmalarının deprem bölgesinde sundukları teknolojik çözümler belirtilmiş ve dünyada çalışmaları devam eden diğer sistem ve çözümlere ışık tutulmuştur.

6.1 Kahramanmaraş Merkezli Depremlerde Arama Kurtarma Faaliyetlerinde Kullanılan Yerli ve Milli Çözümler

6.1.1 Keşif, Gözetleme ve Görüntüleme Sistemleri

6.1.1.1 Elektro Optik Kameralar

Elektro optik kameralar, elektronik sinyalleri optik sinyallere dönüştüren ve optik sinyalleri elektronik sinyallere dönüştüren bir dizi teknolojik yöntem kullanarak görüntü yakalayan cihazlardır.

Elektro optik kameralar, birçok farklı sistem ve uygulamada kullanılmaktadır. Kameralar, görüntüleri fotoğraf veya video olarak kaydeder. Kameralar, farklı amaçlar için farklı şekillerde tasarlanmıştır ve birbirlerinden farklı çözünürlükleri, görüntü kalitesi, zoom yetenekleri ve diğer özellikleri vardır. Askeri keşif ve gözetleme sistemleri; uydular, hava keşfi için görevlendirilen uçaklar, insansız hava araçları, tanklar ve diğer askeri araçlarda kullanılır. Endüstriyel süreç kontrolü, kalite kontrolü ve işletme güvenliği gibi uygulamalar için endüstriyel kameralar kullanılır. Tıp uygulamalarında endoskopik görüntüleme, cerrahi operasyonlar ve diğer tıbbi uygulamalar için elektro optik kameralar kullanılır. Bilimsel araştırmalarda uzay teleskopları, biyoloji, kimya ve fizik alanlarındaki araştırmalarda elektro optik kameralar kullanılır. Ayrıca güvenlik ve izleme uygulamalarında havaalanları, trafik kontrolleri ve benzeri alanlarda güvenlik kameraları olarak da kullanılmaktadır. Elektro optik kameraların yaygın kullanım alanları arasında askeri, endüstriyel, tıbbi, bilimsel ve güvenlik sektörleri yer almaktadır.



Şekil 15: Elektro optik kamera^[62].

Deprem arama kurtarma faaliyetlerinde kameraların kullanım alanları oldukça genişler ve farklı kamera türleri farklı amaçlar için kullanılır. Kameralar, deprem anında veya sonrasında, binanın yapısal bileşenlerinin görsel olarak incelenmesine yarar ve hasar tespitinde, enkaz altında mahsur kalmış insanların aranması ve kurtarılması için kullanılır. Bu kameralar genellikle küçük boyutlu ve taşınabilir olması nedeniyle, kurtarma ekipleri tarafından sıkça tercih edilir ve hasar tespiti için önemli bir araçtır.

6.1.1.2 Termal (Kızıl Ötesi) Kameralar

Termal kameralar, nesnelerin sıcaklığını algılayarak görüntü oluşturan özel kameralardır. Geleneksel kameraların aksine, termal kameralar elektromanyetik spektrumun uzak kızılötesi bölgesindeki (8-14 mikron) radyasyonu kullanarak çalışır. Termal kameralar son derece düşük sıcaklık farklarını algılayabilmekte ve bu farkları gerçek zamanlı video görüntüsü olarak dönüştürüp monitörde izlenmesini sağlamaktadır^[63].

-273 santigrat derece üzerindeki tüm nesneler bir termal enerji yaymaktadırlar. Bu enerji nesnelerin sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Termal enerji gözümüzün göremediği kızılötesi (infrared) aralıkta yayılmaktadır. Kızılötesi aralık, X ışınları ve Gama ışınları arasındaki bölgedir. Termal kamera, kızılötesi dalga boyu spektrumunda, doğrudan temas gerçekleştirilmeden sıcaklık modellerini algılamaktadır^[63]. Bu sayede, sıcaklığı ölçülemeyen, görünür ışık altında gizlenmiş veya kamufl edilmiş nesneleri tespit edebilirler.

Termal görüntüleme teknolojisinde nesnelerin sahip olduğu farklı sıcaklıklar farklı renk tonları olarak görünmektedir. Bu sistemler görünür ışık bandında çalışan kameralara kıyasla çoğu zaman daha düşük çözünürlüğe sahip görüntüler sağlamasına rağmen, özellikle gece görüntü alabildikleri için önemlidir. Sis, toz ve duman gibi faktörlerden çok etkilenmezler. Kamera ve optik kalitesi ile çevre şartlarına bağlı olarak 0.01 dereceye kadar olan sıcaklık farklarının bile termal kamera tarafından algılanması mümkündür^[64].

Termal kameralar, içinde bulundukları ortamın sıcaklığından etkilenmezler ve 24 saat boyunca kesintisiz çalışabilirler. Bu özellikleri, özellikle askeri, güvenlik, arama kurtarma, yangın söndürme ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmalarını sağlar. Termal kameralar, sensörler, optik sistemler, görüntü işleme yazılımları ve kullanıcı arayüzleri gibi birçok bileşenden oluşur. Sensörler, ısıyı görüntüye dönüştürürken, optik sistemler bu görüntüyü odaklar ve kullanıcı arayüzleri bu görüntüleri görselleştirir. Görüntü işleme yazılımları, termal kameraların analiz ve tespit özelliklerini artırır. Bazı termal kameralar, video kaydı yapabilen, hafıza kartı takılabilen ve kablosuz bağlantı özellikleri sunabilen akıllı cihazlar gibi kullanıcı dostu özellikler de içerebilirler.

Termal kameraların deprem arama kurtarma faaliyetlerinde birkaç farklı kullanım alanı vardır. Termal kameralar, deprem sonrası enkaz altında mahsur kalan insanların tespiti için kullanılabilir. Yaralıların vücut ısısı, çevredeki nesnelere göre farklılık gösterir ve termal kameralar bu farklılıkları tespit edebilir. Böylece, kurtarma ekipleri enkaz altındaki yaralıları daha hızlı bir şekilde bulabilir. Termal kameralar, binaların, köprülerin ve diğer altyapıların hasar tespiti için kullanılabilir. Deprem sonrası, gaz kaçaqları,



Şekil 16: Termal kamera görüntüsü^[65]

patlamalar ve diğer yangın riskleri artar. Termal kameralar, yangın söndürme ekiplerine yangının kaynaklarını ve yayılımını tespit etmelerinde yardımcı olabilir. Böylece, yangınların daha hızlı ve etkili bir şekilde söndürülmesi mümkün olabilir. Doğal afetlerin çevre üzerindeki etkileri artar ve termal kameralar, su kaynaklarının ısını takip ederek, su kirliliği veya diğer çevresel risklerin tespit edilmesine yardımcı olabilir veya yapıların sıcaklık profilleri değişebilir ve termal kameralar bu değişiklikleri tespit edebilir. Böylece, yapıların hangi kısımlarının hasar gördüğü daha kolay bir şekilde tespit edilebilir.

6.1.1.3 Endoskopik Kameralar

Endoskopik kameralar, görsel inceleme için doğrudan erişimin kısıtlı olduğu yerlerde kullanılan optik cihazlardır. Genellikle esnek bir boru ya da tüp şeklinde tasarlanan cihazların, bir ucunda optik veya elektrikli sistemle birbirine bağlanan objektif lens veya kamera bulunur. Çubuk kamera ve yılan kamera gibi çeşitleri olan bu kameralar arama kurtarma faaliyetlerinde başvuru cihazlarıdır. Endoskopik kameralar enkaz altındaki dar geçitlerde ve yarıklarda sıkışmış insanların kurtarılması için kullanılır. Bu kameralar, kurtarma ekiplerine sıkışmış kişilerin konumlarını tespit etme ve doğru kurtarma yöntemlerini belirleme konusunda yardımcı olur.

Çubuk kamera, bir çubuğun ucunda yer alan ön ve yan kameralarla yüksek bir durumsal farkındalık sağlamaktadır. Eklemeli borular ve kabloyla, kurulduğu yerden metrelerce mesafeye kadar erişim sağlayabilen çubuk kameralar, istenildiği takdirde 360 dereceye kadar görüş açısına sahip olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Kızılötesi aydınlatmayla görev yapabilen çubuk kameralar, güç kaynağı kapasitesi doğrultusunda saatlerce kullanılabilmektedir. Kamera birimine ortam dinlemesi yapabilmek için mikrofon, karanlıkta görüş için gece görüş kamerası, ihtiyaç halinde karbondioksit vb. algılayıcı sensörler de entegre edilebilmektedir.

Çubuk kameraların görüntüleri kullanıcı personel tarafından ekran biriminden takip edilebilmektedir. Yere temas etmeden çubuk kameraların ileriye itilebilmesi amacıyla teleskobik monopod ile de desteklenebilmektedir. Çubuk kameralar su birikintilerinden geçebilecek ve diğer zorlu çevresel koşullara dayanıklı olacak bir yapıda üretilmektedir^[66].

Enkazlarda çalışan arama kurtarma görevlilerinin sık sık başvurdukları diğer bir görüntüleme sistemi de yılan kameralar olmuştur. Enkaz altındaki canlıların durumunu tespit edebilen kablo şeklindeki bu kameralar yılan gibi kıvrılarak zorlu alanlara girebilmektedir. Yetersiz ışık bulunan ortamlarda net görüntüler elde edilmesini sağlayan yılan kameralarda gece görüşü lensleri bulunmakta ve uzunlukları 1 metreden başlanmaktadır^[67].

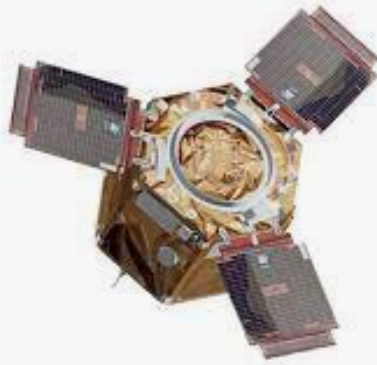


Şekil 17: Endoskopik kamera^[68].

6.1.1.4 Uydu Görüntüleme Sistemleri

Uydu teknolojileri günümüzün hızla gelişen alanlarından biridir. Alçak yörüngeye (Low Earth Orbit -LEO) yerleştirilebilen yüksek kabiliyetli uydular, yeryüzünün herhangi bir noktasındaki değişiklikleri büyük bir hassasiyetle takip edip dünyaya son derece kıymetli veriler ulaştırabilmektedir. Yeryüzünü gözlem amacıyla Dünya'nın fiziksel, kimyasal ve biyolojik sistemleri hakkında uzaktan algılama teknikleriyle bilgi toplama, analiz etme ve değişimleri ortaya koyma çalışmalarına katkıda bulunan uydular özellikle afet yönetiminde depremler, sel, toprak kaymaları, kasırgalar, yanardağ patlamaları ve orman yangınlarının izlenmesi ve önceden tahmin edilmesinde büyük faydalar sağlamaktadır^[69].

Uydu görüntüleme sistemleri deprem sonrası hasar tespiti ve deprem zararlarının analizi için kullanılır. Yüksek çözünürlüklü kameralar veya LIDAR gibi sistemlerle deprem sonrası alanlardaki hasarları tespit etmek için kullanılabilir. Bu sistemler dünya yüzeyinin görüntülerini, bilgilerini yakalayarak kıymetlendirmek için kullanılır.

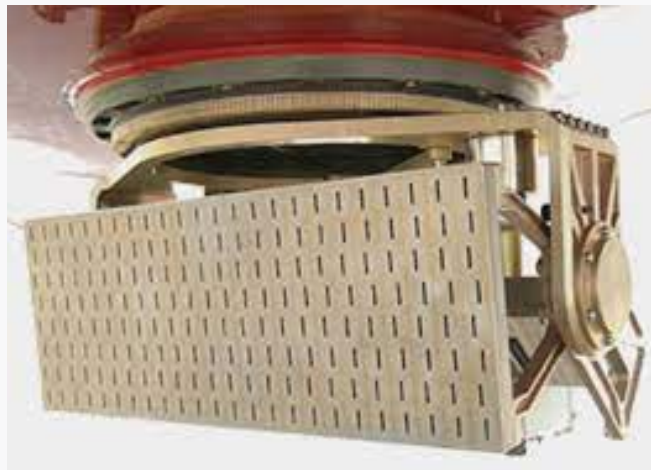


Şekil 18: Gözetleme uydusu^[70].

6.1.1.5 Sentetik Açıklıklı Radar (SAR)

Sentetik Açıklıklı Radar (SAR), yüksek çözünürlüklü yeryüzü görüntüleri elde etmek için kullanılan bir uzaktan algılama tekniğidir. SAR, bir uydunun, uçak veya helikopter gibi platformlar üzerindeki antenlerin yeryüzüne gönderdiği mikrodalga sinyallerinin yansımalarını toplayarak görüntü oluşturur. SAR, yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmek için radar sinyallerinin birleştirilmesiyle çalışır.

Aktif görüntüleme sistemleri olan SAR sensörleri, elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölümünde yer alan bir radar sinyali yaymakta ve Dünya yüzeyine çarpıp geri dönen sinyalin dayanıklılığını ve diğer özelliklerini ölçmektedirler. SAR, geleneksel optik kameraların aksine karanlıkta, siste, yağışlı



Şekil 19: Sentetik Açıklıklı Radar^[62].

havalarda ve bulutlu alanlarda görüntü alabilmektedir^[64]. SAR sistemleri, elektro optik sistemlerden daha uzun dalga boylarında çalışmakta; arazi haritaları ve uydu görüntüleri oluşturma, yeraltı kaynakları araştırması, denizcilikte yüzey hareketlerini izleme, su kirliliğini tespit etme, orman yangınlarını tespit etme ve diğer birçok alanda kullanılır.

Depremler özelinde de yüzey altı özelliklerinin görüntülenmesinde, deprem hasarı ve yeryüzü kırılmalarının belirlenmesinde, fay gibi gizli yüzey şekillerinin ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadırlar. Bu şekilde, depremin etkilediği alanın tamamının hızlı bir şekilde taranması ve hasarlı bölgelerin belirlenmesi ve hasar tespiti mümkün olabilir.

6.1.1.6 Haritalama Podu

Haritalama podları, insansız hava araçları (İHA) ve diğer hava araçlarına entegre edilen bir sensör pakettir ve yeryüzünün yüksek çözünürlüklü haritasını oluşturmak için kullanılır. Haritalama podları, birçok farklı sensör ve sistem içerir. Bunlar arasında yüksek çözünürlüklü kameralar, lazer tarama sistemleri, radarlar, termal kameralar ve GPS cihazları bulunur. Bu sensörler, hava aracı uçuşu sırasında çevreyi tarar ve yüksek çözünürlüklü görüntüler, 3D modeller ve diğer verileri oluşturur.

Haritalama podu, geniş alanların hızlı ve doğru bir şekilde haritalanmasına olanak tanır ve bu da çeşitli sektörlerde verimliliği ve etkinliği artırabilir. Haritalama podları, doğal afetlerde, tarım, ormancılık, madencilik, enerji ve diğer birçok sektörde kullanılır. Bu podlar, tarım arazilerinin verimliliğini artırmak için ürün hasat ederken kullanılabilecek bilgileri sağlar veya madencilik endüstrisi için zemin topografyası ve mineral yataklarının yerlerinin belirlenmesinde yardımcı olur. Ayrıca, haritalama podları, altyapı geliştirme, çevre koruma, arazi yönetimi ve güvenlik gibi birçok alanda da kullanılabilmektedir.

Deprem sonrası hasar gören bölgelerde haritalama podları kullanılarak havadan yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilir. Bu görüntülerde, yıkılan veya hasar gören yapılar, yollar, köprüler ve diğer altyapı unsurları tespit edilebilir. Bu veriler, afet yönetimi ekiplerine hasarın boyutunu ve hangi bölgelerin öncelikli olduğunu belirlemede yardımcı olur. Ayrıca, haritalama podları deprem sonrası çökmüş veya kapanmış yolların ve köprülerin tamir edilmesi için yapılması gereken tespitlerde de kullanılabilir. Bu cihazlar sayesinde, onarım çalışmaları için gerekli olan veriler elde edilerek, çalışmaların planlanması ve yönlendirilmesi daha verimli hâle getirilebilir.



Şekil 20: Haritalama Podu^[71].

6.1.1.7 Duvar Arkası Radar

Duvar Arkası Radar (DAR), Ultra Geniş Bant (UGB)'ta Radyo Frekans (RF) sinyallerini kullanarak görsel erişim imkânının olmadığı, kapalı mekânlarda bulunan sabit ve hareketli hedef unsurlarına ait konum bilgilerini iki boyutlu olarak elde etmek için kullanılan bir radar sistemidir. Bu teknoloji, bir radar anteni tarafından gönderilen elektromanyetik sinyallerin duvar yüzeyinde yansıması ve ardından geri dönüş sinyallerinin alınması yoluyla çalışır. DAR sistemi, elde kullanılabilecek şekilde tasarlanmış olup, tripod ve benzeri araçlar yardımıyla hedef bölgeye yerleştirilerek tablet ile uzaktan kumanda edilebilme özelliğine de sahiptir^[72].

DAR; rehine kurtarma, terörle mücadele ve iç güvenlik operasyonları gibi askeri senaryoların yanı sıra, deprem, çığ, yangın gibi çeşitli afetler sonrası kurtarma operasyonları, insan ticareti ve göçmen kaçakçılığı ile mücadele gibi sivil amaçlar için de kullanılabilmektedir.

Deprem gibi bir doğal afette acil durum ekipleri, yıkılan binaların altındaki insanları tespit etmek veya binalardaki yangınların yerini belirlemek için duvar arkası radarından yararlanabilirler. Ayrıca, duvar arkası radarı ile duvarların içindeki kablo veya boruları tespit edilebilir veya bir binanın taşıyıcı yapısının durumu incelenebilir. Bu tür bilgiler, inşaat projelerinin daha verimli bir şekilde planlanmasına ve gerçekleştirilmesine yardımcı olabilir.



Şekil 21: Duvar Arkası Radar.

Kahramanmaraş merkezli depremlerde Keşif, Gözetleme ve Görüntüleme Sistemleri kapsamında sağlanan yerli ve milli çözümler aşağıda sıralanmıştır:

● DAR Cihazı

STM tarafından yerli imkânlarla üretilen Duvar Arkası Radar (DAR) cihazı, deprem bölgesindeki arama kurtarma çalışmalarında etkin rol üstlenmiştir. Duvar ya da başka bir engelin arkasında bulunan canlıların nefes alıp vermesinden, minimal göğüs kafesi hareketlerinden, el veya ayak parmağı hareketlerinden yerini tespit eden DAR, ilk kez kullanıldığı Hatay'ın Antakya ilçesinde tespit ettiği yön ve metraj bilgileriyle afetzedelerin kurtarılmasını sağlamıştır^[73].

STM ekibi tarafından deprem bölgelerinde yürütülen çalışmalarda, İstanbul İtfaiyesi, İGDAŞ, Denizli İtfaiyesi, TSK Doğal Afetler Arama Kurtarma Tabur Komutanlığı, Özbek Arama Kurtarma Ekibi, Türkiye Taşkömürü Kurumu Madencileri gibi kamu kurum kuruluşları ile STK'lar ve diğer gönüllü ekipler ile birlikte görev alınmış, bu faaliyetler kapsamında birçok canlı teması DAR cihazı ile gerçekleşmiş ve kurtarma ekiplerine yön ve mesafe bilgisi verilmiştir. Yapılan kurtarma çalışmalarında ise biri yedi aylık bebek olmak üzere 50'den fazla vatandaşımızın canlı olarak kurtarılması sağlanmıştır.



Şekil 22: STM-DAR görseli.

TEKNİK ÖZELLİK	DEĞER
Teknoloji	Ultra Geniş Bant (UGB)
Nüfuz Edilebilen Duvar ve Malzeme Türleri	Tuğla, alçıpan, ahşap, plastik, kartonpiyer, beton vb.
Tespit Kabiliyeti	Hareketli veya sabit konumdaki insan hareketleri
Batarya ile Operasyon Süresi	Yaklaşık 4 saat
Ağırlık	6.5 kg
Maksimum Tespit Menzili	22 metre
Güç Besleme	Değiştirilebilen ve Şarj edilebilir Batarya
Sertifikalar	TS EN 60068-2-61 (-20 °C ve +50 °C) , IP66

Tablo 1: STM-DAR teknik özellikleri.

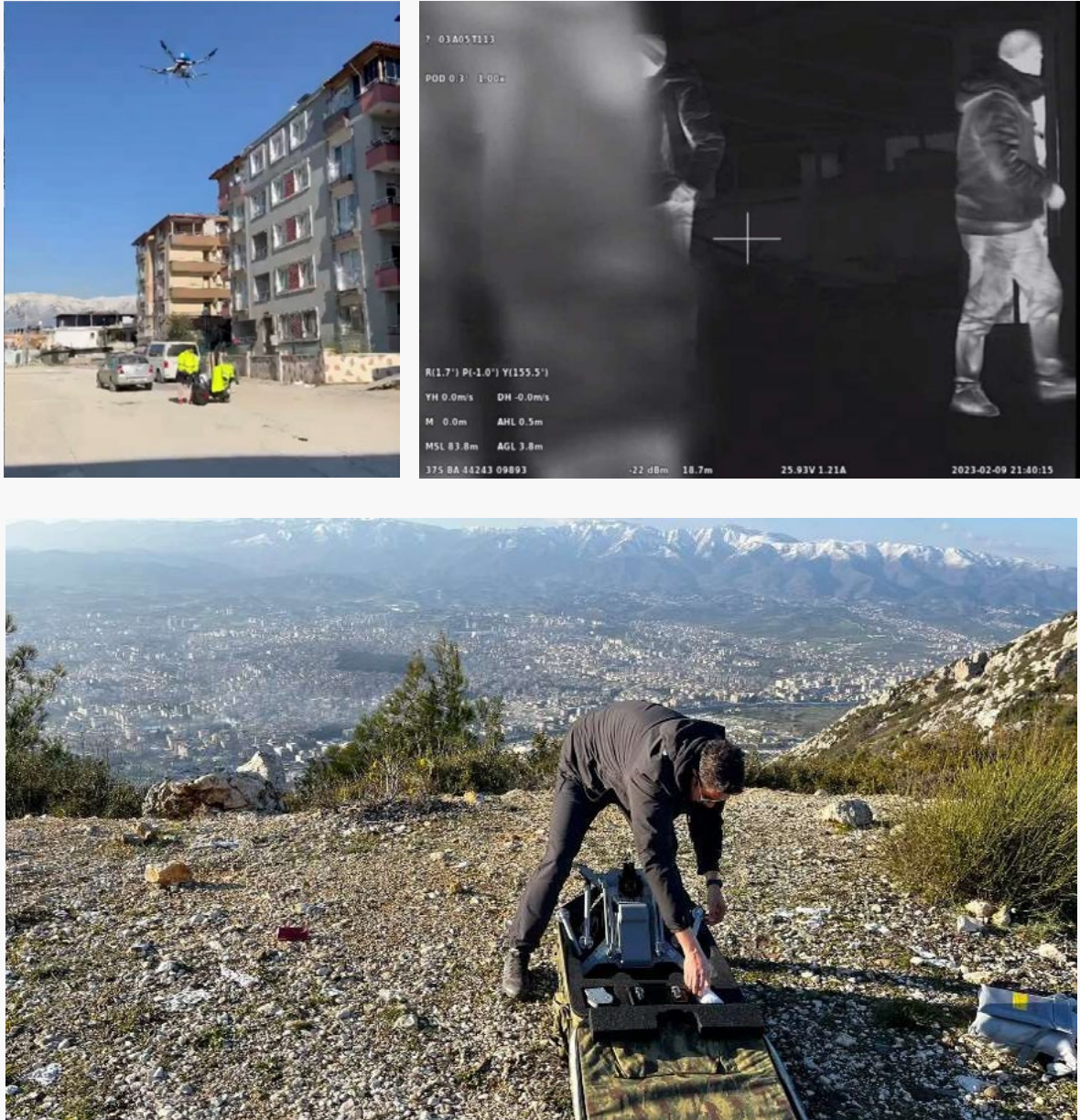


Şekil 23: STM'nin Duvar Arkası Radar teknolojisi Kahramanmaraş merkezli depremlerde kullanılmıştır^[73].

● KARGU

KARGU tek personel tarafından taşınabilen, görüş içi ve görüş ötesi hedefleri tespit ve imha etme kabiliyetine sahip, taşınabilir döner kanatlı milli vurucu İHA çözümüdür. KARGU platformu, görev bilgisayarı marifetiyle tamamen otonom şekilde seyrüsefer icra etme ve operatöre sabit veya hareketli hedeflerin tespit edilmesi ve teyidini sağlayarak kullanıcı personele keşif, gözetleme imkânı sağlamaktadır. KARGU sistemi, görev iptali ve eve dönüş fonksiyonları sayesinde tekrar kullanılabilir. Sistem, elektro optik ve kızılötesi kameraları vasıtasıyla gece ve gündüz görev yapabilme kabiliyetine sahiptir^[74].

STM çözümü Türk Silahlı Kuvvetleri ve yabancı ülkelerin envanterinde yer alan KARGU, Hatay deprem bölgesinde Hatay İl Jandarma Komutanlığı koordinasyonunda görüntü alma ağırlıklı faaliyetlere destek olmuştur. Hatay'da çeşitli lokasyonlarda (meskûn mahal, Antakya Kalesi vb.) KARGU ile görüntü alma faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. KARGU ile (elektro optik ve termal podlu) yapılan canlı uçuşlar ile alınan gerçek zamanlı görüntüler yetkililere aktarılmıştır. Üç adet elektro optik kameralı KARGU İHA ile gündüz uçuşları, iki adet termal kameralı KARGU İHA ile gece uçuşları yapılmış ve gece kontrolü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 24: KARGU ile Hatay'da meskûn mahal görüntü alma ve termal pod görüntüleme faaliyetleri.

● EKS-2WX Yaka Kamerası ve Mikro Termal Kameralar

Yüksek video çözünürlüğü ile kaydetme imkânı sunan ASELSAN EKS-2WX yaka kameraları depremin hemen ardından afet bölgesine gönderilmiştir. Bu kameralar Jandarma Genel Komutanlığı personeli tarafından güvenliği sağlama faaliyetlerinde aktif olarak kullanılmıştır. Bölgedeki personele 4.000'den fazla yaka kamerası dağıtılmıştır. Yaka kameraları, aparatları ile güvenlik güçlerinin kıyafetlerine takılarak kullanılmıştır. Böylece olaylara müdahale edilirken aynı zamanda görüntü alınmasına olanak sağlanmıştır.

Yaka kameralarına takılabilen mikro termal kameralar ile arama kurtarma faaliyetlerine katılan personelin ısı farklarını tespit etmelerine yardımcı olunmuştur. Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma için geliştirilen giyilebilir kameralara mikro termal kameraların uyumlandırılması için gereken yazılım ASELSAN tarafından hazırlanarak termal kameralar kullanıma alınmıştır^[75].

● Güneş Enerjili Yerli Kamera Sistemi (GÜKAS)

ASELSAN afet bölgesinde enerji ihtiyacının hızla karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji beslemeli, taşınabilir gözetleme, görüntü aktarımı ve enerji sistemi olan GÜKAS ürünlerini İskenderun Teknik Üniversitesi arazisinde konuşlu Afet Koordinasyon Merkezinin kullanımı için bölgeye sevk etmiştir.

3,5 kVA jeneratör desteği de bulunan sistem, güneş enerji panelleri ve akü grubu ile kesintisiz enerji sağlamaktadır. GÜKAS üzerindeki kamera sistemleriyle istenildiğinde görüntü aktarımı da yapılabilmektedir^[75]. İlave enerji kaynağına gerek duymadan 15 km'ye kadar kablosuz görüntü aktarabilen sistemler ile Güneş Enerjili Yerli Kamera Sistemi (GÜKAS) ulaşımı sıkıntılı bölgelerde gözetleme ve asayişin sağlanması konusunda kullanılmıştır^[76]. İNDES Mühendislik ve ASELSAN işbirliği ile geliştirilen GÜKAS, hem askeri ve hem de sivil uygulamalarda kullanılabildiği gibi, elektrik kesintisi hâlinde 40 gün çalışabilmektedir^[77].



Şekil 25: ASELSAN GÜKAS^[77].

Kahramanmaraş merkezli deprem felaketi sonrasında BAYKAR üretimi İHA'lar, ilk günden itibaren deprem bölgesinde destek faaliyetlerine katılmıştır. Deprem bölgesinde arama kurtarma, güvenlik, koordinasyon ve hasar tespit çalışmalarına destek amacıyla dokuz adet Bayraktar Akıncı ile sekiz adedi Baykar Hızlı Haritalama Podu entegreli 42 adet Bayraktar TB2 İHA, 4 Mart 2023 günü itibarıyla toplam 2.417 saatin üstünde görev uçuşu icra etmiştir^[78].

● Bayraktar Akıncı İHA

Bayraktar Akıncı İHA, kendine özgü bükümlü kanat yapısıyla 20 metrelik bir kanat açıklığına sahip ve çok sayıda milli akıllı mühimmat taşıyabilmektedir. Akıncı ayrıca yapay zekâ sistemi sayesinde, çevresel koşulların farkında olarak, kullanıcılarına ileri uçuş ve teşhis fonksiyonları sunmaktadır. Taşıdığı elektronik destek podu, uydu haberleşme sistemleri, hava-hava radarları, engel tespit radarı, Sentetik Açıklıklı



Şekil 26: Bayraktar Akıncı kamerasından depremin ilk üç günü^[80].

Radar (SAR) gibi faydalı yüklerle görev yapabilmektedir. Ülkemizde geliştirilen hava-hava füzeleriyle donatılan Akıncı, hava-hava görevlerinde de kullanılabilmektedir^[79].

Bayraktar Akıncı İHA'lar depremin ilk günü tespit, arama kurtarma desteği ve koordinasyon faaliyetleri için görev uçuşu gerçekleştirmiştir. Depremin ilk günü olan 6 Şubat 2023 Pazartesi günü yağış ve bulutluluk yaşanırken deprem bölgesinden görüntü alınabilmıştır.

● Bayraktar TB-2 İHA

Baykar tarafından geliştirilen Bayraktar TB-2 İHA Platformu, yer kontrol istasyonu, yer veri terminali, uzak görüntü terminali, ileri üs ve jeneratör ile römork modüllerinden oluşur. Bayraktar TB-2, keşif ve istihbarat görevleri için orta irtifa-uzun havada kalış süresi sınıfına giren (MALE) insansız hava aracıdır. Üç yedekli aviyonik sistemleri ve sensör füzyon mimarisi ile tamamen otonom taksit, kalkış, iniş ve normal seyir kabiliyetine sahiptir^[81].



Şekil 27: Hızlı Haritalama Podu entegre edilmiş Bayraktar TB-2^[83].

Bayraktar TB-2 İHA, Hızlı Haritalama Podu ile geniş alanların haritasını çıkarma kapasitesine sahip olup, Kahramanmaraş merkezli depremlerde kullanılmış ve bölgedeki yıkımın etkilerinin ortaya çıkmasında aktif rol oynamıştır. Haritalama podu sayesinde binlerce kilometrekarelik yüksek çözünürlüklü (7 cm ve daha az) haritaları 24 saatlik bir süre içinde üretebilmektedir. Ayrıca haritalama podu, otomatik bir ardışık düzen içinde, her bir pikselin birkaç desimetre ile doğru bir şekilde coğrafi referansa sahip olduğu, ortorektifleştirilmiş haritalar sağlamak için veriyi işleyebilmektedir^[82].

9 Şubat 2023 itibarıyla Baykar Hızlı Haritalama Podu entegre edilmiş üç adet Bayraktar TB2 İHA, deprem bölgesindeki hasarın tespiti için havadan yüksek çözünürlüklü görüntü almaya başlamıştır.

● Kırlangıç İHA

ASELSAN ve Altınay Savunma ortaklığı ile kurulan DASAL Havacılığa ait İHA çözümleri deprem bölgesine gönderilerek arama kurtarma faaliyetlerine destek olunmuştur. Gönderilen İHA çözümleri; Kırlangıç ve Kargo 15 İHA sistemleridir^[84].

Kırlangıç İHA bir buçuk kg faydalı yük taşıma kapasitesi ve sekiz km'ye varan uçuş menziline sahiptir. Ayrıca basit, ergonomik ve operasyonel kullanımı sayesinde istihbarat, keşif ve gözetleme platformu olarak görev yapmaktadır.

● Çubuk/Yılan Kamera

T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı koordinasyonunda mağara ve bina aramalarında kullanılmak üzere geliştirilen çubuk kamera da diğer pek çok teknoloji gibi ilk kez Kahramanmaraş merkezli depremlerdeki arama kurtarma çalışmalarında kullanılmıştır^[85]. İnsansız kara aracı üreticisi Esetron tarafından üretilen ve Kara Kuvvetleri Komutanlığı, Özel Kuvvetler Komutanlığı ve Jandarma Genel Komutanlığı birliklerine teslim edilmesi planlanan 60'tan fazla çubuk kamera bölgede görevli güvenlik güçlerinin kullanımına sunulmuştur.



Şekil 28: Çubuk kamera^[85].

Esetron'un geliştirdiği çubuk kamera, oyuk, mağara içi, bina içi, havalandırma boruları vb. ortamlarda kullanılmak için 11 m uzunluğunda eklemli ve esnek olarak tasarlanmıştır. İnce yapısı sayesinde dar yerlerden geçebilen kamera kızılötesi aydınlatma sayesinde de karanlık ortamlarda daha iyi görüntü elde edebilmektedir. Kamerayı barındıran eklem el terminali aracılığı ile sağa ve sola en az 60 derece

hareket edebilmektedir^[86]. Kara Kuvvetleri Doğal Afet Kurtarma Tabur Komutanlığı bünyesindeki sekiz ayrı tim, verilen kullanıcı eğitimi sonrasında çubuk kamerayı doğal afet alanında kullanmıştır. Ayrıca Jandarma Arama Kurtarma, Doğal Afet Kurtarma birlikleri ve AFAD görevlilerine de söz konusu kameralarla arama kurtarma çalışmalarında ilave kabiliyet kazandırılmıştır^[85].

● BAHA İHA

Deprem bölgelerinde arama kurtarma ve asayişin sağlanması gibi konularda HAVELSAN tarafından geliştirilen ve üretilen bulut altı dikey iniş kalkışlı İHA sistemi olan BAHA ve POYRAZ görev almıştır. İHA'lar özellikle köylerde ve dağlık bölgelerde keşif-gözetleme görevleri yaparak, aldıkları görüntüleri bölgedeki koordinasyon merkeziyle paylaşmıştır.

Olumsuz hava koşulları nedeniyle İHA'larla görüntü almanın zorlaştığı anlarda bulut altı uçuş yapma özelliğiyle görüntü ihtiyacını karşılayan BAHA, ulaşımın mümkün olmadığı yerleşim yerlerine ilişkin ilk bilgilerin alınmasını sağlamıştır. Bununla birlikte, dikey iniş-kalkış (VTOL) kabiliyeti olduğu için bir piste ihtiyaç duymayıp, farklı saha ve arazi koşullarında görev alabilmektedir^[87].

BAHA, tam otonom görev kabiliyeti, farklı faydalı yüklerin entegre edilebildiği modüler mimarisi ile diğer insansız sistemlerle ortak görev yapabilmektedir. 80 km menzile sahip olan ve 15.000 ft yükseklikte görev yapabilen BAHA'nın havada kalış süresi benzin motoruyla altı saate, elektrik motoruyla iki saate çıkabilmektedir. BAHA'nın görev alanları içinde takip, tespit, alan koruma, istihbarat, petrol ve doğalgaz hatlarının güvenliği, kaçakçılık, terörle mücadele, asayiş, narkotik bitki tespiti, afet sonrası değerlendirme, sintine tespiti ve haritacılık faaliyetleri yer almaktadır^[88].

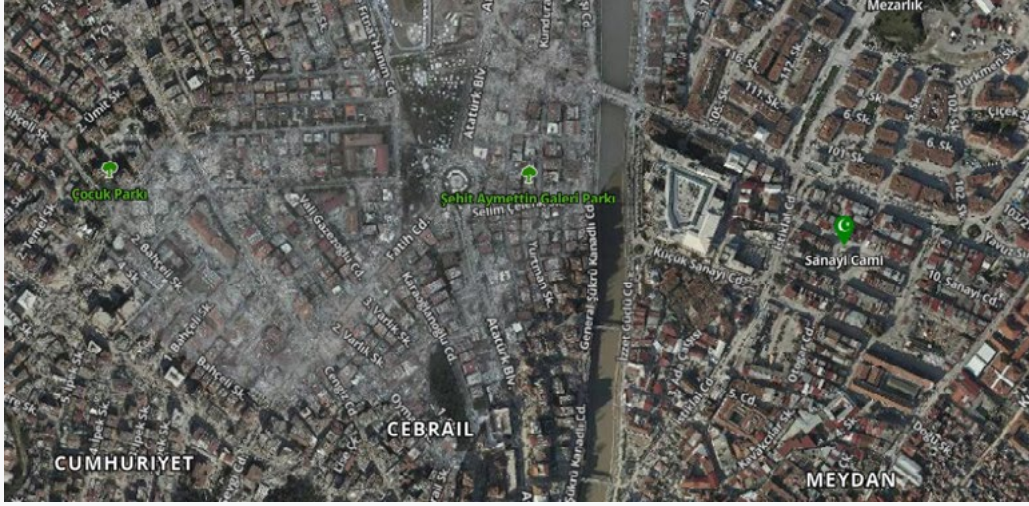
BAHA İHA, 3,7 m'lik kanat açıklığı ile 5 kg'a kadar faydalı yük taşıyabilmektedir. Sistem, iki kişi tarafından kurulup tek kişi tarafından işletilebilir nitelikte tasarlanmıştır^[89].



Şekil 29: HAVELSAN tarafından geliştirilen ve üretilen İHA sistemleri^[87].

● Göktürk Uyduları

Kahramanmaraş'ta dokuz saat arayla yaşanan iki yıkıcı depremin ardından kullanılan teknolojiler arasında uydu teknolojileri de bulunmaktadır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, karadan yaptığı çalışmaların yanı sıra, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü koordinasyon merkezinden yürüttüğü çalışmalarla şehirlerin önceden oluşturulan üç boyutlu dijital ikizlerini, İHA'lardan ve Göktürk uydularından alınan görüntülerle karşılaştırarak ön hasar tespit çalışmaları yapmıştır. Dijital ikiz teknolojisiyle hasar gören binaların kadastro ve Mekânsal Adres Kayıt Sistemi'ndeki (MAKS) numarataj ve nüfus verileriyle sisteme eklenen ihbar verileri eşleştirilerek, Bakanlığa ait ATLAS sistemine entegre edilmiş ve bu sayede yıkık binalarda ikamet eden kişi sayısına depremde görevli ekiplerce erişilebilmiştir^[90].



Şekil 30: ATLAS sistemi üzerinde Hatay'a ait görüntü^[91].

● Proton Elic RB-I M-4

Assuva Savunma Sanayi A.Ş. tarafından yerli ve milli imkânlarla üretilen Proton Elic RB-I M-4 yeraltı görüntüleme ve tespit cihazı, depremler sonrası jandarma ve sivil kullanıcılar tarafından aktif şekilde kullanılmıştır. Operasyonlarda, yer yüzeyinin altındaki tünel, sığınak ve depoların tespiti için kullanılan yeraltı görüntüleme cihazı; depremlerde enkaz altında kalanların yer tespitinde önemli rol oynayarak birçok insanın canlı olarak kurtarılmasına vesile olmuştur^[92].

Tamamen dijital sensörlere sahip cihaz, toprak altı ve sualtı 50 metre derinlik ve 1 kilometre menzili olan canlı cansız unsurları tespit etmekte kullanılmıştır^[93]. Thermal sensörleri 64 pxs özelliğe sahip cihazın, dijital veri işleme ve tanımlaması yüksektir. Çok kirli bir alandan örneğin; atık metallerin olduğu alanlarda tarama yaparken rahat ve pürüzsüz görüntü alınabilir^[94].



Şekil 31: Assuva Savunma Sanayi A.Ş.'ye ait Proton Elic RB-I M-4^[94].

● ANKA-S İHA

Türk Hava Kuvvetleri envanterindeki TUSAŞ ANKA-S İHA'lar deprem bölgesinde keşif, tespit ve arama kurtarma çalışmalarının koordinasyonu için aralıksız görev yapmıştır^[95].

ANKA gelişmiş orta irtifa uzun havada kalıslı insansız hava aracı, bulundurduğu yüksek teknoloji faydalı yükleri ile tüm hava keşifleri, hedef tespit/tanımlama ve istihbarat misyonlarında gece gündüz koşullarında görev yapmakta olup, otomatik iniş-kalkış da dahil otonom uçuş özelliklerine sahiptir. Ayrıca, görüş hattı ötesi haberleşmeyi sağlayan uydu haberleşme sistemi ile donatılmıştır^[96].



Şekil 32: TUSAŞ ANKA-S İHA^[96].

6.1.2 Muhabere Sistemleri

6.1.2.1 Entegre Muhabere Bilgi Sistemleri

Günümüzde haberleşme teknolojileri; savaş alanında taktik ve stratejik muhabere, günlük haberleşme gereksinimlerinin karşılanması ve kamusal endüstriyel hizmetleri desteklemek amaçları ile kullanılmaktadır. Ayrıca kamu güvenliği ve acil yardım görevlerine yönelik polis, jandarma gibi kolluk kuvvetleri ve itfaiye, ambulans ve arama kurtarma ekipleri gibi sosyal hizmetlerin hızlı, etkin, entegre ve verimli şekilde yapılabilmesinin gereği olarak da öne çıkmaktadır^[48].

Entegre Muhabere Bilgi Sistemleri (EMBS), birimler arasında bilgi paylaşımını ve koordinasyonu kolaylaştırmak için tasarlanmış iletişim sistemleridir. EMBS, yer tabanlı iletişim sistemleri, uydu iletişim sistemleri, haberleşme cihazları ve veri ağı bileşenlerini entegre eder. Deprem sonrası müdahalelerde afet yönetimi merkezleri, kurtarma ekipleri, sağlık hizmetleri, güvenlik güçleri ve diğer ilgili birimler arasında bilgi paylaşımını ve koordinasyonu sağlamak için kullanılabilir. EMBS, acil durumlarda bilgiye hızlı bir şekilde erişmeyi ve hızlı karar verilmesine yardımcı olarak kurtarma çalışmalarının daha etkili bir şekilde yönetilmesini sağlayabilir. EMBS, afet sonrası toplanan verileri bir araya getirerek, analiz ederek ve raporlayarak, kurtarma çalışmalarının daha etkili bir şekilde yönetilmesine yardımcı olabilir. EMBS ayrıca, sahadaki ekiplerin konumunu izlemek, iletişim hatlarını yönetmek, acil durum mesajlarını yayınlamak ve afet sonrası çalışmalarda gerekli olan diğer işlemleri gerçekleştirmek için kullanılabilir.

6.1.2.2 Mobil Baz İstasyonları

Mobil baz istasyonları, mobil iletişim ağlarında kullanılan ve kablosuz iletişim sinyallerini iletmek ve almak için kullanılan cihazlardır. Mobil baz istasyonları, mobil operatörler tarafından yönetilen ve bir araya getirilen bir dizi bileşenin entegrasyonu ile oluşur. Bu bileşenler arasında antenler, verici-verici üniteleri, alıcı-verici üniteleri, işlemciler, güç kaynakları ve kontrol cihazları bulunur. Mobil baz istasyonları, genellikle kamyon, karavan ve römork gibi araçlara entegre edilmektedir.

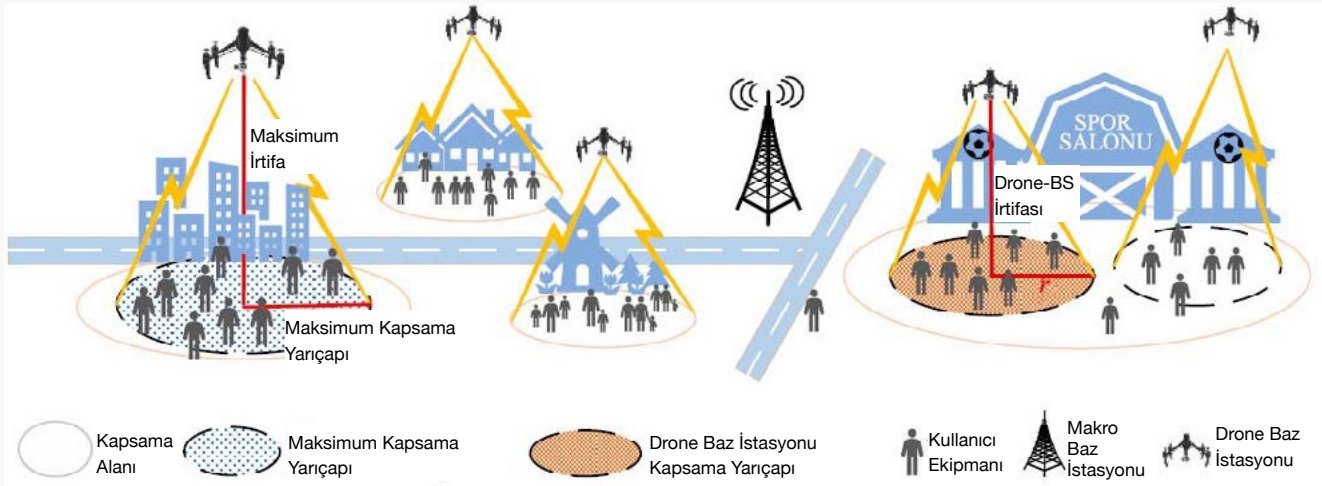
Mobil baz istasyonları deprem gibi bir afetin ardından iletişim altyapısının çöktüğü durumlarda hasar gören veya yok olan sabit baz istasyonlarının yerini alarak, geçici bir iletişim ağı kurabilirler. Hayati öneme sahip iletişim hizmetlerini sağlamak, kurtarma çalışmalarını yönetmek, yardım faaliyetlerini koordine etmek, insanların durum ve konumlarını öğrenmek ve kayıp kişileri bulma konularında önemli bir rol oynayabilirler.



Şekil 33: Mobil baz istasyonu^[97].

Afetlerde kritik rol oynayan iletişim ağlarını tekrar kullanabilmek için tüm dünyada uzun zamandır çeşitli araştırmalar yürütülmektedir. Bu çalışmaların başında, afet nedeniyle çöken karasal baz istasyonları nedeniyle aksayan cep telefonu iletişim hizmetlerinin İHA'lara yerleştirilen baz istasyonları aracılığıyla kesintisiz olarak tekrar tesis edilmesi gelmektedir.

İHA'ların kablosuz iletişimde mobil baz istasyonları olarak kullanılması, afet yönetim sürecine çok ciddi katkı sağlamaktadır. Zira hücresel ağın devre dışı olduğu afet durumlarında altyapının yeniden inşa edilerek karasal baz istasyonlarının kurulması hem zaman hem de yüksek maliyet nedeniyle mümkün olmamaktadır. Ortamdaki hücresel ağların afet koşullarından dolayı zarar görmesi durumunda ya da çok yoğun veri trafiği nedeniyle yaşanan ağ sıkışıklığını gidermede İHA baz istasyonları hızlı şekilde mobilize olarak hizmetin devamlılığını sağlamalıdır^[98].



Şekil 34: Çoklu İHA baz istasyonlarının üç boyutlu yerleşimi ve farklı irtifalardaki kapsama alanları^[98].

İHA baz istasyonlarını kullanmanın avantajları uzaktan kontrol edilebilmeleri ve bu sayede afet durumlarındaki tehlikeli ortamlarda otonom olarak hızlı dağılımlarının yapılabilmesidir.

İHA baz istasyonlarının etkinliğini gösteren bir akademik çalışmada; herhangi bir ortamda bulunan Wi-Fi sinyal güçlerinin artırılması amacıyla gerçekleştirilmiş ve bu ortama, İHA'ya entegre hareketli bir

Wi-Fi çoğaltıcı konumlandırılarak afetlerde iletişimin daha hızlı ve daha kolay nasıl gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. Araştırmanın sonuçları değerlendirildiğinde; İHA uçurulan bölgelerde bilgisayar internet gücünde yaklaşık iki kat, telefon internet gücünde ise yaklaşık olarak 23 kat sinyal artışı gözlenmiştir^[99].

Söz konusu çalışmada, yaşanan bir deprem sonucunda baz istasyonunun çöktüğü, dolayısıyla yardım çağırısı iletilmeyen bir senaryo kurgulanmıştır. Böyle bir senaryoda, Wi-Fi çoğaltıcı İHA ile müdahale edilebilmekte ve çevredeki ana kaynak modemlerden alınan sinyaller belirli aralıklarla konumlandırılan İHA'lar sayesinde yükseltilerek o anda bölgede olan yardım ekiplerine güçlü sinyaller verilebilmektedir.



Şekil 35: Deprem senaryosu modellemesi^[99].

Güçlendirilen sinyaller sayesinde telefon veya tablette yer alan diğer uygulamalardan arama yapılabilir veya deprem bölgesinin fotoğrafları çekilerek yardım ekiplerine ya da ana merkeze gönderilebilir. Ayrıca enkaz altında kalan kişi hareket edebiliyorsa göçük altındaki ortamın fotoğraflarını çekerek yardım isteyebilir. Bu sayede depremin ne kadarlık bir alana etki ettiği tespit edilerek yardım edecek kurum ya da kuruluşun araç ve çalışan sayısını belirlemesi sağlanabilir. Bu olanaklar sonucu hızlıca sağlanabilecek ilk yardımla çok daha fazla sayıda kişinin sağ olarak kurtarılması mümkün olabilir^[99].

6.1.2.3 Uydu Haberleşme Sistemleri

Haberleşme uyduları, yörüngede dönen yapay uydulardır ve iletişim ve haberleşme işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılırlar. Haberleşme uyduları, genellikle, dünya yüzeyindeki veri, ses ve görüntü sinyallerini birbirine bağlamak veya uydu telefonu, televizyon yayını, internet, uzaktan algılama, askeri iletişim ve meteorolojik gözlemler gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır.

Haberleşme uyduları, dünya yüzeyindeki verileri toplamak, işlemek ve depolamak için çeşitli antenler ve alıcı-vericilerle donatılmıştır. Diğer yandan, kara veya deniz konumlu uydu haberleşme terminalleri, uydu üzerinden haberleşme yapabilen cihazlardır. Bu cihazlar, uydu sinyallerini alır ve iletim için uygun frekansları kullanarak veri, ses veya video gibi iletişim sinyallerini uyduya gönderir. Uydu haberleşme terminalleri, uydu haberleşme sistemleri için gerekli olan yüksek doğrulukta antenler, sinyal işleme ve veri kodlama özellikleri gibi unsurlarla donatılmıştır.

Uydu haberleşme sistemleri, yüksek hızlı veri iletimi, geniş kapsama alanı, düşük gecikme süresi ve yüksek güvenilirlik gibi avantajları nedeniyle, dünya genelinde iletişimde önemli bir rol oynamaktadırlar.

Dünyada 800'den fazla mobil operatörü olmasına rağmen şebekeleri yeryüzünün yüzde 90'ını kapsamamaktadır. Üstelik doğal felaketlerde bu şebekeler altyapının zarar görmesi veya kullanıcılarının aşırı yüklenmesi sonucu hizmet dışı kalabilmektedir. Kullanıcıların doğrudan uydu bağlantısı kurabilmesi hem cep telefonu şebekelerinin kurulum maliyetini azaltmakta hem de kırsal alanlar veya ücra bölgelerde yaşayan dezavantajlı grupları mobil iletişime kavuşturmaktadır^[100].

Haberleşme uyduları, haberleşme altyapısının olmadığı veya zayıf olduğu bölgelerde, acil durumlarda, felaketlerde ve askeri operasyonlarda da kullanılmaktadır. Bu uydular ayrıca, havacılık ve denizcilik sektörlerinde de kullanılmaktadır ve uçaklar ve gemiler arasındaki iletişimde büyük bir rol oynamaktadırlar.

Depremlerde, haberleşme altyapısı genellikle hasar görmekte veya tamamen yok olmaktadır. Bu nedenle, deprem sırasında, iletişim kurmak ve acil durum hizmetlerini sağlamak için haberleşme uyduları çok faydalı olabilmektedir.

Haberleşme uyduları, deprem sonrasında kurtarma çalışmalarında da kaybolan kişilerin bulunmasında, acil tıbbi yardımın sağlanmasında, gıda ve su dağıtımı gibi insani yardım faaliyetlerinde önemli bir rol oynayabilirler. Ayrıca, depremde hasar gören yerleşim birimlerindeki insanların, yakınlarının durumunu öğrenmek için haberleşme uydularından faydalanmaları da mümkündür.

Kahramanmaraş merkezli depremlerde Muhabere Sistemleri kapsamında sağlanan yerli ve milli çözümler aşağıda sıralanmıştır:

● **Jandarma Entegre Muhabere ve Bilgi Sistemi (JEMUS)**

Kahramanmaraş merkezli depremlerde ASELSAN tarafından tesis edilen Jandarma Entegre Muhabere ve Bilgi Sistemi (JEMUS) altyapısında yer alan 9 şiddetinde depreme dayanıklı 93 adet telsiz tekrarlayıcı merkez ile kesintisiz haberleşme sağlanmasına katkı sağlanmıştır.

JEMUS Telsiz altyapısı, ses haberleşmesinin yanı sıra araç ve personelin konum bilgilerini de harita üzerinde göstermektedir. Bu sayede arama kurtarma birlikleri ve ambulanslar koordine edilmekte ve ihtiyaç duyulan bölgelere hızla sevk edilebilmektedir. Sistemin Ankara'da bulunan Harekât Merkezi, operasyon ve koordinasyonları yürütmek amacı ile JEMUS üzerinden deprem bölgesinde bulunan tüm iller ile görüşebilmektedir^[101].

Daha önce yaşanan 19 Mayıs 2011 Kütahya Simav depremi, 24 Mayıs 2014'te Ege Denizi'nde meydana gelen 6.5 şiddetindeki Çanakkale depremi, 26 Eylül 2019'daki İstanbul merkezli deprem ve 31 Mart 2015'te ülke genelinde yaşanan enerji altyapısı kesintisi gibi pek çok durumda hizmet veren JEMUS Sistemi, depremin ilk dakikalarından itibaren Jandarma Genel Komutanlığı, AFAD ve Sağlık Bakanlığı başta olmak üzere kamu birimlerinin haberleşmesinde kullanılmıştır^[101].



Şekil 36: ASELSAN tarafından tesis edilen Jandarma Entegre Muhabere ve Bilgi Sistemi (JEMUS)^[101].

● **AKSUNGUR İHA**

TUSAŞ AKSUNGUR İHA arama kurtarma koordinasyon faaliyetlerinde, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) başta olmak üzere yetkili tüm kamu, kurum ve kuruluşlara havadan anlık görüntü aktarmıştır. Ayrıca, üzerindeki baz istasyonu ile bölgedeki vatandaşlara cep telefonu iletişim hizmeti sunmakta etkin şekilde kullanılmıştır^[102].



Şekil 37: AKSUNGUR İHA kamerası ile deprem bölgesi görüntüleri^{[106], [107]}

AKSUNGUR İHA için geliştirilen yeni kabiliyetlerden biri olan baz istasyonu ile iletişim desteği Türkiye’de ilk kez Kahramanmaraş merkezli deprem bölgesinde kullanılmıştır^[97]. TURKCELL-TUSAŞ işbirliği ile yürütülen Ar-Ge projesi sonrası hayata geçen AKSUNGUR İHA’ya baz istasyonu entegrasyonu hayata geçirilerek depremde iletişim desteği sağlanmıştır^[103].

SSB Başkanı Prof. Dr. İsmail Demir, Twitter hesabı üzerinden, “Operasyon bölgelerinde kesintisiz iletişim için geliştirmekte olduğumuz teknoloji, uygulamayı ilk kez afet bölgesinde gerçekleştirdi. AKSUNGUR İHA hem anlık görüntü aktarıyor hem de üzerindeki baz istasyonu ile bölgedeki vatandaşlarımıza cep telefonu iletişim hizmeti sunuyor” açıklaması yapmıştır^[104].

Deprem bölgelerine mobil baz istasyonları sevk edilse de kara konuşlu istasyonlar bazı yerlerde hava koşulları veya coğrafi koşullar sebebiyle kapsama alanı dışında kalabilmektedir. Bu nedenle AKSUNGUR’da olduğu gibi hava konuşlu bir istasyon, coğrafi koşullardan en az etkilenecek şekilde kapsama alanının dışındaki aciliyeti olan bölgelere hızlıca intikal ederek iletişimi sağlayabilmektedir^{[102], [105]}.

Orman Genel Müdürlüğü envanterindeki bir adet AKSUNGUR, 2021’in Haziran ayında Adana’daki orman yangınlarında 60 saat boyunca gözetleme uçuşu yaparak ilk defa bir doğal afette kullanılmıştı^[108]. TUSAŞ ANKA platformundan yola çıkarak geliştirilen, çok rollü istihbarat, gözetleme, keşif ve taarruz görevleri gerçekleştirme kapasitesine sahip AKSUNGUR İHA, sahip olduğu SAT-COM faydalı yükü ile görüş hattı ötesi operasyon esnekliği sağlamaktadır.

AKSUNGUR İHA; gündüz/gece istihbarat, gözetleme, keşif ve taarruz görevlerini Elektro Optik/İnfrared (EO/IR), Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) ve Sinyal İstihbaratı (SIGINT) faydalı yükleri ve çeşitli havadan yere silahlarla görev icra eden orta irtifa, uzun havada kalışlı bir İHA Sistemidir. AKSUNGUR 25.000 feet irtifaya kadar uzun süreli operasyonlara imkân veren, iki adet çift turboşarjlı dizel motora sahiptir^[109].

AKSUNGUR İHA’nın bir başka özelliği de SAR podu ile donatılabilmesidir. AKSUNGUR İHA, MİLSAR veya SARDER gibi yerli SAR sistemleriyle donatılarak kötü hava koşullarında arama kurtarma faaliyetlerine katkıda bulunabilmektedir^[102].

● Uydu Haberleşme Terminalleri

TÜRKSAT A.Ş., depremin ilk gününden itibaren arama kurtarma faaliyetlerinde kullanılmak ve bölgedeki haberleşme ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla 800’den fazla uydu haberleşme terminalini ve 500 adet Wi-Fi erişim cihazını bölgeye sevk etmiştir^[110].

● Mobil Baz İstasyonları

Kahramanmaraş merkezli depremlerde dördü ULAK Haberleşme A.Ş.’ye ait olmak üzere Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı koordinasyonunda, Turkcell, Türk Telekom ve Vodafone operatörleri tarafından deprem bölgesine 400’ün üstünde mobil baz istasyonu gönderilmiştir^[111].

6.1.3 Enerji Depolama Sistemleri

Mevcut enerji kaynağının kesintiye uğraması durumunda oluşacak enerji ihtiyacını karşılamada, enerjinin depolanması hususu oldukça kritiktir. Enerji depolama sistemleri, elektrik enerjisinin depolanması ve ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilmesi için tasarlanmış cihazlardır. Doğal afetler, sabotaj, uluslararası ilişkilerde yaşanan sıkıntılar veya yetersiz planlama enerji kesintilerine neden olabilmektedir. Bu durumda işleyişin devam etmesinde en önemli rol depolanan enerjiye düşmektedir. Deprem sonrası enerji depolama sistemleri, acil durumlarda elektrik kesintileri ve enerji kaynaklarına erişim sınırlamaları nedeniyle ortaya çıkan enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir. Bu, binalara ve diğer yapısal bileşenlere güç sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca, tıbbi cihazlar gibi kritik cihazlar için de enerji sağlamak mümkündür. Enerji depolama sistemleri sabit ve taşınabilir olarak iki kategoride değerlendirilebilir.

Sabit enerji depolama sistemleri evler, işletmeler ve elektrik şebekelerinde kullanılan enerji depolama sistemleridir. Bu sistemler, enerji ihtiyacının yüksek olduğu saatlerde enerji talebini karşılamak için kullanılır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmasıyla birlikte, sabit enerji depolama sistemleri de bu kaynakların güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine yardımcı olmak için kullanılır. Taşınabilir enerji depolama sistemleri genellikle piller veya akülerdir. Örnekler arasında cep telefonu pilleri, dizüstü bilgisayar pilleri, elektrikli araç pilleri ve taşınabilir güç kaynakları (powerbank) yer alır. Bu sistemler, enerji ihtiyacını karşılamak için özellikle mobil ve portatif cihazlarda yaygın olarak kullanılır.

Deprem sonrası telekomünikasyon sistemleri için enerji kaynaklarına erişim sınırlı olabilir ve enerji depolama sistemleri, telekomünikasyon sistemleri için güç kaynağı olarak kullanılabilir ve iletişim



Şekil 38: Sabit enerji depolama sistemleri^[113].

sistemlerinin düzgün çalışmasını sağlayabilir. Depolanan enerji tükenmeden mevcut kaynağın yerine konulması da önemlidir. Bu gibi durumların ve olasılıkların çok iyi hesaplanması, olası kesinti sürelerine göre depolama sistemlerinin kurgulanması, işletmelerin veya cihazların kesintisiz faaliyet göstermesinin en önemli yoludur^[112].

Kahramanmaraş merkezli depremlerde Enerji Depolama Sistemleri kapsamında sağlanan yerli ve milli çözümler aşağıda sıralanmıştır:

● Sabit Enerji Depolama Sistemi (EDS)

Son depremlerde, ASPILSAN EDS üniteleri deprem sonrası kurulan çadır kentlerin enerji ihtiyacını karşılamak üzere bölgede yer almıştır. Üniteler, güneş ve şebeke enerjisini depolayarak kampın aydınlatma, ısıtma, şarj ve benzeri ihtiyaçları için kesintisiz enerji sağlamaktadır^[114].



Şekil 39: ASPİLSAN EDS.

ASPİLSAN EDS lityum iyon enerji depolama sistemi, güneşten aldığı enerjiyi depolayarak 220 V/ AC çıkış vermekte ve 400 W güneş paneli ile yedi saatte tam şarj olabilmektedir. Askeri alanda, doğa sporlarında, yatlarda, tarımda ve konutlarda EDS kullanılabilir. Tam şarjlı durumda iken üç adet aydınlatma lambası, telsiz, telefon ve bilgisayar şarjı için kullanıldığında sekiz saat kesintisiz enerji ihtiyacını karşılamaktadır^[115].

● Taşınabilir Enerji Depolama Sistemleri

ASPİLSAN deprem bölgesine ayrıca Mini EDS ve Telekomünikasyon Batarya Üniteleri göndermiştir^[116]. Mini EDS bir adet batarya paketi ve bir adet hibrid invertörden oluşan bir sistemdir. Büyük EDS üniteleri gibi güneş enerjisi ile şarj edilebilmektedir. Telekomünikasyon bataryaları ise telekomünikasyon sektöründe batarya ihtiyacı bulunan tüm sahalarda ve yüksek kapasite ihtiyacı bulunan tüm sistemler için kullanılabilir^[117].



Şekil 40: ASPİLSAN Mini EDS.

ASPİLSAN ayrıca, BB-2590 şarj edilebilir çok yönlü bataryalarını deprem bölgesindeki ihtiyaca binaen kullanılmak üzere göndermiştir^[118]. BB-2590 Batarya, yüksek enerji ve yüksek güç yoğunluğuna sahip, SMBus V1.1 haberleşme ve depolama sırasında düşük enerji tüketimi yeteneği olan, kompakt ve hafif yapısı ile sivil ve askeri standartlara uygun bir enerji depolama çözümü sunmaktadır^[119].



Şekil 41: ASPİLSAN Enerji BB-2590 Şarj Edilebilir Çok Yönlü Batarya^[118].

Diğer yandan, 2022 yılında lityum iyon pil üretimine başlayan ASPİLSAN bu yeni ürünleri taşınabilir şarj cihazı hâline getirerek deprem bölgesine ulaştırmıştır. İki adet lityum iyon pilden oluşan taşınabilir şarj cihazlarının (powerbank) toplam kapasitesi 5600 mAh'dir^[120].

● Güneş Enerji İstasyonları

Depremi ardından güneş enerjisi alanında faaliyet gösteren firmalar da ortaya çıkan enerji ihtiyacına destek için güçlerini birleştirmiştir. Teknopark Ankara'da faaliyet gösteren Sputek Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, 20 adet güneş enerjisi ile aydınlatma ve telefon şarjı sağlayan taşınabilir güç çantalarının tasarım ve üretimini depremden iki gün sonra tamamlayarak bölgeye intikal ettirmiştir. Güç çantaları, jandarma ve komando birliklerinin devriye gezerken gece boyu aydınlatma ve gün boyu telefon şarj ihtiyacının karşılanmasında kullanılmıştır. Sputek'in öncülüğünde kurulan toplam 25 güneş enerji istasyonundan her biri 3 kwp güneş paneli gücü, 3,5 kw inverter gücü, 10 kWh batarya gücü ile bölgede hizmete sunulmuş ve kurulan sistemlerle yaklaşık 5.000 kişinin elektrik ihtiyacının karşılandığı kaydedilmiştir^[121].

6.1.4 Ulaştırma Sistemleri

6.1.4.1 İnsansız Hava Araçları (İHA)

Geçmişte sadece keşif, gözetleme ve askeri amaçlarla kullanılan İHA'lar, son yıllarda gelişen teknoloji sayesinde maliyetlerinin düşmesi ve erişilebilirliklerinin artmasıyla, sivil hayatın neredeyse her alanında işlevsel hâle gelmiştir. İHA'ların en önemli özelliklerinden biri tehlikeli ve riskli görevlerde uzaktan komuta ile veya otonom olarak kullanılabilmesidir. Bu kapsamda İHA'ların, jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, uluslararası sınır devriyesi, keşif ve gözetleme, arama ve kurtarma, bilimsel araştırmalar, ziraat, madencilik, inşaat ve arkeoloji gibi birçok farklı kullanım alanı bulunmaktadır^{[28], [122]}.

Önceki bölümlerde belirtildiği üzere, İHA'lar özellikle doğal afetler sırasında ve sonrasında da büyük faydalar sağlamaktadır. Afetzedelerin yerinin belirlenmesinden hasar tespitine dek birçok alanda kullanılan İHA'lar yardım çalışmalarının ayrılmaz bir parçası hâline gelmiş durumdadır^[122].

Son yıllarda afet hasarını ve kayıplarını değerlendirmek için yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleme ve lazer tarama sistemleri geliştirilse de uydu sistemleri görüntü elde etmede ve verilerin dağıtımında zaman ve hava şartları gibi birçok kısıtlamaya sahiptir. Afet sonrasında bu kısıtlamalar ve altyapı hasarları uydularla bölgeden görüntü almayı zorlaştırmakta, dolayısıyla afet sonrası durumun analiz edilmesinde İHA'ların kullanılması daha fazla katkı sağlamaktadır. Ayrıca esneklik, güvenilirlik, kullanım kolaylığı ve düşük maliyet gibi unsurlar İHA'ların kullanımını daha cazip kılmaktadır^[28].

İHA'ların doğal afet uygulamalarındaki kullanımı aşağıdaki gibi kategorize edilebilir^[122]:

- Heyelan riski hesaplama,
- Heyelan sonrası hasar tespiti,
- Sel tahmini,
- Sel yayılım tahmini,
- Sel sonrası hasar tespiti,
- Yangın izleme,
- Yangın söndürme çalışmaları,
- Yangın yayılım tahmini,
- Deprem sonrası hasar tespiti,
- Doğal afet bölgesi anons ve yönlendirme faaliyetleri,
- Arama-kurtarma faaliyetleri,
- Koordinat hesaplama ve kazazede/afettede yer tespiti,
- Aydınlatma uygulamaları.

İHA sistemleri günümüzde birçok ülke tarafından yanardağ patlamaları, kasırga, hortum, sel ve nükleer santral kazalarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Deprem gibi yıkıcı doğal afetlerde taşıdıkları faydalı yükler sayesinde, bölgenin hasar düzeyinin belirlenmesinde; ulaşım ağının durumunun incelenmesinde; afet bölgesinin güncel haritalarının oluşturulmasında; geçici iletişim ağının kurulmasında; kurtarma, enkaz kaldırma ve yardım dağıtımı gibi afet sonrasındaki kritik yardım faaliyetlerinde İHA'lar yaşamsal bir rol oynamaktadır^[123].

Doğal afetlerde en önemli parametre zamandır. Deprem sonrası ilk 30 dakika içinde hayatta kalma oranı yüzde 91 iken ikinci günde bu oran yüzde 36,7'ye kadar düşmektedir. Bu nedenle İHA'ların hızlı veri elde edebilme ve otonom uçuş yetenekleri sayesinde afet bölgelerindeki etkisi oldukça yüksektir^[28]. Arama kurtarma çalışması yapılan alana ulaşım hızı, bilgi toplama ve bilgi anlamlandırma hızı en kritik parametreler olduğu için İHA'ların arama ve kurtarma faaliyetlerindeki rolü azımsanmayacak kadar büyüktür^[122].

Afet öncesi, afet anı ve afet sonrası olmak üzere üç periyotta da İHA'ların kullanımı mümkündür. Bu kapsamda dünyada ve Türkiye'de İHA'ların etkinliğini inceleyen birçok akademik çalışma ve araştırma yapılmıştır. Örneğin vahşi doğada arama kurtarma faaliyetlerinde İHA'ların kullanımını irdeleyen bir çalışmada, İHA ile alınan görüntülerin koordinat verileriyle birleştirilmesiyle elde edilen büyük görüntü üzerinde insan tespiti algoritmalarının çalıştırılması önerilmiştir. Bir başka çalışmada ise "sürü İHA" fikri ortaya atılmış; otonom olarak görev yapabilecek, gerektiğinde pilot tarafından kontrol edilebilecek ve diğer robotik sistemlerle iletişim kurabilecek bir konsept "İHA modüler" sistemi üzerinde çalışılmıştır^[122].

Kazazede/afettede bulma ve koordinat tespit çalışmalarında da benzer örnekler vardır. Örneğin, çığ kurtarma operasyonları için İHA sistemi tasarlayan bir grup uzmanın çok düşük sıcaklığa, yüksek irtifa ve kuvvetli rüzgârlara karşı dayanıklı olacak şekilde tasarladıkları İHA, aynı zamanda dağlık arazilerdeki görevler için güçlendirilmiş sinyal sistemlerine sahiptir. Gündüz ve gece karda arama kurtarma faaliyeti sürdürebilmesi için termal kamera bulunduran sistem ayrıca çığ tespiti için çeşitli faydalı yükler barındırmaktadır^[122].

Deprem nedeniyle kara araçları kullanılarak afet bölgesine ulaşım sağlanamayan durumlarda, afet bölgesi durum tespiti için İHA'ların kullanımının dikkate alındığı başka bir çalışmada ise, İHA'ların aldıkları toplam mesafeyi minimize edecek rotalar belirlenmiştir^[28]. Afetlerde zamanın en kritik unsur olduğu göz önüne alındığında İHA'ların afet bölgesinin gözetlenmesini en kısa rotada tamamlayabilmesinin önemi açıktır.

6.1.4.2 İnsansız Kara Araçları (İKA)

İnsansız Kara Araçları (İKA) uzaktan ya da otonom olarak görevlendirilen veya önceden belirlenmiş görevleri icra eden kritik teknolojilerdir. Rölenin menziline bağlı olarak LOS (Line of Sight/Görüş Hattı) kontrolü ile uzaktan kontrol edilebilir ya da görüntü işleme kabiliyeti ile tamamen yapay zekâ ile otonom görevler icra edebilirler.

Terörle mücadele, askeri üs, tesis ve bina güvenliği, bilimsel uygulama ile araştırmalar gereksinimi ve istekleri sebebiyle ülkelerin insansız sistemlere olan talebi de hızla gelişen teknoloji ile birlikte gün geçtikçe artmaya devam ederken, İKA'lar da her sınıftan sunduğu farklı ve çeşitli çözümlerle hem savunma hem de sivil alanda sahada yerini korumaya devam etmektedir^[124].

Çok engebeli arazilerde enkaz kaldırma, yük taşıma ve çekme, yarı yıkılmış binaların içindeki afetzedelerin aranmasını sağlayan bir dizi sensörle arama ve kurtarma operasyonlarının etkinliğini artıran araçlardır.

Kahramanmaraş merkezli depremlerde Ulaştırma Sistemleri kapsamında sağlanan yerli ve milli çözümler aşağıda sıralanmıştır:

● **Kargo 15 İHA**

DASAL Havacılığa ait Kargo 15, 15 kg faydalı yükü ve 10 km operasyonel yarıçapı ile kargo ve mühimmat gibi çeşitli yükleri özel tasarlanmış taşıma üniteleriyle nakledebilmektedir^[125]. Kahramanmaraş merkezli depremlerde lojistik ve havadan malzeme taşıma özellikleri ile yer almıştır.

Diğer yandan, Fly BVLOS Technology deprem bölgesinde SANCAK İHA ve tıbbi malzemeleri taşıyacak modeli JACKAL-M İHA ile arama kurtarma çalışmalarında rol almıştır. Fly BVLOS, deprem bölgesine bir adet JACKAL-M ve bir adet SANCAK İHA ürünlerini göndermiş, ayrıca altı adet (üç adet İHA-2 sınıfı ve üç adet DJI Phantom4 Pro) İHA ile arama kurtarma faaliyetlerine katkı sağlamıştır^[126].

● **JACKAL İHA**

JACKAL İHA; dikey iniş kalkış yapabilme özelliğine sahip olup, 15 kg taşıma kapasitesi ve 130 km menzili bulunmaktadır^[127].

● **SANCAK İHA**

SANCAK İHA, 5 kg yük kapasitesi ve 40 km menzili ile hizmet verebilmektedir^[127].



Şekil 42: Fly BVLOS Technology'nin JACKAL-M İHA'sı^[128].

● **BARKAN İKA**

HAVELSAN tarafından geliştirilen İnsansız Kara Aracı (İKA) BARKAN, yük taşıma sepetiyle deprem bölgesine sevk edilmiştir. BARKAN'ın, ihtiyaç halinde bölgede yaralı ya da malzemesi taşınması görevlerine destek vermesi planlanmıştır^[129].

BARKAN İKA, operasyon başarısının artırılması, kayıpların önlenmesi ve operasyon maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenerek, operasyon alanlarında uzaktan kontrol ve otonom görev yetenekleriyle, farklı faydalı yüklerin entegre edilebileceği modüler bir yapıda tasarlanmıştır. BARKAN, yük taşıma veya çekme, yakın koruma sağlama, silahlı keşif gibi görevler için geliştirilmiştir^[130].



Şekil 43: HAVELSAN BAHA kurulumu ve BARKAN İKA^[87].

6.1.5 Karar Destek Sistemleri

Bilginin çok önemli olduğu çağımızda birçok alanda hızlı kararlar almak için artık profesyonel desteğe ihtiyaç duyulmaktadır. Artan veriler ve güçlü iletişim sistemlerinden sağlanan bilgilerin hızla analiz edilmesi ve uygun sonuçlara erişilmesi için Karar Destek Sistemleri (KDS) çağımızın önemli bir teknolojisi hâline gelmiştir. Sağlıktan savunmaya hayatımızın her alanında yer edinen KDS doğru zamanda, doğru şekilde ve doğru yerde kullanıldığında insanların hayatını değiştirebilmektedir.

Karar Destek Sistemi iş veya kurumsal karar verme faaliyetlerini destekleyen ve genellikle ortaya çıkabilecek olasılıkları sıralama veya çözüm alternatifleri arasından seçim yapmaya yardımcı olan model, kullanıcı arayüzü ve bilgi bankası (veritabanı, veri deposu) bileşenlerinden oluşan sistemlerdir.

Bu sistemler kullanıcılara hızla değişen ve önceden belirlenemeyen sorunlar ve gelişim alanları hakkında oluşturduğu çok olasılıklı ve senaryo tabanlı sonuç önerileriyle birlikte daha etkin ve veriye dayalı karar verme sürecinde yardımcı olur.

Yapay zekâ teknolojileri KDS'lere katma değer sağlayan önemli bir yetenektir. KDS'ler, verileri analiz ederek karar verme sürecini otomatikleştirir ve önceden belirlenmiş kurallar ve algoritmalar kullanarak sonuçlar üretir. Yapay zekâ KDS'lerde kullanıldığında, verilerin daha doğru ve etkili bir şekilde analiz edilmesine ve sonuçların daha verimli bir şekilde elde edilmesine olanak tanır. Bu teknolojilerin kullanımı, özellikle büyük veri kümeleri ve karmaşık problemler söz konusu olduğunda, insanlar tarafından yürütülen görevleri daha etkili ve verimli hâle getirmektedir.

Deprem sonrası birçok farklı faaliyet ve işlem söz konusu olduğu için, yapay zekâ destekli KDS'ler birçok farklı alanda kullanılabilirler. Yapay zekâ sistemleri, deprem sonrası binalarda oluşan hasarları tespit edebilir ve bu hasarların derecesini belirleyebilir. Bu sayede, hasarlı binaların öncelikli olarak onarılması veya yıkılması gerekip gerekmediği belirlenebilir. Deprem sonrası, kurtarma ekipleri sık sık hayat kurtarma operasyonları gerçekleştirirler. Yapay zekâ sistemleri, arama kurtarma faaliyetlerinde yardımcı olabilir ve öncelikli olarak nerede arama yapılması gerektiği gibi bilgileri sağlayabilir. Deprem sonrası birçok farklı kaynak, personel ve ekipman kullanılması gerekebilir. KDS, bu kaynakların daha verimli kullanılmasına ve acil durum ekiplerinin ihtiyaç duydukları kaynakları yönetmelerine yardımcı olabilir.

Kahramanmaraş merkezli depremlerde Karar Destek Sistemleri kapsamında sağlanan yerli ve milli çözümler aşağıda sıralanmıştır:

● **Bilgisayarlı Görü ve Görüntü Kıymetlendirme Kabiliyeti**

STM'nin yetkinlikleri arasında yer alan bilgisayarlı görü ve görüntü kıymetlendirme kabiliyeti ile çeşitli görüntü kaynaklarından alınan verilere akıl katılarak bilgi elde edilmekte ve bu bilgiler kıymetlendirilmektedir. Bu amaç doğrultusunda bilgisayarlı görü, görüntü işleme, makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknolojileri kullanılmaktadır.

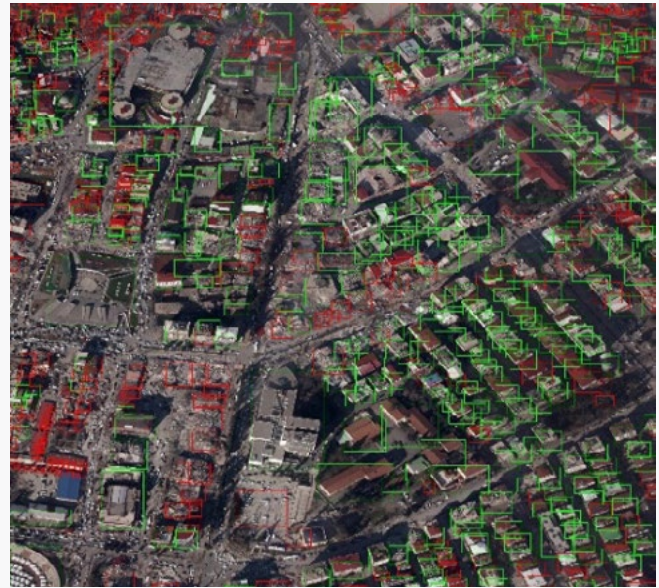
Yapay zekâ çözümleri kapsamında; GNSS bağımsız seyrüsefer yapabilmek amacıyla hava fotoğrafı, uydu fotoğrafı ve ortofoto üzerinden görüntü eşleme tabanlı konum tespiti, görüntü tabanlı hız kestirimi, nirengi noktası tanıma (landmark recognition) ile eşzamanlı haritalama ve konumlandırma (SLAM) çözümleri geliştirilmiştir. Ek olarak, İHA sistemlerinde kullanılan kontrol algoritmalarına girdi sağlamak amacıyla nesne takibi, sürü elemanları arası otomatik hedef aktarımı ile sabit ve hareketli hedefe görüntü işleme iniş çözümleri de sunulmaktadır. Yetenekler arasında dijital görüntü stabilizasyonu, elektro optik ve kızılötesi görüntü füzyonu, görüntü dikiş (image stitching) ve sis giderme gibi görüntü iyileştirme çözümleri de bulunmaktadır. Bu çözümler özellikle gözetleme sistemleri için büyük önem arz etmekte olup, bu sistemlere yönelik nesne tespiti ve hareketli nesne tespiti gibi yöntemler ile görüntü kıymetlendirme de yapılmaktadır.

STM Yapay Zekâ Teknolojileri ekibi tarafından Kahramanmaraş depreminde, Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü ve T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi ile koordineli çalışmalar yürütülerek; uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarından yapay zekâ yöntemleri ile hasar tespiti, Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS) entegrasyonu ve değişim tespiti çalışmaları yapılmıştır.

Deprem sonrasında bölgeden alınan uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları bilgisayarlı görü ve yapay zekâ yöntemleri kullanılarak analiz edilip, hasar tespiti yapılmış MAKS verileri kullanılarak hasarlı binaların yapı kimlik numaraları, hane sayısı ve her hanede ikamet eden kişilerin bilgileri raporlanmıştır. Ayrıca, deprem öncesi ve sonrasında bölgeden alınan uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları bilgisayarlı görü ve yapay zekâ yöntemleri kullanılarak analiz edilip, yapısal değişimler tespit edilmiş ve görüntü üzerine işaretlenmiştir. Bu işaretlemeler uzman çalışmaları için görsel ipuçları olarak kullanılabileceği gibi MAKS'a entegre edilerek detaylı analiz için de kullanılabilecektir.



Şekil 44: Hasar tespiti.



Şekil 45: Değişim tespiti.

● Açık Yazılım Ağı

Kahramanmaraş merkezli gerçekleşen depremler sonrası oluşan veri kirliliğinin giderilmesi, verilerin analiz edilip kıymetlendirilerek hızlı karar alınması noktasında Karar Destek Sistemleri önemli bir ihtiyaç hâline gelmiştir. Bu kapsamda sivil yazılım teknolojileri ve çözümleri, sosyal medya paylaşımları alanında çeşitli sivil inisiyatifler başlatılmış ve depremde arama kurtarma faaliyetlerine destek olmak amacıyla kullanılmıştır. Söz konusu çözümler ve kullanılan yöntemler aşağıda detaylandırılmıştır:

- Enkaz altında mahsur kalan insanlar, konumlarını içeren mesajlar atarak, bunları geniş takipçi kitlesine sahip kullanıcılarla paylaşmışlardır.
- Telefonlardan çalınabilen yüksek frekanslı bir düdük videosu ve uygulaması paylaşarak kurtarma ekiplerinin dikkati çekilmek istenmiştir.
- Bir grup yazılım geliştirici; Instagram, WhatsApp ve Twitter'dan gelen sosyal medya mesajları ve çevrimiçi bir iletişim formu kullanarak, kurtarma ekiplerinin çabalarına odaklamalarına yardımcı olmak için bir ısı haritası oluşturmuştur.

Deprem bölgesine yardım amaçlı, organize olmuş bir grup gönüllü tarafından Açık Yazılım Ağı başlatılmıştır. Çoğunluğu profesyonel yazılımcılardan oluşan bu topluluk, depremzedelerin yerinin tespiti, enkaz belirleme çalışmaları, ihtiyaç sahibi depremzedelere ulaşma, afet bölgelerinin tespiti gibi işlerde sahada yer alan ekiplere yardımcı olmak amacıyla faaliyet göstermiştir. Açık yazılım ağındaki bulunan yazılımcılar, Twitter, Instagram ve hatta WhatsApp gibi sosyal medya hesaplarında paylaşılan, depremle ilgili tüm verileri toplayarak önce kategorize edip daha sonra teyit amaçlı veri ekibine göndermiştir. Teyit edilen veriler ise ilgili sitelere ve kaynaklara aktararak, bu kaynaklarda görselleştirilen ve daha derli toplu hâle getirilen veriler ilgili sitelerde yayınlanmıştır. Bu kapsamda oluşturulan deprem.io, afet harita, ben iyiyim, afet bilgi isimli web sayfaları örnek olarak verilebilir.

6.2 Milli ve Yerli Ürün/Kabiliyet/Sağlanan Çözüm Matrisi

Firma	Ürün/Kabiliyet	Deprem ile Mücadele Evresi		Sağlanan Çözümler			
		Deprem Öncesi	Deprem Sonrası	Keşif, Gözetleme ve Görüntüleme	Muhabere	Lojistik	Diğer
STM	DAR		•	Ultra Geniş Bantta Enkaz İçi Depremzede Tespiti			
STM	KARGU		•	Havadan Elektro Optik ve Termal Görüntüleme, Isı ile Enkaz Altında Canlı Tespiti			
STM	Bilgisayarlı Görü ve Görüntü Kıymetlendirme Kabiliyeti		•				Deprem Öncesi ve Sonrası Harita Verisi Değişimi Analizi ile Hasar Tespiti
ASELSAN	EKS-2WX Yaka Kamerası ve Mikro Termal Kamera		•	Gözetleme ve Asayiş Sağlama, Isı ile Enkaz Altında Canlı Tespiti			
ASELSAN	Güneş Enerjili Yerli Kamera Sistemi (GÜKAS)		•	Gözetleme ve Asayiş Sağlama			
ASELSAN	Jandarma Entegre Muhabere ve Bilgi Sistemi (JEMUS)		•		Telsiz Altyapısı, Haberleşme ve Koordinasyon		
ASPIİSAN	Sabit Enerji Depolama Sistemi (EDS)		•				Sabit Enerji Depolama Sistemi
ASPIİSAN	Taşınabilir Enerji Depolama Sistemleri		•				Taşınabilir Enerji Depolama Sistemi
ASSUVA SAVUNMA SANAYİ	Proton Elic RB-I M-4		•	Enkaz Altı Termal ve Manyetik Görüntüleme			
BAYKAR	Bayraktar AKINCI	•	•	Havadan Elektro Optik Kamera ve Termal Görüntüleme, SAR ile Her Hava Koşulunda Görüntüleme			
BAYKAR	Bayraktar TB-2	•	•	Havadan Elektro Optik ve Termal Görüntüleme, Haritalama Podu ile Geniş Alan Haritalama			
DASAL	Kırlangıç		•	Havadan Elektro Optik Görüntüleme			
DASAL	Kargo 15		•	Havadan Elektro Optik Görüntüleme		Havadan Malzeme Taşıma	
ESETRON	Çubuk Kamera		•	Elektro Optik Kamera, Termal Kamera enkaz içi görüntüleme			

Firma	Ürün/Kabiliyet	Deprem ile Mücadele Evresi		Sağlanan Çözümler			
		Deprem Öncesi	Deprem Sonrası	Keşif, Gözetleme ve Görüntüleme	Muhabere	Lojistik	Diğer
Fly BVLOS Technologies	JACKAL		•			Havadan Malzeme Taşıma	
Fly BVLOS Technologies	SANCAK		•	Havadan Elektro Optik Görüntüleme		Havadan Malzeme Taşıma	
HAVELSAN	BAHA		•	Elektro Optik Görüntüleme			
HAVELSAN	BARKAN		•	Elektro Optik Görüntüleme		Yerden Malzeme Taşıma	
SPUTEK YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ	Güneş Enerji İstasyonu		•				Güneş Enerjili Aydınlatma ve Taşınabilir Telefon Şarj Üniteleri
TUSAŞ	AKSUNGUR	•	•	Elektro Optik ve Termal Görüntüleme, SAR ile Her Hava Koşulunda Görüntüleme	Mobil Baz İstasyonu		
TUSAŞ	ANKA-S	•	•	Havadan Elektro Optik ve Termal Görüntüleme			
TUSAŞ- TÜBİTAK-AEELAN	Göktürk Uyduları	•	•	Elektro Optik Görüntüleme ile Geniş Alan Haritalama			
TÜRKSAT A.Ş.	Uydu Haberleşme Terminali		•		İnternet ve Data Haberleşme Altyapısı		
ULAK Haberleşme A.Ş.	ULAK Baz İstasyonu		•		Mobil Baz İstasyonu		

6.3 Deprem Önleme, Arama ve Kurtarma Faaliyetlerinde Kullanılabilecek Diğer Çözümler ile Hâlihazırda Geliştirilmekte Olan Sistemler

6.3.1 İHA'yla Entegre Baz İstasyonları

İHA ile entegre baz istasyonları, İHA'lar kullanılarak sağlanan taşınabilir bir telekomünikasyon altyapısıdır. Bu sistemler, bir İHA üzerine yerleştirilmiş bir mobil baz istasyonu anteni ve elektronik komponentlerini içermektedir. İHA, belirli bir alanda bir hücre oluşturarak, kablosuz iletişim yapmak isteyen cihazların bu hücreye bağlanmasına olanak tanımakta; bu sayede, telefon görüşmeleri, veri aktarımları, internet erişimi gibi iletişim hizmetleri sağlanmaktadır. Mobil telekomünikasyon baz istasyonları, özellikle doğal afetler, terör saldırıları veya yangınlar gibi acil durumlarda önem arz etmektedir. Bu sistemler, kırsal veya dağlık bölgelerdeki ulaşımın zor olduğu veya yerleşik bir telekomünikasyon altyapısının olmadığı durumlarda da kullanılabilmektedir.

2009'da Alman araştırmacıların geliştirdiği Wi-Fi ışınlama yapan mikro İHA'lar bunun ilk örneklerinden birini oluşturmaktadır^[131]. 2016'nın Ekim ayında ise ABD'nin Verizon şirketi, acil durum müdahalelerinde ağ performansını ve güvenilirliğini artırmak için insansız hava sistemlerinin farklı kullanımlarını başarıyla test etmiştir^[132]. Şirket 2017'de bir insansız hava aracında baz istasyonu kullanarak bu çalışmayı bir adım ileri götürmeyi başarmıştır. Yine ABD'nin North Texas Üniversitesinden bilim insanları kilometrelerce uzaktan kapsama alanı sunan İHA tabanlı bir baz istasyonu sistemini tanıtmışlardır. Araştırmacıların "bir İHA tarafından sağlanan ilk baz istasyonu" olarak tanıttıkları "Havadan Konuşlandırılabilir Baz İstasyonu" sistemi iki kilometreye kadar kapsama alanı sağlanmıştır^[131].

2018'de ABD'nin AT&T şirketinin "Kanattaki Ağ (Cell on Wings -COW)" adını verdiği insansız hava aracındaki baz istasyonu sistemi, gökyüzünden yerdeki belirli bir alana LTE (Long-Term Evolution -Yüksek Hızlı Kablosuz Veri Aktarım Standardı) kapsamı sağlamak üzere tasarlanmıştır. 120 metreye kadar yükselebilen COW'lar, 24 saate kadar kesintisiz havada kalabilmektedir. COW'lar, Maria Kasırgası'nın baz istasyonlarını tahrip ettiği Porto Riko'da hücresel bağlantı sunarak iletişimi sağlamıştır^[133].

Sonuç olarak İHA'lar, taşınabilir baz istasyonlarını taşıyarak, acil durumlarda hızlı ve etkili bir çözüm sağlamak için kullanılabilen ve gelişen bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

6.3.2 Robotik Harici İskeletler (Exoskeleton)

Exoskeleton teknolojisi, insan vücuduna benzer bir dış iskelet kullanarak insan gücünü artırmayı amaçlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji, özellikle askeri, tıbbi ve endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Exoskeleton'lar, motorlar, sensörler, menteşeler ve hidrolik sistemler gibi elemanlardan oluşan bir çerçeve ve sistemler bütünüdür. Bu sistemler, hareketi ve gücü algılamak ve vücudun kaslarının doğal hareketlerini taklit etmek için tasarlanmıştır. Exoskeleton teknolojisi, insanların ağır yükleri taşımalarına veya zorlu fiziksel işleri yapmalarına yardımcı olmak için kullanılabilmektedir.

Özellikle geleceğin savaşlarının süper askerlerini yaratmak için geliştirilen exoskeleton teknolojisi, kullanıcının gücünü ve çevikliğini artırarak zorlu koşullarda daha rahat hareket etmesini sağlamakta olup, ABD'de itfaiyeciler üzerinde test edilmeye başlanmıştır. Bu teknoloji afet kurtarma çalışanlarının temel yardımcılarının biri olacak gibi gözükmektedir^[22].

Almanya Augsburg kökenli bir robotik uzmanı olan German Bionics firmasının geliştirdiği Cray+ adlı exoskeleton, afet bölgelerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Portatif robotik sistemin afet senaryolarında, doğal afetlerin dışında terörist saldırıları, trafik kazaları gibi olaylar için de kurtarma uygulamaları bulunmaktadır^[134].

Türkiye'de bu alanda çalışmalar yürütülmektedir. Örneğin ASELSAN'ın giyilebilir teknolojiler konusundaki ürün gamına katılan askeri yürüyüş asistanı (ASYA) tüm operasyonel ihtiyaçları karşılayabilecek şekilde tasarlanmış bir dış iskelet sistemidir. Kullanıcısına uyumu ve hareket kabiliyeti yüksek olan askeri yürüyüş asistanı, ani hareketleri direnç göstermeden gerçekleştirirken, en zorlu şartlarda devreye girerek kullanıcısının performansını artırmaktadır. Hafifliği ve yüksek dayanımı ile zorlu koşullarda görev almaya hazır bir sistem olarak öne çıkmaktadır^[135].

Exoskeleton teknolojisi, insanların fiziksel gücünü artırmak ve zorlu işlerin üstesinden gelmek için kullanılan bir teknoloji olduğundan gelecekte afet ve acil durumlarda da insan gücünün gerekeceği ortamlarda önemli bir çözüm olabilecektir.



Şekil 46: Robotik Harici İskelet^[136].

6.3.3 Sanal ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları

Sanal gerçeklik (VR), bilgisayar teknolojisi kullanılarak oluşturulmuş üç boyutlu bir ortamda, kullanıcının gerçek dünyayı deneyimler gibi etkileşimde bulunmasına olanak tanıyan bir teknolojidir. Bu teknoloji, başlık veya gözlük gibi cihazlar kullanılarak sağlanır ve kullanıcının görsel, işitsel ve bazen dokunsal olarak algılamasını etkiler. Kullanıcılar, bir sanal ortamda dolaşabilir, nesneleri manipüle edebilir, eylemleri gerçekleştirebilir ve etkileşim kurabilirler. Bu teknolojinin amacı, gerçek dünya ile karşılaştırılabilir bir deneyim sunarak kullanıcının deneyimini zenginleştirmektir. Buna karşın artırılmış gerçeklik (AR); gerçek dünya ile bağlantısını devam ettiren, veri ve görüntülerin gerçek dünya görüntülerine eklenebildiği, gerçek ve sanal nesnelerin aynı ortamda birlikte algılanmasını sağlayan bir ortam olarak ifade edilebilir^[137].

Birçok sektörde uygulama alanı bulunan sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları, deprem sonrası faaliyetlerde de kullanılabilecek birçok farklı senaryo sunabilir. Deprem sonrası kurtarma çalışmaları sırasında, hasarlı binaların incelenmesi gerekir ve sanal gerçeklik gözlükleri, arama kurtarma ekiplerinin hasarlı binaların içini görüntülemesine ve incelemesine olanak tanıyabilir. Örneğin, Michigan Üniversitesi araştırmacıları üç boyutlu modelleme için video karelerini görüntü konumlarına dönüştürerek acil durum sonrası bina hasarı keşfi yapmak üzere vizyon tabanlı AR geliştirmiştir. Bir görüntüden bilgi çıkarmak ve üretilen veriler aracılığıyla katlar arası kaymayı ölçmek için fotoğrametri kullanarak katlar arası kayma ölçümünde AR görselleştirme uygulamasını kullanmışlardır^[138].

Sanal veya artırılmış gerçeklik gözlükleri, kurtarma ekiplerinin bir bölgeyi haritalandırmasına ve arama kurtarma operasyonları sırasında doğru rotaları belirlemesine yardımcı olabilir, hasarlı binaların içinde veya enkaz altında kalan insanların yerlerini belirlemek için de kullanılabilir. Sanal gerçeklik gözlükleri, deprem kurtarma ekipleri için eğitim amaçlı olarak kullanılabilir. Bu teknolojiler sayesinde, ekipler gerçek dünya senaryolarını simüle edebilir ve kurtarma operasyonlarında karşılaşılabilecekleri zorlukları deneyimleyebilir.



Şekil 47: Sanal gerçeklik yangın eğitimi.

6.3.4 Üç Boyutlu Yazıcılar

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin temel teknolojilerinden birini oluşturan eklemeli imalat (üç boyutlu baskı ile üretim), yeni dijital üretim metotları sunmakta ve tedarik zinciri anlayışını kökten değiştirmeyi vadetmektedir. Savunma ve havacılık, otomotiv, gıda ve sağlık sektörlerine ciddi katkılar sunma potansiyeli taşıyan üç boyutlu yazıcılar özellikle deprem gibi doğal afetlere yönelik olarak inşaat sektöründe de inovasyonları beraberinde getirmektedir. Bunların başında ise üç boyutlu (3D) yazıcılar ile evler ve acil durum sığınakları üretebilmek gelmektedir.

Örneğin, sosyal bir girişim olan ICON, 3D baskı ile çimentodan 24 saatte ev üretmiştir. Fransa'da bulunan Nantes Üniversitesindeki araştırmacılar robotik bir kol kullanarak 30 dakika içinde tamamen yalıtımlı, poliüretan köpük muhafaza yapısına sahip bir 3D baskı sistemi geliştirmişlerdir. Bu tür yeniliklerin maliyetleri düşürme, kalite ve güvenlik standartlarını yükseltme, ayrıca evlerin ve diğer binaların yapımını hızlandırma potansiyeli bulunmaktadır^[139].

Diğer yandan, Maine Üniversitesi (ABD), beton olmayan malzemelerle baskı yaparak yeni bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Üniversiteye bağlı Gelişmiş Yapılar ve Kompozit Merkezi, 56 metrekarelik bir evin zeminlerini, duvarlarını ve çatısını basmak için tescilli bir biyo bazlı malzeme kullanarak teknolojiye yeni bir yaklaşım getirmiştir. Üniversite; beton karışımları yerine, ağaç artıkları ve biyo reçineler kullanmış ve bu yöntemle maliyeti düşürmenin, barınma sorununu çözmenin, kullanılabilirliği artırmanın ve uzun vadede daha sürdürülebilir evler inşa etmenin yollarını aradığını ifade etmiştir^[140].

Bir başka çalışmada, Purdue Üniversitesinden araştırmacılar, yalnızca strese dayanmakla kalmayan, aynı zamanda süreç içinde daha güçlü hâle gelen çimento macunu kullanarak çeşitli 3D baskılı yapılar geliştirmişlerdir. Ekip, zayıf arayüzlerde tek bir çatlağın oluşumunu çoklu dağıtılmış çatlaklarla değiştirerek, mukavemetten ödün vermeden çimento hamurunun tokluğunu iyileştirmeyi başarmıştır^[141].

3D yazıcılar ile deprem anını simüle etmek de mümkün. 3D Yazıcı Akademisi kurucusu Steven Wolfe, 17 Ocak 1994'te Los Angeles'ın San Fernando Valley bölgesinde meydana gelen 6.7 büyüklüğündeki

Northridge depreminin yer hareketi verilerini kullanarak, depremin hareketlerini 3D yazıcısı vasıtasıyla test etti ve sonuçlarını YouTube kanalında paylaştı^[142].

Deprem sonrası, hastaneler ve sağlık merkezleri hasar görebilir ve önemli medikal malzemeler kaybedilebilir. Tıbbi 3D yazıcılar, ortopedik protezler, diş implantları, kulaklık, gözlük ve benzeri malzemeler gibi birçok farklı tıbbi malzeme üretmek için kullanılabilir. Bu malzemeler, kısa sürede ve yerel olarak üretilir, bu da acil durumlarda çok önemlidir. Afetzedeler ciddi yaralanmalara sahip olabilir ve bu durumlarda 3D yazıcılar, yaralıların vücut parçalarını ve organlarını tam olarak modelleyebilir ve cerrahlara ameliyat öncesi hazırlık yapmak için yardımcı olabilir. Deprem sonrası hastaneler, tıbbi ekipmanlarının eksikliği nedeniyle zorluklarla karşılaşabilir. Tıbbi 3D yazıcılar, basit tıbbi araçların, tıbbi ekipmanların ve diğer araçların üretiminde kullanılabilir.



Şekil 48: Üç boyutlu bina yazıcı^[143].

6.3.5 Yapay Zekâ Çözümleri

Son yıllarda yapılan araştırmalar göstermiştir ki, planlı yapılan bir afet lojistiği maliyeti düşürürken, zaman kaybını önlemekte, depo otomasyon programları ile ihtiyaçların verimli ve etkili dağıtımını gerçekleştirmektedir. Bu noktada, yapay zekâ destekli araçlar, lojistik ve tedarik zincirindeki dijital süreçleri ve ürünleri güçlendirmekte, ürün ve hizmetin kalitesini artırmaktadır. Bu sayede afet bölgesine yanlış, gereksiz, yetersiz ve eksik malzemenin taşınması önlenabilmektedir.

Yapay zekâ teknolojisi afette yaralanan insanların kronik rahatsızlıklarının, antibiyotik ya da ilaç alerjilerinin olup olmadığı gibi veri ve bilgileri depolayarak bunların sağlık personeline iletilmesine ve yaralının acil müdahalesine katkıda bulunabilir.

Diğer yandan, yapay zekâ lojistik şirketlerinin iç hareketlerini dijital ortamda depolar ve geçmiş bilgilerini muhafaza eder. Depo yönetimi, veri akışı, veri depolanması gibi konularda bilgi bankasını oluşturur. Güncel trafik bilgileri, rotanın planlanması, rota üzerinde taşınacak ürünün taşıma modlarına göre rotasının çizilmesi, taşıma sonrasında boş konteyner gitmesinin önlenmesi gibi konularda katkı sağlayabilir. Bunun yanında yapay zekâ, herhangi bir kaza durumunda, doğal afette yolun trafiğe kapatılarak trafik sıkışıklığının önlenmesini ve seyahat planlarının gerçek zamanlı olarak düzeltilmesini, en kısa sürede daha fazla ürünün güvenli ulaşımı için yük taşımacılığında filo yönetimini, ürünlerin teslimatı için en uygun rotaların takip edilmesini sağlayabilir^[144].

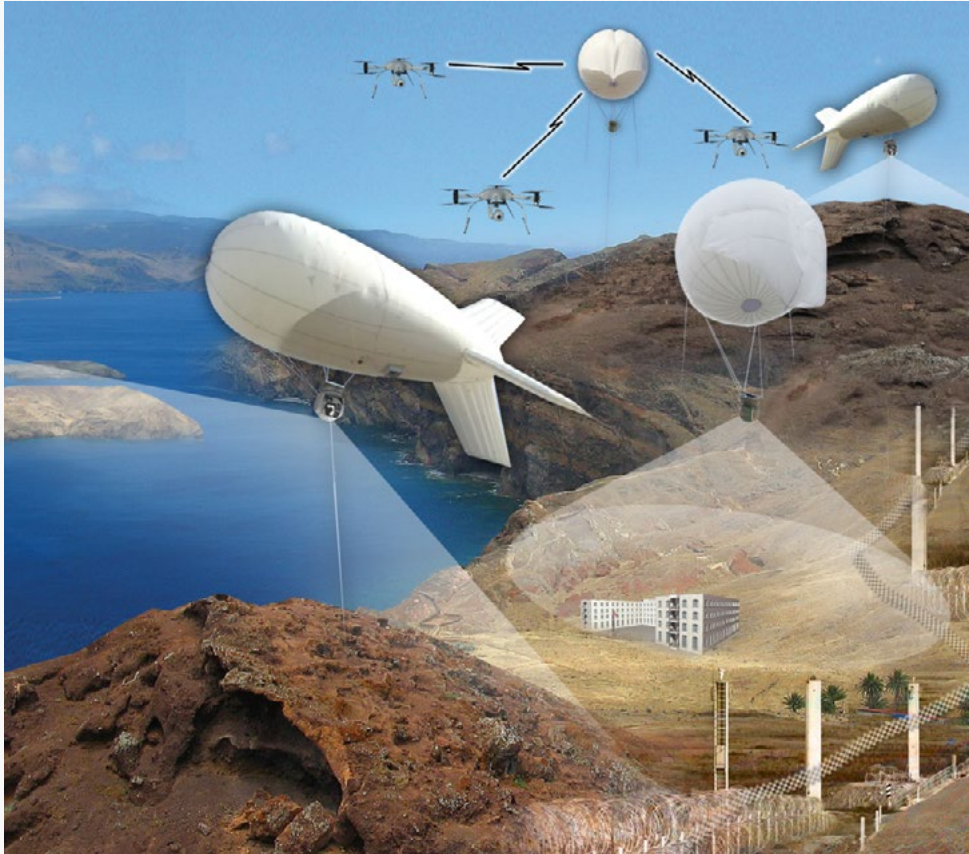
6.3.6 Geniş Alan Gözetleme

Günümüzde birçok şirketin üzerinde çalıştığı ve çözümler sunduğu bir alan olan havadan geniş alan gözetleme teknolojileri sınır güvenliği, hedef takibi, terörle mücadele, nesne tanıma ve sınıflandırma, haritalandırma ve inşaat gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Türkiye’de ve dünyada birçok örneği bulunan bu teknolojiler her geçen gün gelişmekte ve yaygın kullanım alanları bulmaktadır.

Geniş alan gözetleme sistemleri, başlangıcından bitişine kadar meydana gelen bir olayın kesintisiz kaydını sunarak, bu olayın incelenmesine ve güvenlik güçlerinin olayın ne olduğunu, nerede olduğunu ve nasıl gerçekleştiğini anlamasına yardımcı olur.

Geniş alana ait kayıtların saklanabilir olması ve geçmişe yönelik veya gerçek zamanlı olarak izlenebilmesini sağlayan bu sistemler, alan üzerinde kesintisiz bir durumsal farkındalık sunar. Yüksek çözünürlüğe sahip kameralar tarafından alınan görüntüler dijital ortamda yüksek işlem gücüne sahip bilgisayarlar tarafından gerçek zamanlı olarak analiz edilebilir ve böylelikle sistem, davranışları sınıflandırdığı ve acillik durumuna göre önceliklendirdiği için, normalde insan tarafından takip edilemeyecek kadar çok sayıda olayın kolaylıkla izlenmesini sağlar^[64].

Doğal afetlerde faydalanılacak maliyet etkin bir çözüm de yere bağlı balonlar ve zeplinler gibi hava platformlarıdır. Bu platformların en büyük avantajı düşük maliyetle uzun süre gözetleme yapabilmeleridir. Yüzlerce saat havada kalabilen bu platformlar genellikle insansız olup bir veya birden fazla halat veya kabloyla yere bağlıdır. Bu kablo ve halatlar, balonu sabit bir yer ve yükseklikte tutmanın yanı sıra, balon üzerindeki cihazların çalışması için gerekli elektriği aktarmakta, platform üzerindeki sensörlerle iletişimi ve veri transferini sağlamaktadır. Veri transferi için ise genellikle fiber optik kablolar, balonlarda da yanıcı olmayan helyum gazı kullanılmaktadır. Gözetleme sistemi genellikle platformun alt kısmına monte edilmektedir. Afet bölgelerinde balonlara GSM baz istasyonları yerleştirilebilmektedir. Bu platformların en büyük dezavantajı rüzgâr hızından etkilenmeleridir. Her bir platformun güvenli bir şekilde çalışabileceği belli bir maksimum rüzgâr hızı vardır, platform bunu aşan bir hızda rüzgâra maruz kaldığında gözetleme aksayabilmektedir. Ayrıca, platformların hareket kabiliyeti az olduğu için sistem ancak



Şekil 49: ASELSAN Karagöz Balonlu Gözetleme Sistemi^[62].

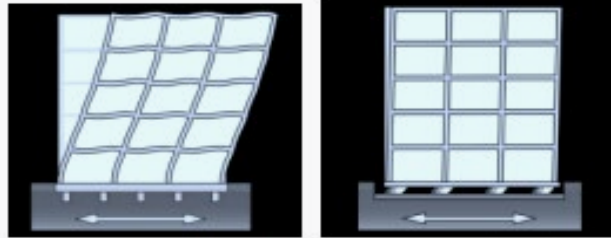
belli alanlarda görüntü alabilmektedir. Bunlar genellikle geniş alanlar olmakla birlikte sabit sistemlerin gezici sistemlere kıyasla farklı bir bölgeye hareket ettirilmesi daha zor olmaktadır^[64].

ASELSAN tarafından geliştirilen KARAGÖZ Balonlu Gözetleme Sistemi, bu platformlara örnek olarak verilebilir. KARAGÖZ Balonlu Gözetleme Sistemi ürün ailesi, havadan sürekli gözetleme, kritik tesis güvenliği, bölgesel haberleşme gibi görev ihtiyaçlarına göre kritik tesisler ile sabit askeri birliklere geniş alan gözetleme, istihbari bilgi ve erken ikaz yeteneği kazandırmaktadır. Sistem, afetlerin gözetlenmesinde de kullanılabilir^[145].

6.3.7 İnşaat Teknolojileri

Binaların depremlere karşı dayanıklı olmasına yardımcı olan bir başka denenmiş ve doğrulanmış teknoloji, otomobil endüstrisinden ilham almaktadır. Arabalardaki istenmeyen yay hareketini kontrol eden cihaz olan amortisöre benzeyen “şok sönmüleyiciler” buna örnek olarak verilebilir^[145].

Ayrıca, bir binanın taban hareketinden en az şekilde etkilenmesini sağlamak amacıyla taban izolasyon sistemleri mevcuttur. Sismik taban izolasyonu deprem anında binaların sismik tepkilerini minimuma indirmek amacıyla kullanılmaktadır. Temel veya temele yakın taşıyıcı unsurların üzerine yerleştirilebilen esnekliğe sahip izolatörler ile sismik şoklar sönmülenerek binaya daha az miktarda güç aktarımı gerçekleşir. Böylece binaların depremlerin yıkıcı etkisinden korunması sağlanmaktadır.



Şekil 50: Sismik izolasyonlu ve izolasyonsuz bina hareketi.

Sismik izolatörler depremlerin etkisini azaltma yönünde en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. İzolasyon, zemin ile bina yapısının ayrılarak taban yalıtımının sağlanması şeklinde uygulanmaktadır.



Şekil 51: Sismik taban izolatörü.

Taban yalıtımı, kauçuk, sürtünmeli veya bilyeli taşıyıcılar ile yay sistemleri gibi çeşitli yöntemler ile sağlanabilmektedir. Genellikle temel üzerinde bir beton blok veya kolon üzerine uygulanmaktadır.

Sismik taban izolasyonu binanın inşa aşamasında yapılabileceği gibi, sonradan da yapıya eklenebilmektedir (retrofit). Retrofit, binanın yapısal özellikleri sebebiyle bazı durumlarda mümkün olmayabilen veya çok yüksek maliyetlerde yapılabilmektedir.

Sismik taban izolasyonu dünyada önemli projelerde oldukça yaygın olarak kullanılmakta olup, bu projeler nükleer santraller, köprüler ve hastaneler gibi önemli binalar olarak örneklendirilebilir. İzolatörler, Japonya’da konutlarda da tercih edilebilmektedir. ABD’de ise Apple firmasının merkez binasında sismik izolatörler kullanılmış olup, tek yapıdaki en büyük kullanım örneği olarak gösterilmektedir. Türkiye’de ise hastane, havalimanı, köprü gibi projelerde kullanılmıştır^[146].

6.3.8 Erken Uyarı Sistemleri

Deprem erken uyarı sistemleri, deprem oluşmadan önce depremin habercisi olan P-dalgalarını tespit ederek, deprem sırasında oluşacak hasarı en aza indirmek amacıyla tasarlanmış sistemlerdir. Bu sistemler, deprem öncesi titremeleri tespit ederek, bu dalgalardan alınan verileri bir algoritma aracılığıyla işler ve depremin ne kadar şiddetli olacağı hakkında tahminler yapar. Bu tahminler, insanları ve altyapıyı korumak için gerekli olan erken uyarıları sağlar. Bu uyarılar sayesinde insanlar, deprem sırasında kendilerini güvenli bir alana taşıyabilir veya hasar görebilecek varlıkları koruma altına alabilirler.

Türkiye de Şubat 2021’de Ulusal Mobil Uyarı Sistemi’nin (UYARSİS) kurulması için gerekli adımları atmıştır. BTK (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu) tarafından hazırlanan yönetmelikle çerçevesi belirlenen UYARSİS; afet, acil durum, kamu düzeni, milli güvenlik ve ulusal siber güvenliğe tehdit oluşturabilecek durumlarda kullanıcıların coğrafi olarak belirli bölgelerde uyarı bildirimleri almalarını sağlayacaktır. Uyarılar için CMAS (Ticari Mobil Uyarı Sistemi), CBS (Hücrel Yayın), SMS (kısa mesaj) ve çağrı öncesi anonsu gibi yöntemlerin kullanılması planlanmıştır^[147].

6.3.9 Kuantum Teknolojileri

Geleneksel deprem tespit yöntemleri, sismik dalgaların algılanmasına dayanır, ancak bu yöntemler sismik cihazların sayısı ve deprem kaynağından uzaklığı ile sınırlanmaktadır. Birmingham Üniversitesi liderliğindeki Sensörler ve Zamanlama için Kuantum Teknolojisi Merkezinde, soğuk atomların kuantum davranışını kullanarak yerçekimini doğru bir şekilde ölçmek için kuantum sensörler geliştirilmektedir. Kuantum teknolojisi, özellikle kuantum sensörleri, deprem sırasında meydana gelen manyetik alan değişimlerini tespit edebilir. Bu sensörler yüksek hassasiyete sahiptir ve çok daha uzaktan sismik aktiviteyi tespit edebilirler. Ayrıca, kuantum teknolojisi veri analizi ve yorumlama konusunda iyileştirmeler sağlayarak daha doğru deprem tahmini ve erken uyarı sistemleri için imkânlar sunmaktadır. Teknoloji henüz erken aşamalarında olmasına rağmen, deprem tespiti konusunda büyük bir potansiyele sahiptir ve depremlerin etkisini azaltmada yardımcı olabilir^[148].

6.3.10 Entegre Sistemler

Uzmanlar afetlerle mücadelede teknolojiye daha fazla yatırım yapılması gerektiğini savunmaktadır. Günümüz teknolojilerinin birbiriyle daha entegre kurgulanması ve iletişim hâlinde olması acil bir durumda hızlı veri transferi ile daha organize müdahale ve kurtarma operasyonlarının yapılmasına imkân verebilir. Bu konuda birbiriyle iletişim hâlinde olan teknolojilerin ve IoT gibi verilerin toplandığı, dokümanite edildiği ve işlendiği ortak sistemlerin önemi ortaya çıkmaktadır^[149].

Mobil telekomünikasyon, yapay zekâ, IoT ve büyük veri teknolojilerindeki ilerlemeyle birlikte, geniş coğrafyalarda acil durumlara anlık ve etkin müdahalenin sağlanabilmesi için arayışlar sürmektedir. ABD’de 2012’de kurulan FirstNet platformu, bu arayışların en geniş alanı kapsayan, en pahalı ve karmaşık örneğidir. 11 Eylül terör saldırıları sırasında yaşanan iletişim kopukluğunun ABD topraklarında bir daha yaşanmaması amacıyla özel sektör ile kamu sektörünü bir araya getiren FirstNet, öncelikle ABD’nin 50 eyaleti ve bağlı topraklarda acil müdahale ekiplerinin kullanabileceği güvenli, sürekli ve öncelikli bir geniş bant iletişim hattının kurulmasını hedeflemiştir.

Bu hattın kurulması için açılan ihale 2018’in Mart ayında sonuçlanmış ve ülkenin ikinci büyük cep telefonu ve kablosuz internet operatörü AT&T’nin Motorola, General Dynamics, Immarsat ve Sapient Consulting şirketleriyle oluşturduğu konsorsiyum ile 25 yıllık anlaşma imzalanmıştır. Anlaşmaya göre AT&T konsorsiyumunun 25 yılda 40 milyar dolar harcama ile kuracağı kablosuz FirstNet çekirdek ağının 25 Megahertz spektrumunda, kesintisiz ve ileri kriptolama teknolojisi ile güvenli olması ve ayrıca acil müdahale ekiplerinin kullanımına özel kurulması planlanmıştır^[38].

Türkiye’de oluşturulan Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB) da test yayınına başlamıştır. AFAD Ulusal Deprem Araştırma Programında (UDAP - G-12-01) araştırma projesi olarak yer alan TABB sistemi ile; afetlere karşı hazırlıklı olma ve olası zararların azaltılması için tüm belge ve kaynakların bir arada bulunması, geçmiş verilerin analiz edilebilmesi, doğal ve teknolojik afetler konusunda mevcut çalışmaların daha da geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

“Doküman” ve “Analiz” olmak üzere iki modül olarak tasarlanan TABB sisteminde, Analiz Modülü için; istatistiksel bilgiye ihtiyaç duyan araştırmacılara cevap vermek amacıyla DesInventar Türkiye’nin oluşturulmasıyla beraber, TUAA’da (Türkiye Ulusal Afet Arşivi) afetlerle ilgili bulunan veri kaynakları değerlendirilerek, istatistik modülleri ve grafik çizdirme seçeneklerine sahip yapıyla beraber portal genişletilmiştir.

Doküman Modülü için de; kişi, kurum ve kütüphanelerde elektronik ortamda bulunan yayınlar yüklenmiş, elektronik ortamda bulunmayan bilgi kaynaklarının ise erişim adresi ve konumu gösterilerek arşivde bulunması sağlanmıştır. Böylece araştırmacılar bilgi kaynağı için TABB’ın doküman modülünü, istatistiksel veriler için de analiz modülünü tercih edebileceklerdir^[150].

6.3.11 Enkaz Dinleme Teknolojileri

Enkaz dinleme teknolojileri, deprem veya diğer doğal afetlerde hasar görmüş yapıların içindeki insanların tespiti için kullanılan cihaz ve sistemlerdir. Bu teknolojiler, insan sesleri ve hareketlerinin tespiti için akustik ve titreşim sensörlerini kullanır. Akustik ve sismik dinleme cihazları, vücut titreşim sensörleri ve yer radarları gibi çeşitleri bulunan bu cihazlar kurtarma ekiplerinin çalışmalarını hızlandırarak hayat kurtarmalarına yardımcı olmaktadır.

Sismik sensörler, yer hareketlerini algılamak için kullanılır. Bu hareketler depremler, volkanik patlamalar veya insan faaliyetleri gibi çeşitli kaynaklar tarafından oluşturulabilir. Sismik sensörler, hareketleri yer yüzeyindeki kayaların içindeki titreşimlere dönüştürerek algırlar. Akustik sensörler ise, ses dalgalarını algılamak için kullanılır. Bu dalgalar, konuşma, müzik veya diğer ses kaynaklarından kaynaklanabilir. Akustik sensörler, bu sesleri havadaki basınç dalgalarına dönüştürerek algırlar.

Yüksek teknolojiyle geliştirilen sensörler, enkaz altında kalan canlıların dokunma, vurma seslerini ve hatta nefes alıp verme sesini bile algılayabilmektedir. Hassas sismik akustik dinleme cihazlarıyla enkazdaki boşluklarda, şaftlarda ve aralıklarda sıkışıp kalan kişilerin ürettiği sinyaller görüntülü ve sesli olarak algılanabilir. Uzmanlar, katı madde ile iletilen sesin sensörler aracılığıyla alındığını ve bu sensörlerin de duvar, tavan, taban, kırış gibi katı yerlere yerleştirildiğini söylüyor. Bu noktada, özellikle sıhhi tesisat boruları sesi çok uzağa iletebiliyor^[151].

Günümüzde enkaz dinleme üzerine farklı çalışmalar yürütülmektedir. Örneğin, İstanbul Teknik Üniversitesi Müzik İleri Araştırmalar Merkezi (MİAM) tarafından Kahramanmaraş merkezli depremler sonrası bir “Enkaz Dinleme Uygulaması” geliştirilmiştir. İnternet bağlantısına ihtiyaç olmaksızın çalışan uygulama ile frekans ayarı yapılarak, insan sesi dış seslerden ayırt edilebiliyor. Bu sayede kimi zaman insan kulağının duyamayacağı sesleri bu uygulama ile yakalamak ve kaydetmek, kritik noktalarda enkaz altında bulunanları dinleyebilmek mümkün olabilecek^[152].

7. SONUÇ

Afetler toplumları, bireyleri ve yönetimleri etkileyerek ciddi fiziksel, ekonomik ve psikolojik sorunlar yaratma potansiyelindedir. Afetlerle mücadele, afetler henüz ortaya çıkmadan önce alınacak önlemler çerçevesinde yürütülmeli ve geliştirilen yeni teknolojilerle risklerin öngörülmesi sağlanmalıdır. Bir afetin yaklaşık olarak çıkış zamanı, yeri ve şiddetinin bilinmesi veya gidişatının izlenerek etkileyebileceği alanların öngörülmesi, daha da önemlisi afet olmadan önce yapılacak senaryo tabanlı analiz sonuçlarına dayalı hazırlıkların (bilinçlendirme, yatırım, eğitim vb.) yapılması ve önlemlerin alınması kayıpların engellenmesinde önemli bir adımdır.

Afetler sırasında iletişimin güçlü bilişim sistemleri, erken uyarı sistemleri ve arama kurtarma sistemleriyle desteklenmesi de teknolojinin öne çıktığı bir diğer alandır. Özellikle bireylere kadar inebilen uyarı

ve takip sistemleri insanların kendilerini daha güvende hissetmesini sağlarken, olası afet etkilerinden korunmalarına imkân vermektedir.

Arama kurtarma çalışmalarında kullanılan teknolojilerin en hassas yeni versiyonlarıyla güncellenmesi ve ilgili ekiplerin bu araçların kullanımı konusunda sürekli eğitime tabi tutularak en güncel bilgiyle donatılması da günümüz internet teknolojilerinin sunduğu bir avantajdır. Bu sayede kurtarma operasyonları büyük bir hızla ve kusursuz olarak yönetilebilmektedir.

Son Kahramanmaraş depremlerinin de tekrar gösterdiği gibi özellikle savunma sanayii tarafından geliştirilen teknolojilerin sivil kullanımlarının genişletilmesi yönünde atılacak adımlar, yaşanacak doğal afetler sonrasında ülke çapındaki zararı azaltıcı etki yapacaktır.

Kahramanmaraş merkezli depremlerde Türk savunma sanayii ürün, teknoloji ve çözümlerinin önemi bir kez daha gözler önüne serilmiştir. Afetzedelerin yerinin belirlenmesinden hasar tespitine kadar birçok alanda kullanılan insansız hava araçları, yaralı ve malzeme taşıma fonksiyonları ile insansız kara araçları, entegre muhabere bilgi sistemleri, hasar gören veya yok olan sabit baz istasyonlarının yerini almak üzere iletişime destek olan mobil baz istasyonları, haberleşme ve görüntüleme çözümleri ile uydu sistemleri, yüksek çözünürlüklü yeryüzü görüntüleri elde etmek için kullanılan sentetik açıklıklı radarlar, insansız hava araçları ve diğer hava araçlarına entegre edilebilen ve yeryüzünün yüksek çözünürlüklü haritasını oluşturabilen haritalama podu, duvar ya da başka bir engelin arkasında bulunan canlının yerini tespit edebilen duvar arkası radar sistemleri, keşif, gözetleme ve görüntüleme amaçlı farklı tip ve özelliklerde elektro optik kameralar, termal ve endoskopik kameralar, jeneratörler, enerji depolama sistemleri ve verilerin analiz edilip kıymetlendirilerek hızlı karar alınması noktasında karar destek sistemleri gibi pek çok teknolojik ürün ve sistem deprem bölgesinde arama kurtarma ve haberleşme gibi hayati faaliyetlerde rol almıştır.

Yaşanan bu durum, savunma sanayii sistem ve ürünlerinin tasarımında, üretiminde ve idamesinde çift kullanım (dual use) konseptinin ne kadar kritik olduğunu gözler önüne sermiştir. Kahramanmaraş depremleri sonrasında yapılan arama ve kurtarma faaliyetleri, savunma sanayiiimizin imkân ve kabiliyetlerinin topyekûn olarak milli kapasiteye katmış olduğu değeri bir kez daha ortaya koymuş, ayrıca önümüzdeki dönemde yapılacak Ar-Ge çalışmalarına ilişkin saha girdisi sağlamıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Bianet, (2021), "2021-2025 yılları arasında küresel ısınma eşiğine gelinecek", (27 Mayıs 2021), <https://bianet.org/bianet/yasam/244746-2021-2025-yillari-arasinda-kuresel-isinma-esigine-gelinecek>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [2] Özen, Figen; (2017), "Afetlerde Robotların Kullanımı", *Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, (Haziran 2017), https://www.emo.org.tr/ekler/09c7bd3514f9da1_ek.pdf?dergi=1106. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [3] IFRC, "What is a disaster?", <https://www.ifrc.org/our-work/disasters-climate-and-crises/what-disaster>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [4] Etimolojiturkce.com, "Afet", <https://www.etimolojiturkce.com/kelime/afet>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [5] Physiopedia, "Disaster Management", https://www.physio-pedia.com/Disaster_Management. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [6] AFAD, "Afet Türleri", <https://www.afad.gov.tr/afet-turleri>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [7] U.S. Department of Veterans Affairs, "Effects of Disasters: Risk and Resilience Factors", https://www.ptsd.va.gov/understand/types/disaster_risk_resilience.asp. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [8] Grosfield, Lynsey; (2018), "What Are the Negative Effects of Natural Disasters?", *Sciencing*, (25 Nisan 2018), <https://sciencing.com/negative-effects-natural-disasters-8292806.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [9] preventionweb.net, (2015), "Direct & indirect losses", <https://www.preventionweb.net/understanding-disaster-risk/key-concepts/direct-indirect-losses>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [10] Tull, Matthew; (2020), "How to Cope With Natural Disasters", *verywellmind*, (9 Kasım 2020), <https://www.verywellmind.com/coping-with-natural-disasters-2797570>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [11] International Union for Conservation of Nature, "Nature-based solutions to disasters", <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/nature-based-solutions-disasters>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [12] Active Sustainability, "How To Fight Against Natural Disasters", https://www.activesustainability.com/environment/how-to-prevent-natural-disasters/?_adin=11551547647. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [13] Memiş, Levent; Babaoglu, Cenay; (2020), "Afet Yönetimi ve Teknoloji", *Research Gate*, (Mart 2020), https://www.researchgate.net/publication/344397252_Afet_Yonetimi_ve_Teknoloji. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [14] Günaydın, Mücahit; (2019), "Afetle Mücadelenin Dört Evresi", *15. Ulusal Acil Tıp Kongresi*, (Nisan 2019), https://file.atuder.org.tr/_atuder.org/fileUpload/9un3j7grU4kP.pdf. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [15] International Telecommunication Union, "Phases of Disaster Management", <https://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/PublishingImages/phases-dm.png>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [16] M. S. Smith, Alistair; A. Kolden, Crystal; S. Bowman, David M. J.; "Biomimicry can help humans to coexist sustainably with fre", *sci-hub*, <https://sci-hub.se/https://www.nature.com/articles/s41559-018-0712-2>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [17] American Institute Of Physics, (2002), "Earth Scientists Use Fractals To Measure And Predict Natural Disasters", *ScienceDaily*, (31 Ocak 2002), <https://www.sciencedaily.com/releases/2002/01/020131073853.htm>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [18] Radu, Sintia; (2020), "How Technology Can Battle Natural Disasters", *US News*, (15 Ocak 2020), <https://www.usnews.com/news/best-countries/slideshows/technology-can-save-the-world-from-natural-disasters>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [19] Memiş, Levent; Babaoglu, Cenay; (2020), "ACİL DURUM VE AFET YÖNETİMİNDE SÜREÇ YAKLAŞIMI VE TEKNOLOJİ", *Dergipark*, (Eylül 2020), <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1311408>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [20] Hoşgörmez, Hakan; "AFETLERDE BİLİŞİM VE İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI", *İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ AÇIK VE UZAKTAN EĞİTİM FAKÜLTESİ*, http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/acilyardimveafetyonetimi_ao/abvitrk.pdf. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [21] Ural, Suphi; "ARAMA VE KURTARMADA TEKNOLOJİK GELİŞMELER", *Docplayer*, <https://docplayer.biz.tr/13303550-Unite-arama-ve-kurtarma-bilgisi-prof-dr-suphi-ural-icindekiler-hedefler-arama-ve-kurtarmada-teknolojik-gelismeler.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [22] STM ThinkTech, (2018), "Afet Yönetiminde Teknoloji", (26 Ocak 2018), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/afet-yonetiminde-teknoloji?id=88>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [23] Ergin, Ayşen; Balas, Can Elmar; (2005), "TSUNAMİ MODELLERİ", *İnşaat Mühendisleri Odası*, <https://izmir.imo.org.tr/Eklen-ti/1052,tsunami-modelleripdf.pdf?0>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [24] Emergency Management Service, <https://emergency.copernicus.eu/index.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [25] Kılıç, Özkan; Solak, Ali; "Arama Kurtarma'da Uydu Teknolojileri: MEOSAR", *Elektrik Mühendisleri Odası*, https://www.emo.org.tr/ekler/1cd29e0ffa769ec_ek.pdf. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [26] Sakarya, Ufuk; Gürbüz, Sevgi; Demirkesen, Can; Seda Deveci, Hüsne; (2014), "Afet yönetiminde görüntü işleme uygulamalarının kısa bir incelemesi ve RASAT ile örnek uygulamalar", *Research Gate*, (Ocak 2014), https://www.researchgate.net/publication/269995234_Afet_yonetiminde_goruntu_isleme_uygulamlarinin_kisa_bir_incelemesi_ve_RASAT_ile_ornek_uygulamalar. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)

- [27] *Hürriyet*, (2020), "Doğal afetlerde hayat kurtaran mobil uygulamalar", (2 Kasım 2020), <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/dogal-afetlerde-hayat-kurtaran-mobil-uygulamalar-41651727>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [28] Değirmen, Sema; Çavdur, Fatih; Sebatlı, Ali; (2018), "Afet Operasyonları Yönetiminde İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı: Gözetleme Operasyonları İçin Rota Planlama", *Dergipark*, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/613822>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [29] Gülci, Sercan; Emin Akay, Abdullah; (2015), "Using thermal infrared imagery produced by unmanned air vehicles to evaluate locations of ecological road structures", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, <https://www.forestist.org/Content/files/sayilar/76/76-305.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [30] *Distrelec*, (2021), "5 inspirational search and rescue robots", (27 Haziran 2021), <https://knowhow.distrelec.com/transportation/5-inspirational-search-and-rescue-robots/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [31] Pozniak, Helena; (2020), "Finders, keepers: search and rescue robots evolve", *Engineering And Technology*, (22 Ocak 2020), <https://eandt.theiet.org/content/articles/2020/01/finders-keepers-search-and-rescue-robots-evolve/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [32] Murphy, Robin R., (2008), "Search and Rescue Robotics", *Research Gate*, (Ocak 2008), https://www.researchgate.net/publication/225916883_Search_and_Rescue_Robotics. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [33] *Robot Advance*, "A robot to help fire soldiers", <https://www.robot-advance.com/EN/actualite-a-robot-to-help-fire-soldiers-119.htm>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [34] *TheLastNewspaper*, "Thermite RS1-T2 Robot For Remote Reconnaissance And Fighting Fire", <https://thelastnewspaper.com/thermite-rs1-t2-robot-for-remote-reconnaissance-and-fighting-fire/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [35] Soffel, Jenny; (2016), "These RoboBees could pollinate crops and save disaster victims", *World Economic Forum*, (27 Haziran 2016), <https://www.weforum.org/agenda/2016/06/the-bees-of-the-future-that-can-pollinate-and-save-disaster-victims/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [36] Beth Albright, Mary; (2014), "Could Robot Bees Help Save Our Crops?", *National Geographic*, (21 Ağustos 2014), <https://www.nationalgeographic.com/culture/article/could-robot-bees-help-save-crops>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [37] *EKU Online*, "When Disaster Strikes: Technology's Role in Disaster Aid Relief", <https://safetymanagement.eku.edu/blog/when-disaster-strikes-technologys-role-in-disaster-aid-relief/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [38] *STM ThinkTech*, (2018), "Kamu Güvenliğinin Sağlanmasında Yeni Teknolojik Boyutlar", (7 Aralık 2018), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/kamu-guvenliginin-saglanmasinda-yeni-teknolojik-boyutlar?id=186>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [39] Matthews, Kayla; (2019), "4IoT Technologies That Are Saving Lives", *ubi- dots*, (8 Ağustos 2019), <https://ubidots.com/blog/4-iot-technologies-that-are-saving-lives/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [40] *in THE FIELD*, (2015), "Sensor networks helping predict and respond to natural disasters", (Ekim 2015), <https://www.inthefieldstories.net/sensor-networks-helping-predict-and-respond-to-natural-disasters/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [41] Rathore, V; (2016), "Technology in Disaster Management and Disaster Risk Reduction: A Review of Applications", *Core*, <https://www.inthefieldstories.net/sensor-networks-helping-predict-and-respond-to-natural-disasters/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [42] *En Son Haber*, (2021), "Yangın söndürmeyi ileri bir boyuta taşıyacak 9 teknoloji", (4 Ağustos 2021), <https://www.ensonhaber.com/teknoloji/yangin-sondurmeyi-ileri-bir-boyuta-tasiyacak-9-teknoloji>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [43] *detaysoft*, "Smart Capsules to Combat Forest Fires", <https://detaysoft.com/en-US/orman-yanginlarina-karsi-akilli-orman-kapsulu-news-69>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [44] *BT Haber*, (2020), "Orman Yangınlarına Karşı Akıllı Orman Kapsülü Geliştirildi", (24 Haziran 2020), <https://www.bthaber.com/orman-yanginlarina-karsi-akilli-orman-kapsulu-gelistirildi/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [45] *Teknofest*, "İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU", <https://docplayer.biz.tr/219599492-Teknofest-ha-vacilik-uzay-ve-teknoloji-festivali-insanlik-yararina-teknoloji-yaris-masi-proje-detay-raporu-proje-kategorisi-afet-yonetimi.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [46] Radu, Sintia; (2020), "How Technology Can Battle Natural Disasters", *US News*, (15 Ocak 2020), <https://www.usnews.com/news/best-countries/slideshows/technology-can-save-the-world-from-natural-disasters?slide=5>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [47] McCallum, Ian; (2016), "Technologies to Support Community Flood Disaster Risk Reduction", *Springer Link*, (17 Haziran 2016), <https://link.springer.com/article/10.1007/s13753-016-0086-5>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [48] *STM ThinkTech*, (3 Kasım 2017), "Kamu Güvenliği ve Acil Yardım Görevlerine Yönelik Haberleşme Sistemleri", <https://thinktech.stm.com.tr/tr/kamu-guvenligi-ve-acil-yardim-gorevlerine-yonelik-haberlesme-sistemleri?id=32>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [49] *International Strategy for Disaster Reduction*, (2001), "The role of Science and Technology in Disaster Reduction", https://www.unisdr.org/2001/campaign/pdf/Kit_2_The_Role_of_Science_and_Technology_in_Disaster_Reduction.pdf. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [50] Lal, B Suresh; (2008), "Information And Communication Technology For Disaster Management", *Academia*, https://www.academia.edu/39404962/INFORMATION_AND_COMMUNICATION_TECHNOLOGY_FOR_DISASTER_MANAGEMENT?from=cover_page. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)

- [51] Stevens, Greg; (2013), "Open Source Wi-Fi Tower", *GitHub*, (15 Kasım 2013), https://github.com/servalproject/foss-comms-tower/blob/master/GS_4700_Thesis.pdf. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [52] *Solaris Technologies Services*, <https://solaristechservices.com/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [53] *PES - Power & Energy Solutions*, "Solar power in disaster relief", http://cdn.pes.eu.com/assets/misc_dec/disaster-relief-pdf-302488624204.pdf. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [54] Roblin, Amelia; (2013), "The Archelon Emergency Capsule Provides Refuge During Floods", *Trendhunter*, (12 Mart 2013), <https://www.trendhunter.com/trends/archelon-emergency-capsule>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [55] *STM ThinkTech*, (2020), "Bu Sistemlerin Gözünden Hiçbir Şey Kaçmıyor", (4 Şubat 2020), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/bu-sistemlerin-gozunden-hicbir-sey-kacmiyor>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [56] Demiröz, Kader; (2020), "Afet Kriz Yönetiminde Sosyal Medyanın İşlevselliği ve Zararları Üzerine Bir İnceleme", *Dergipark*, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1098774>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [57] Alexander, David; (2013), "Social Media in Disaster Risk Reduction and Crisis Management", *Research Gate*, (Aralık 2013), https://www.researchgate.net/publication/259202727_Social_Media_in_Disaster_Risk_Reduction_and_Crisis_Management. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [58] Saghafian, Mina; (2020), "The Evaluation of Virtual Reality Fire Extinguisher Training", <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.593466/full>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [59] Sözcü, (2023), "İnsansız hava araçları, ısı dedektörleri, uydular... Teknoloji doğal afetin etkilerini nasıl değiştirebilir?", (11 Şubat 2023), <https://www.sozcu.com.tr/2023/teknoloji/insansiz-hava-araclari-isi-dedektorleri-uydular-teknoloji-dogal-afetin-etkilerini-nasil-degistirebilir-7588134/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [60] SSB, (2023), *Twitter*, (10 Şubat 2023) <https://twitter.com/SavunmaSanayii/status/1624141119310143488>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [61] STM, (2023), *Twitter*, (28 Şubat 2023), <https://twitter.com/STMDefence/status/1629494401289297920>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [62] ASELSAN, <https://www.aselsan.com/tr>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [63] Çalışan, Mücahit; Türkoğlu, İbrahim; (2011), "TERMAL KAMERALAR VE UYGULAMALARI", *Bingöl Üniversitesi*, [https://www.bingol.edu.tr/documents/Termal%20Kameralar%20ve%20Uygulamalar%C4%B1%20\(FEEB\).pdf](https://www.bingol.edu.tr/documents/Termal%20Kameralar%20ve%20Uygulamalar%C4%B1%20(FEEB).pdf). (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [64] *STM ThinkTech*, (2019), "Geniş Alan Gözetleme Sistemleri", (5 Şubat 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/genis-alan-gozetleme-sistemleri>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [65] NTV, (2023), "Termal kameralar da sahada", (9 Şubat 2023), <https://www.ntv.com.tr/turkiye/termal-kameralar-da-sahada,v-48Ru40s0Eqaqt75dkLSlg>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [66] *TRT Haber*, (2023), "Çubuk kameralar ilk kez 'yaşama' uzandı", (10 Şubat 2023), <https://www.trthaber.com/haber/gundem/cubuk-kameralar-ilk-kez-yasama-uzandi-745066.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [67] *Milliyet*, (2023), "Kahraman teknolojiler", (17 Şubat 2023), <https://www.milliyet.com.tr/ekonomi/kahraman-teknolojiler-6904968>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [68] *Leader Group*, "USAR Life Locator, Detector and Search Camera", <https://www.leader-group.company/en/urban-search-and-rescue-equipment-usar/usar-life-locator-detector-and-search-camera>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [69] *STM ThinkTech*, (2019), "Küçük Uydular ve Başarı Potansiyelleri", (22 Şubat 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/kucuk-uydular-ve-basari-potansiyelleri>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [70] *Türkiye Uzay Ajansı*, "GÖKTÜRK-2", <https://tua.gov.tr/tr/proje/gokturk-2>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [71] Ball, Mike; (2021), "Optical Radar Pods for UAV-Based Maritime Surveillance", *Unmanned Systems Technology*, (4 Ağustos 2021), <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2021/08/optical-radar-pods-for-uav-based-maritime-surveillance/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2022)
- [72] STM, "DAR® Duvar Arkası Radar", <https://www.stm.com.tr/tr/cozumlerimiz/komuta-kontrol/dar>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [73] Balcıkoca, Sinan; Kul, Hasan Hüseyin; (2023), "Savunma sanayisi için üretilen "Duvar Arkası Radar" deprem bölgesinde can kurtarıyor", *Anadolu Ajansı*, (10 Şubat 2023), <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/savunma-sanayisi-icin-uretilen-duvar-arkasi-radar-deprem-bolgesinde-can-kurtariyor/2814136>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [74] STM, "Muharebede Kanıtlanmış Döner Kanatlı Vurucu İHA Sistemi", <https://www.stm.com.tr/tr/cozumlerimiz/taktik-mini-ihha-sistemleri/kargu>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [75] Yıldırım, Göksel; (2023), "ASELSAN depremin yaralarını sarmak için afet bölgesinde", *Anadolu Ajansı*, (2023), <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/aselsan-depremin-yaralarini-sarmak-icin-afet-bolgesinde/2823921>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [76] ASELSAN, *Twitter*, (12 Şubat 2023), <https://twitter.com/aselsan/status/1624791760990765060>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [77] *Savunma Haber*, (2022), "GÜKAS, an ASELSAN-İNDES Engineering Joint Development, In Service With TAF", (12 Ocak 2022), <https://www.savunmahaber.com/en/indes-muhendislik-aselsan-gukas/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)

- [78] BAYKAR, (2023), "Deprem bölgesinde Bayraktar AKINCI ve Bayraktar TB2 İHA'ları 2417 saat 6 dakika uçtu", (4 Mart 2023). (Erişim Tarihi: 21 Mart 2023) <https://baykartech.com/tr/haberler/deprem-bolgesinde-bayraktar-akinci-ve-bayraktar-tb2-ihala-ri-2417-saat-6-dakika-uctu/>
- [79] BAYKAR, (2023), "Bayraktar Akinci", <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-akinci/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [80] Alagöz, Zehra; (2023), "Deprem bölgesi Bayraktar AKINCI kamerasında", İhlas Haber Ajansı, (9 Şubat 2023), <https://www.ihacom.tr/haber-deprem-bolgesi-bayraktar-akinci-kamerasinda-1146578/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [81] BAYKAR, (2023), "Bayraktar TB2", <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-tb2/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [82] SavunmaSanayiST, (2023), "Hızlı Haritalama Podu Entegreli Bayraktar TB2 Taktik İHA", (11 Şubat 2023), <https://www.savunma-sanayist.com/hizli-haritalama-podu-entegreli-bayraktar-tb2-taktik-ih/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [83] BAYKAR, "Faydalı Yük Sistemleri", <https://baykartech.com/tr/faydalı-yuk-sistemleri/#:~:text=H%C4%B1z%C4%B1%20Haritala-ma%20Podu,ke%C5%9Fif%2C%20g%C3%B6zetleme%20ve%20hedefleme%20sistemidir>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [84] C4 DEFENCE, (2023), "Altınay Savunma Deprem Bölgesinde", (8 Şubat 2023), <https://www.c4defence.com/altinay-savunma-deprem-bolgesinde/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [85] TRT Haber, (2023), "Çubuk kameralar ilk kez 'yaşama' uzandı", (10 Şubat 2023), <https://www.trthaber.com/haber/gundem/cubuk-kameralar-ilk-kez-yasama-uzandi-745066.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [86] Esetron, "YILAN KAMERA", www.esetron.com.tr/catalog/snake.pdf. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [87] Yıldırım, Göksel; (2023), "Baha ve Poyraz arama-kurtarma ekiplerinin 'gözü' oldu", Anadolu Ajansı, (11 Şubat 2023) <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/baha-ve-poyraz-arama-kurtarma-ekiplerinin-gozu-oldu/2815671>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [88] Milliyet, (2023), "BAHA Deprem Bölgesinde", (14 Şubat 2023), <https://web.interpress.com/app/document/viewer/4d755069-ae1c-4e07-9b45-4cccf52c8924?cid=OfEgKnuENJ0%3D>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [89] HAVELSAN, "HAVELSAN BAH", <https://www.havelsan.com.tr/sektorler/egitim-ve-simulasyon/robotik-ve-otonom-sistemler/b30>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [90] Gazete İçdir, (2023), "Bakanlık, uydru ve İHA'larla hasar tespiti yapıyor", (14 Şubat 2023), <https://web.interpress.com/app/document/viewer/1b90afcc-0b84-4427-a444-ba4e4ae02ce7?cid=OfEgKnuENJ0%3D>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [91] Atlas, <https://atlas.harita.gov.tr>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [92] Haber 7, (2023), "Yerli ve milli imkanlarla üretildi: Depremlerde can oldu", (3 Mart 2023), <https://ekonomi.haber7.com/ekonomi/haber/3306547-yerli-ve-milli-imkanlarla-uretildi-depremlerde-can-oldu>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)
- [93] TRT Haber, (2023), "Yerli ve milli görüntüleme cihazı deprem bölgesinde kullanılıyor", (9 Şubat 2023), <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/yerli-ve-milli-goruntuleme-cihazı-deprem-bolgesinde-kullaniliyor-744758.html>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)
- [94] Assuva Savunma Sanayi A.Ş., "https://assuvasavunma.com/proton-elic-rb-i-m-4/", <https://assuvasavunma.com/proton-elic-rb-i-m-4/>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)
- [95] M5 Dergi, "Türk Hava Kuvvetleri envanterindeki ANKA-S İHA'larda arama-kurtarma ve yardım çalışmalarının koordinasyonu için aralıksız görev yapıyor. #deprem", Twitter, <https://twitter.com/M5Dergi/status/1623398994629038080>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)
- [96] TUSAŞ, (2020), "ANKA İHA Sistemi", <https://www.tusas.com/urunler/ih/operatif-stratejik-ih-sistemleri/anka> (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)
- [97] Kanchwala, Hussain; (2022), "What Are Cell Towers And How Do They Work?", Science ABC, (27 Temmuz 2022), <https://www.scienceabc.com/innovation/cell-tower-work.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [98] Özdağ, Recep; (2021), "Gelecek nesil hücresel ağlarda çoklu İnsansız Hava Aracı Baz İstasyonlarının 3D konum optimizasyonu ve yeni bir meta-sezgisel yaklaşım", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1040910>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [99] Tanrıver, Noyan; (2020), "AFET DURUMLARI İÇİN DRONE DESTEKLİ ERİŞİM NOKTASININ BAŞARIM ANALİZİ", DÜZCE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, <https://bit.ly/3ZHYiWA>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [100] STM ThinkTech, (2020), "YENİ UZAY ÇAĞI: 21'İNCİ YÜZYILDA KOZMİK REKABET III - Takım Uydular Çağında Fırsat ve Tehditler", (30 Kasım 2020), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/yeni-uzay-cagi-21inci-yuzyilda-kozmik-rekabet-iii-takim-uydular-caginda-firsat-ve-tehditler>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [101] Şahin, Anıl; (2023), "JEMUS Telsiz Altyapısı Her Depremde Ayakta", Savunmasanayist, (18 Şubat 2023), <https://www.savunma-sanayist.com/depremde-her-sey-sustu-aselsan-jemus-konustu/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [102] Azman, Kaan; (2023), "AKSUNGUR İHA'dan deprem bölgeleri için iletişim desteği!", (9 Şubat 2023), <https://www.defenceturk.net/aksungur-ihadan-deprem-bolgeleri-icin-iletisim-destegi>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [103] TUSAŞ, "AKSUNGUR İHA, ÜZERİNDE YER ALAN BAZ İSTASYONU İLE DEPREM BÖLGESİNDE İLETİŞİME DESTEK VERİYOR", <https://www.tusas.com/medya-merkezi/haberler/aksungur-ih-uzerinde-yer-alan-baz-istasyonu-ile-deprem-bolgesinde-iletisime-destek-veriyor>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)

- [104] Prof. Dr. İsmail Demir, *Twitter*, <https://twitter.com/IsmailDemirSSB>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [105] *Gazete Trabzon*, (2023), "Deprem Bölgesinde Türk İHA'ları", (14 Şubat 2023), <https://web.interpress.com/app/document/viewer/d5aba4d1-a152-45ee-b6a2-5a852c6e4333?cid=OfEgKnuENJ0%3D>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [106] İhlas Haber Ajansı, <https://www.ihha.com.tr/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [107] Yıldırım, Göksel; (2023), "Aksungur İHA ile deprem bölgesine baz istasyonu hizmeti", *Anadolu Ajansı*, (9 Şubat 2023), <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/aksungur-ihha-ile-deprem-bolgesine-baz-istasyonu-hizmeti/2812580>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [108] *TRT Haber*, (2021), "Yangınla mücadelede görev alacak", (3 Haziran 2021), <https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/yanginla-mucadelede-gorev-alacak-585746.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [109] *TUSAŞ*, "AKSUNGUR", <https://www.tusas.com/urunler/ihha/yuksek-faydali-yuk-kapasitesi/aksungur>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [110] Balcıkoca, Sinan; Yılmaz, Mustafa; (2023), "Türksat internet hizmeti için deprem bölgesine 800'den fazla uydu terminali ulaştırdı", *Anadolu Ajansı*, (12 Şubat 2023), <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/turksat-internet-hizmeti-icin-deprem-bolgesine-800den-fazla-uydu-terminali-ulastirdi/2817094>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)
- [111] Topçu, Fatma Eda; (2023), "GSM operatörleri, yüzlerce mobil baz istasyonunu deprem bölgesine yönlendirdi", *Anadolu Ajansı*, (6 Şubat 2023), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/gsm-operatorleri-yuzlerce-mobil-baz-istasyonunu-deprem-bolgesine-yonlendirdi/2808472>. (Erişim Tarihi: 21 Mart 2023)
- [112] *STM ThinkTech*, (2022), "Enerji Depolama Teknolojilerindeki Son Gelişmeler", (5 Ocak 2022), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/enerji-depolama-teknolojilerindeki-son-gelistmeler>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [113] *Renault Group*, (2019), "The challenges of stationary energy storage", (10 Aralık 2019), <https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/the-challenges-of-stationary-energy-storage/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [114] *ASPILSAN*, (2023), "Hatay Narlıca'daki 200 Çadırılık, Çadır Kentin Elektrik İhtiyacını ASPILSAN Enerji Karşılıyor", (28 Şubat 2023), <https://www.aspilsan.com/hatay-narlicadaki-200-cadirlik-cadir-kentin-elektrik-ihtiyacini-aspilsan-enerji-karsiliyor/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [115] *ASPILSAN*, "Enerji Depolama Sistemi", <https://www.aspilsan.com/cozumler/enerji-depoloma/enerji-depolama-sistemi/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [116] *ASPILSAN*, *Twitter*, (10 Şubat 2023), https://twitter.com/aspilsan_enerji/status/1623962507223105537. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [117] *ASPILSAN*, "TELEKOMÜNİKASYON 48V 100 AH Batarya", <https://www.aspilsan.com/wp-content/uploads/2022/04/Telekomunikasyon-Batarya.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [118] *ASPILSAN*, *Twitter*, (18 Şubat 2023), https://twitter.com/search?q=ASP%C4%B0LSAN%20Enerji%2C%20BB-2590%20&src=typed_query. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [119] *ASPILSAN*, "BB-2590-U ŞARJ EDİLEBİLİR Lİ-İYON BATARYA" <https://www.aspilsan.com/wp-content/uploads/2022/04/2590.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [120] Can Aka, Mert; (2023), "ASPILSAN'ın powerbankleri ilk kez görüntüldü: İşte özellikleri!", *Shift Delete*, (14 Şubat 2023), <https://shiftdelete.net/deprem-aspilsan-uretimi-powerbankler>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [121] *cevreciyiz*, (2023), "Deprem bölgesine rüzgâr ve güneş desteği", (22 Şubat 2023), <http://www.cevreciyiz.com/makale-de-tay/1703/deprem-bolgesine-ruzgr-ve-gunes-destegi>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)
- [122] Villi, Osman; Yakar, Murat; (2022), "İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri", *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2709092>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [123] Akalın, Cem; "Doğal Afet ve Salgınların Yeni Bekçileri Drone'lar", *Aviation Turkey*, <https://www.aviationturkey.com/files/news/5ec95f3c11c64.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [124] *Vizyoner Genç*, (2020), "İnsansız Kara Aracı (İKA) Sınıflandırması ve Muharebe Sahasında Kullanımı I Tavsiyeler ve Çözümler", (10 Nisan 2020), <https://vizyonergenc.com/icerik/i-nsansiz-kara-araci-i-ka-siniflandirmasi-ve-muharebe-sahasinda-kullanimi-tavsiyeler-ve-cozumler>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [125] *SavunmaSanayiST*, (2022), "ALTINAY ve DASAL'ın Asimetrik Savaş ve Özel Operasyon Ürünlerini Yakından Görebilme Fırsatı", (12 Eylül 2022), <https://www.savunmasanayi.org/altinay-ve-dasalin-asimetrik-savas-ve-ozel-operasyon-urunlerini-yakindan-gorebilme-firsati/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [126] *Defense Here*, (2023), "Fly Bvlos Technology firması deprem bölgesine dron ve pilotlarını gönderdi", (7 Şubat 2023), <https://www.defensehere.com/tr/fly-bvlos-technology-firmasi-deprem-bolgesine-dron-ve-pilotlarini-gonderdi>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [127] *FlyBVLOS*, "İHA'LARIMIZ", <https://flybvlostechonology.com/tr/ihalarimiz>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [128] Torlak, Hakan; (2023), "Fly BVLOS Technology, İHA ve pilotlarıyla deprem bölgesinde", (9 Şubat 2023), <https://www.defence-turk.net/fly-bvlos-technology-ihha-ve-pilotlariyla-deprem-bolgesinde>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [129] *Savunma TR*, (2023), "BAHA, POYRAZ ve BARKAN deprem sahasında", (12 Şubat 2023), <https://www.savunmatr.com/savunma-sanayii/baha-poyraz-ve-barkan-deprem-sahasinda-h19468.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)

- [130] HAVELSAN, "HAVELSAN BARKAN", <https://www.havelsan.com.tr/sectorler/egitim-ve-simulasyon/robotik-ve-otonom-sistemler/havelsan-barkan>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [131] Lavars, Nick; (2017), "Drone acts as flying cell tower to provide coverage kilometers away", *New Atlas*, (31 Mayıs 2017), <https://newatlas.com/flying-cell-tower-drone/49804/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [132] Allevan, Monica; (2017), "Verizon tests 'flying cell site' as part of emergency preparedness efforts", (7 Nisan 2017), <https://www.fiercewireless.com/wireless/verizon-tests-flying-cell-site-drone-as-part-emergency-preparedness>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [133] Wired, (2018), "It's a Bird, a Plane... It's a Flying Cell Tower", (Kasım 2018), <https://www.wired.com/brandlab/2018/11/bird-plane-flying-cell-tower/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [134] CISION, (2018), "Power Suit for Disaster Relief: Robot Exoskeleton From German Bionic Supports Rescue Teams During Challenging Missions", (19 Aralık 2018), <https://www.prnewswire.com/news-releases/power-suit-for-disaster-relief-robot-exoskeleton-from-german-bionic-supports-rescue-teams-during-challenging-missions-889682674.html>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [135] Kökçü, Ata Ahmet; (2020), "ASELSAN Askeri Yürüyüş Asistanı'nı geliştirmeye devam ediyor", *Defence Türk*, (17 Mart 2020), <https://www.defenceturk.net/aselsan-askeri-yuruyus-asistanini-gelistirmeye-devam-ediyor>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [136] Xiaoci, Deng; (2021), "Chinese space firm delivers exoskeleton system to firefighters, enhances performance in fighting grassland, forestry fires", *Global Times*, (21 Nisan 2021), <https://www.globaltimes.cn/page/202104/1221691.shtml>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [137] İçten, Tarık; Bal, Güngör; (2017), "Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi", *Research Gate*, (Nisan 2017), https://www.researchgate.net/publication/325594543_Artirilmis_Gerceklik_Uzerine_Son_Gelismelerin_ve_Uygulamaların_Incelenmesi. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [138] Zhu, Yiqing; Li, Nan; (2021), "Virtual and augmented reality technologies for emergency management in the built environments: A state-of-the-art review", *ScienceDirect*, (Mart 2021), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266644962030030X#-bib0077>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [139] iNNOVA, (2020), "3D baskı inovasyonları çeşitleniyor", (6 Ekim 2020), <https://www.innova.com.tr/tr/blog/dijital-donum-sum-blog/3d-baski-inovasyonlari-cesitleniyor>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [140] Sözcü, (2023), "Barınma krizine farklı bir çözüm... 3D baskı ile ev yaptılar", (24 Ocak 2023), <https://www.sozcu.com.tr/2023/teknoloji/barinma-krizine-farkli-bir-cozum-3d-baski-ile-ev-yaptilar-7566720/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [141] Webster, Will; (2018), "This 3D printed concrete could hold structures together during earthquakes", (23 Kasım 2018), <https://www.redbull.com/au-en/3d-printed-cement-to-earthquake-proof-buildings>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [142] ZOTOMAYOR, CARLOS; (2021), "Who Knew You Could Simulate Earthquakes Using 3D Printers?", *SolidSmack*, (22 Ekim 2021), <https://www.solidsmack.com/fabrication/simulate-earthquakes-using-3d-printers/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [143] Fleming, Sean; (2021), "The affordable 3D-printed home that could transform African urbanization", *World Economic Forum*, (30 Haziran 2021), <https://www.weforum.org/agenda/2021/06/3d-printed-home-african-urbanization/>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [144] Adıgüzel, Selminaz; (2022), "Afet Durumlarında Yapay Zekâ Teknolojisi ile Lojistik Yönetimi Örnekleri", *Akademik İzdüşüm Dergisi*, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2189857>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [145] Harris, William; "10 Technologies That Help Buildings Resist Earthquakes", *howstuffworks*, <https://science.howstuffworks.com/innovation/science-questions/10-technologies-that-help-buildings-resist-earthquakes.htm>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [146] Lewis, Scott; (2017), "The 10 Largest Base-Isolated Buildings in the World", (17 Temmuz 2017), *Engineering News-Record*, <https://www.enr.com/articles/42366-the-10-largest-base-isolated-buildings-in-the-world>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [147] Gökkyun, Sevgi Ceren; (2021), "Ulusal mobil uyarı sistemi kuruluyor", *Anadolu Ajansı*, (26 Şubat 2021), <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/ulusal-mobil-uyari-sistemi-kuruluyor/2157588>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [148] Boddice, Daniel; (2023), "HOW CAN QUANTUM TECHNOLOGY IMPROVE EARTHQUAKE DETECTION?", *PreventionWeb*, (22 Şubat 2023), <https://www.preventionweb.net/news/how-can-quantum-technology-improve-earthquake-detection>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [149] Burón B., Luis; (2020), "Invest more in predicting the future to be better prepared, say experts", *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*, (28 Temmuz 2020), <https://www.undrr.org/news/invest-more-predicting-future-be-better-prepared-say-experts>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [150] AFAD, "TABB (Türkiye Afet Bilgi Bankası)", <https://www.afad.gov.tr/tabb-turkiye-afet-bilgi-bankasi>. (Erişim Tarihi: 10 Mart 2023)
- [151] kısa dalga, (2023), "Depremde hayat kurtaracak uygulama! İnternetsiz çalışıyor, enkaz altında canlı olup olmadığını tespit ediyor", (10 Şubat 2023), https://kisadalga.net/haber/detay/depremde-hayat-kurtaracak-uygulama-internetsiz-calisiyor-enkaz-altinda-canli-olup-olmadigini-tespit-ediyor_56224. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)
- [152] Karakoç, Nilüfer; (2023), "İTÜ'den İnternet Bağlantısı Gerektirmeyen Enkaz Dinleme Uygulaması", *Arkitera*, (9 Şubat 2023), <https://www.arkitera.com/haber/ituden-internet-baglantis-gerektirmeyen-enkaz-dinleme-uygulamasi/>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2023)

