

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI KULLANIMININ ROLÜ ÜZERİNE BİR İNCELEME

A REVIEW ON THE ROLE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Arş. Gör. Dr. Bilge Meydan
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İşletme Bölümü
bilge.meydan@dpu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1478-5999

Gönderim 13 Aralık 2023 – Kabul 5 Ocak 2024
Received 13 December 2023 – Accepted 5 January 2024

Öz: Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile İnsansız Hava Araçları (İHA)'nın küçük boyutlu versiyonlarının günlük hayatta bireysel kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır. İlk başlarda askeri savunmada keşif ve taarruz amacıyla kullanılan İHA'ların günümüzde farklı amaçlara özel donatılmış olması başka alanlarda kullanımını vazgeçilmez kılmıştır. Bu çalışma İHA'ların son dönemde yükselen eğilimdeki kullanım alanlarıyla ilgili detaylı bir literatür taraması gerçekleştirilerek İHA kullanımının Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri(SKH)'ne sağladığı faydalar incelenmiştir. Bu kapsamda açlık ve yoksulluğun önlenmesinde, eşitsizliklerin azaltılmasında, sudaki yaşam ve karasal yaşamın korunmasında İHA kullanımının katkıları değerlendirilmiştir. Teknik anlamda İHA'ların temel amacı olan alan ve arazi izlemesinde İHA kullanımı üzerine yapılan çalışmalara yoğunlaşmış ve konularına göre sınıflandırılmıştır. 2010-2023 yılları aralığında arazi izlemede İHA kullanımı ile ilgili çalışmalar afet yönetimi, fotogrametrik araştırmalar, insani yardım ulaştırma ve tarım olmak üzere 4 temel başlıkta gruplanarak yapılan 48 çalışma incelenmiştir. Gerçek hayattaki problemleri çözmeye İHA kullanımının farklı eklentiler ve yazılımlarla farklı amaçlar için kullanımının yoğunlaştığı, klasik araçlara göre maliyet tasarrufu, hız ve kalitede büyük fark yarattığı görülmüştür. Bu çalışma arazi izleme çalışmalarında ilgili araştırmacılara bir kılavuz oluşturmak amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı (İHA), sürdürülebilir kalkınma hedefleri, hassas tarım, insani yardım, afet yönetimi.

Abstract: Nowadays, with the advancement of technology, small-sized versions of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are frequently used individually in daily life. UAVs, which were initially used for reconnaissance and attack purposes in military defense, are now specially equipped for different purposes, making their use in other areas indispensable. This study carried out a detailed literature review on the usage areas of unmanned aerial vehicles (UAVs) and highlighted the benefits of UAV use to reach Sustainable Development Goals have been examined. In this context, the contributions of UAV use in preventing hunger and poverty, reducing inequalities, and protecting aquatic and terrestrial life have been evaluated. Focused on the studies on the use of UAVs in field and land monitoring, which is the main purpose of UAVs in technical terms classified according to their subjects. Between 2010 and 2023, 48 studies on the use of UAVs in land monitoring have been examined, grouped under 4 main headings: disaster management, photogrammetric research, humanitarian aid transportation and agriculture. It has been observed that the use of UAVs for different purposes with different add-ons and software has increased in solving real-life problems, and that it has made a big difference in cost saving, speed and quality

compared to classical applications. This study has been prepared to provide a guide for relevant researchers in land monitoring studies.

Keywords: *Unmanned Air Vehicle (UAV), sustainable development goals, precision agriculture, humanitarian aid, disaster management.*

GİRİŞ

Otonom olarak ya da uzaktan kontrol edilerek belirlenen rota dahilinde verilen görevi yerine getirebilen mürettebatsız hava araçlarına İnsansız Hava Aracı (İHA) denir. Havada uçuşundan dolayı “arı” anlamına gelen “drone” kelimesi de kullanılmaktadır. İlk olarak askeri savunmada keşif, gözlem ve taarruz amacıyla kullanılmaya başlanan İHA’lar günümüzde farklı boyut ve donanımlarıyla özel amaçlar için kullanılabilir. Bireysel olarak hobi amaçlı kullanımlar için üretilen kolay erişilebilir İHA’ların yanında sulama, yük taşıma, yangın söndürme, yer altı görüntüleme gibi özel donanıma sahip çeşitleri de mevcuttur. Kullanım amacına göre ağırlığı, boyutu, kontrol menzili de değişen İHA’larla günlük yaşamımızda neredeyse her alanda karşılaşmamız mümkündür.

İHA’ların çıkış noktası Askeri Savunma olsa da kullanım alanı oldukça geniştir. Gelişen teknolojilerle birlikte uzaktan algılama, fotogrametrik algılayıcılar ve taşıma platformları hızlı bir şekilde değişmekte ve gelişmektedir. Afet bölgeleri, arkeolojik kazılar ve tarım alanlarının incelenmesinde İHA’ların avantajı bu alanda çalışanlar için oldukça popüler olmasını sağlamıştır. Helikopter, uçak ve uydular gibi birçok taşıyıcı platform amaçlarına uygun olarak yeryüzüne ait görüntülerin elde edilmesi için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak küçük alanlar söz konusu olduğunda bu tür insanlı taşıyıcı platformlar ve uydular ile veri toplamada bazı sorunlar ile karşılaşmaktadır. Bu sorunların başında insanlı hava araçlarının görüntü elde etme üzere kalkışının çok pahalı olması ve elde edilen görüntülerin küçük alanlara bölünmesinde netlik sorununun yaşanmasıdır. Bu maliyetlerden dolayı anlık veri almak için tekrar uçuşa geçmesi oldukça külfetli olmaktadır. İHA’lar ise tam zamanlı veri elde etme ve verinin tutarlı kontrolü için oldukça düşük maliyetlerle tekrar tekrar havalandırılabilir. Diğer bir sorun ise insanlı hava araçları uçak ve helikopterlerin hava koşullarından İHA’lara göre daha fazla etkilenmesidir. Uçak ve helikopterlerde küçük alanlar için bulutlu havalarda görüntü alma kalitesi düşerken İHA’ların tırmanma ve dalma fonksiyonlarının kumanda edilebilmesi sebebiyle çok daha kaliteli görüntü elde edilebilmektedir (Comert vd. 2012). Günümüzde hızlı kargo teslimatında da İHA’ların kullanımı göze çarpmaktadır. Karayolu taşımacılığına göre daha hızlı ve uçakla taşımacılığa göre daha az maliyetli olması İHA’ları avantajlı kılmaktadır. Ürünlerini müşterilerine hızlı teslim etmek isteyen online alışveriş siteleri özellikle son kilometre taşımacılığında İHA’lardan yararlanmaktadır. Kargo taşımacılığında hız kadar çevreye daha az karbon salınımını da sağlayan İHA’ların karayolu taşımacılığı ile koordineli kullanımının yapıldığı son kilometre taşımacılığı uygulamalarına da literatürde sıklıkla rastlanmaktadır (Kanık vd. 2023). Bu çalışmada İHA’ların farklı amaçlarla kullanılmasına dikkat çekerek araştırmacılara en bilinen uygulama alanları olan askeri ve lojistik faaliyetler dışındaki uygulama alanları hakkında kılavuz oluşturmak amaçlanmıştır.

İHA’ların sağladığı sayısız fayda göz önünde bulundurulduğunda Birleşmiş Milletler’in 2015 yılında yayımladığı Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH)’ni

gerçekleştirmede etkisini incelemek literatüre katkı açısından ilginç bir alan olarak görülmüştür. Küresel olarak belirlenen 17 hedef Şekil 1’de görülebilir. Bu hedefler fırsat eşitsizliklerinin giderilmesini amaçlayarak tüm milletler için daha insani ve yaşanabilir koşullar sağlamaya yönelik tasarlanmıştır. İncelenen çalışmalar SKH bağlamında değerlendirildiğinde 17 hedefin ve alt amaçlarının gerçekleştirilmesi kapsamında açlığın ve yoksulluğun önlenmesi, eşit sağlık imkânlarının sağlanması, su ve karasal yaşamın korunması, kültürel mirasın korunması açısından son yıllarda İHA kullanımının katkı sağladığı görülmektedir. Küresel olarak belirlenen hedefler doğrultusunda açlığın ve yoksulluğun önlenmesi, eşit sağlık imkânlarının sağlanması, su ve karasal yaşamın korunması açısından İHA’ların son yıllarda kullanımının etkisi yadsınamaz. İncelenen literatürde de kırsal kesimlere insani yardımların ulaştırılmasında, sağlık hizmetlerinin en hızlı şekilde ulaştırılarak can kayıplarının önlenmesinde, afet yönetimi ile ilgili gerek hasarın hızlı tespit edilerek müdahalelerin hızlı ve doğru yapılmasında gerekse yardımların hızlı ve etkili ulaştırılmasında, küresel olarak artan nüfusun gıda talebinin sürdürülebilir yöntemlerle sağlanmasında, sudaki ve karasal yaşamı koruyarak etkili tarım faaliyetlerinin yürütülmesinde İHA kullanımının payı çok büyüktür. Bunların yanı sıra kültürel mirasın gelecek nesillere sürdürülebilir bir şekilde aktarılmasında, arkeolojik kalıntıların 3 boyutlu modelinin çıkarılması ve bozulmaların saptanarak tedbirlerin alınmasında İHA’ların katkısı önemlidir.

Şekil 1: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri



Kaynak: T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2020.

Küresel olarak nüfusun artması, tarım arazilerinin azalması sonucunda dünyada gıda talebinin karşılanması ile ilgili yeni bir küresel krizle karşı karşıya kalınacağı habercisidir. Tarımda verimliliğin artırılması tercih değil zorunluluk halini almıştır. Bununla birlikte ekosistem ve biyoçeşitliliğe zarar vermeden tarım, hayvancılık ve balıkçılık faaliyetlerinin sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilmesinin gerçekleşmesi SKH kapsamındadır. Tarım, hayvancılık ve balıkçılıkta İHA kullanımı ile ekosisteme ve canlı çeşitliliğine zarar vermeyen en çevreci yolla mahsul verimliliğinin arttığı görülmektedir. İHA'ların afet yönetiminde kullanımı da oldukça yaygın ve önemlidir. Kasırga, deprem, yangın, çığ gibi afet sonrası ilk saatlerin son derece önemli olduğu doğal afetlerde keşif, gözetleme ve yardım ulaştırma fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Öyle ki tırmanma ve dalış mesafelerinin uzaktan kontrol edilebildiği bu teknolojide, göçük altında kalan canlıların termal kamera ile tespitinin sağlanması oldukça önemlidir. SKH kapsamında afetten kaynaklı ölümleri ve etkilenen insan sayısının azaltılması amacına ulaşmada İHA kullanımının büyük katkısı olduğu görülmektedir. Özellikle son dönemde pandeminin etkisiyle İHA'ların kullanım alanlarından en önemlilerinden biri olan insani yardımlar ulaştırma konusudur. Afrika başta olmak üzere türlü tehditler ve imkânsızlıklar sebebiyle ulaşımı zor bölgelere gönderilen yardımların hızlı ve ihtiyaç anında ulaşmasında İHA'ların kullanımının büyük rolü vardır. Ayrıca karayoluyla ulaşımın zor olduğu coğrafi bölgelere sağlık hizmetlerinin ulaştırılması ve ilaç, aşı ve test kitlerinin uygulanması ve salgınların önlenmesi için İHA'ların kullanımı büyük önem taşımaktadır. SKH'den sağlıklı ve kaliteli yaşam hedeflerinin büyük ölçüde gerçekleştirilmesinde İHA kullanımının etkisi kayda değerdir.

Uzun zaman alan arkeolojik çalışmaların arazi yönünden ulaşımının zor olması, eski sistem görüntülemelerin yetersiz kalması kalıntıların modellenmesinin yapılmasında eksikliklerin İHA'lar sayesinde giderildiğini göstermektedir. Ulaşımı zor arkeolojik alanların keşfi ve araştırılması amacıyla İHA'ların fotogrametri çalışmalarında kullanımı da son zamanlarda hızla artmaktadır. İHA kullanılarak kalıntıların belgelenmesi, hacim hesaplarının yapılması, topografik haritasının çıkarılması, hatta kalınların üç boyutlu modelinin çıkarılması mümkündür. Arkeolojik çalışmalarda İHA kullanımı sayesinde kültürel mirasların keşfi, modellenmesi ve korunması için gereken tedbirlerin alınarak sürdürülebilir bir şekilde gelecek nesillere aktarılmasına büyük katkı sağlanmıştır. SKH kapsamında sürdürülebilir şehirler ve topluluklar amacına ulaşmada katkı sağladığı görülmektedir.

Bu çalışmada Birleşmiş Milletler'in küresel olarak belirlediği tüm milletler için fırsat eşitsizliğinin ortadan kaldırılarak daha yaşanabilir bir ortam ulaştırmayı amaçlayan SKH'ye ulaşmada İHA kullanımının etkisi incelenmiştir. Bu amaçla arazi inceleme kapsamında ilgili alanlarda İHA kullanımına odaklanan çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmaların SKH'nin ilgili maddelerinin hangisine katkı yaptığını göstermek amaçlanmıştır. Yapılan çalışmaların incelenmesi sonucunda İHA'ların arazi araştırmalarında kullanımı üzerine yapılan çalışmalarda bazı çalışma alanlarında yükselen bir eğilim olduğu fark edilmiş, arazi izleme araştırmaları 4 başlığa ayrılarak kullanım örnekleri ve sağladığı faydalar incelenmiştir. Arazi izleme araştırmalarında 4 temel kullanım alanı afet yönetimi, insani yardımların ulaştırılması, tarım ve fotogrametri, olarak belirlenmiştir. Çalışmanın güncelliği açısından 2010-2023 yılları arasında yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Çalışmalarda

İHA kullanımının katkılarının SKH’de açıklanan amaçlarla örtüştüğü ve katkı sağladığı fark edilmiştir. İncelenen çalışmalar doğrultusunda İHA kullanımının SKH’ye katkısı ilişkilendirilerek açıklanmıştır. Bu çalışma arazi araştırmalarında İHA kullanımının SKH’nin hangi maddelerine olumlu katkı yaptığını göstermek amaçlanmıştır. Ülkelerinin SKH’ye ulaşmadaki başarılarını arttırmak için İHA’lardan hangi alanda nasıl yararlanabileceklerini göstermek amaçlanmış ve politika yapıcılara İHA kullanımını arttırmak için nasıl bir strateji izlemeleri gerektiğiyle ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Çalışmanın 1. Bölümünde SKH’nin amaçlarına ulaşmada İHA’ların rolü tartışılmış daha sonra 2. Bölümde İHA kavramı ve arazi izleme kapsamında kullanım alanlarına değinilmiştir. 3. Bölümde arazi izleme çalışmaları çatısında gruplanan afet yönetimi, insani yardım ulaştırma, tarım ve fotogrametri çalışmalarında İHA kullanımını literatüre dayandırılarak açıklanmıştır. 4. Bölümde İHA kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaların Birleşmiş Milletler tarafından yayımlanan SKH amaçlarından hangilerinin gerçekleştirilmesiyle ilgili olduğu gösterilmiştir. Sonuç bölümünde yapılan inceleme değerlendirilerek politika yapıcılara önerilerde bulunulmuştur.

1. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİNİN SAĞLANMASINDA İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ROLÜ

Toplumlarda ekonomik büyüme sosyal büyüme ile desteklenmedikçe sömürülen ve yoksullaşan kesimlerin gündün güne büyüyen bir kitle olacağı aşikârdır. Günümüzde özellikle az gelişmiş ülkelerde büyümeyi sağlayan kaynakların verimsiz kullanımı küresel boyutta doğaya ve insana yakın gelecekte büyük zarar getirecektir. Lorek ve Spangenberg, (2014)’e göre sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin politikaların ekonomik, sosyal ve ekolojik hedefler arasında taviz verilmeksizin tasarlanması gerektiği aşikârdır. Ancak ülkeler siyasi olarak ekonomi lehine taviz vererek sosyal, ekolojik sorunları göz ardı etmektedir. Bu sebeple gerçekte güçlü bir sürdürülebilirliğe ulaşmanın nadir olduğunu vurgulamıştır. Eğer ülkeler için güçlü bir dengeleyici güç ve ciddi yaptırımlar olmazsa kaynakların her zaman olduğu gibi az sayıda toplumun elinde yoğunlaşacağı, bu durumda küresel sürdürülebilirliğin pek mümkün olmayacağı görülmektedir. Gupta ve Vegelin, (2016) küresel sürdürülebilir kalkınmanın sosyal, çevresel ve ilişkisel kapsayıcı kalkınma ile mümkün olacağını belirtmiştir.

Kalkınma, sadece ekonomik büyüme çerçevesinde ele alınacak kadar basit bir olgu değildir. Peşkircioğlu, (2016) ifadesine göre; “Kalkınma, ancak verimliliğe dayalı büyüme ile güçlendirilmiş insan merkezli toplumlarda, verimlilik artışından doğan kazançların taraflar arasında adil paylaşılması, sosyal adalet ilkesinin sağlanması ve gelecek nesillerin kaynaklarının korunması ile sürdürülebilir olur” denilmiştir. Sürdürülebilirlik küresel olarak düşünce tarzının değiştirilmesi, evrensel dayanışma, toplumsal sorumluluklar ile sosyal, ekonomik ve çevresel kalkınmanın beraber sağlanmasıdır (Ozmehmet, 2008).

Birleşmiş Milletler’in düzenli aralıklarla küresel olarak açlık, yoksulluk, eğitim ve sağlıkta fırsat eşitsizliği, iklim değişikliği ve ekolojik denge tahribatıyla mücadele gibi tüm dünyayı ilgilendiren konularla ilgili 1972’den bu yana ortaya koyduğu çabalarının özellikle 2000’li yıllarda ciddi bir çerçevede ele alınmaya başlandığı görülmektedir. Bununla ilgili olarak 2000 yılında yapılan konferansta Bin Yıl

Kalkınma Hedefleri açıklanmış ve 2015 yılına kadar 15 yıl boyunca değerlendirilmiştir. 15 yılın sonucunda Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) adıyla 2030 yılına kadar geçerli olacak yeni bir 15 yıllık plan uygulamaya konulmuştur. Birleşmiş Milletler'in 2015 yılında yayınladığı yeni hedefler; Bin Yıl Kalkınma Hedefleri'nde tartışmaya yol açan hedefleri daha açık ifade eden, daha güncel, sürdürülebilirlik göstergeleri daha net tanımlanmış, geleceğin kalkınma yaklaşımına uygun bir programdır. SKH kapsamında belirlenen 17 hedefle sürdürülebilirliği kalkınmanın merkezine koyarak ekonomik, sosyal, çevresel gelişimin sağlanması amaçlanmaktadır. SKH eşitlik, evrensellik, sürdürülebilirlik, dayanışma, insan hakları, kalkınma yeteneğine göre sorumluluk alma prensibine dayanan küresel bir iş birliğidir (Eşkinat, 2016). SKH hedefleri adeta insanlığın yakın gelecekte nitelikli ve sürekli gelişimi için bir yol haritası niteliğindedir.

2030 yılına kadar takip edilmesi gereken 17 hedefin küresel olarak şimdiye kadar yayınlanan en açık ve anlaşılır plan olması takip edilebilmesinin kolaylaştırmıştır. SKH Şekil 1'de görülmektedir. Ancak yakın geçmişte yaşanan küresel Covid-19 salgını başta olmak üzere, iklim değişikliğine bağlı büyük afetler ve çağımıza uymayan savaşlar neticesinde hedefleri gerçekleştirmek her zamankinden daha da zor bir hal almıştır. Hedeflerin düzenlemeyi amaçladığı ancak krizlerin sebep olduğu fırsat eşitsizlikleri; gıdaya, temiz suya, eğitime, sağlık imkanlarına erişimde eşitsizlik gibi durumların artışı 2030 yılına kadar SKH'nin gerçekleştirilmesi için zorlu ve küresel bir sınav olarak görülmektedir (Başpınar & Özvarış, 2021). Öte yandan yaşanan küresel felaketlerin SKH amaçlarını gerçekleştirmedeki olumsuz etkisinin yanı sıra teknolojinin her geçen gün hayatımıza girmesiyle bu hedefleri gerçekleştirmeye olumlu katkıları da görmekteyiz. İHA kullanımının SKH'nin 17 maddesinde ve alt maddelerinde belirtilen fırsat eşitsizliğini ortadan kaldırma, bulaşıcı hastalıkların önlenmesi, evrensel olarak aile planlamasının sağlanması, ilaç ve aşı desteği, afet ve kazalara bağlı ölüm ve yaralanmaları en aza indirmek, kültürel ve doğal mirasın aktarılması gibi amaçlara ulaşılmasında olumlu katkısı gözlenmektedir.

SKH'nin gerçekleştirilmesinde İHA kullanımının sağladığı katkıları daha net görebilmek için öncelikle İHA ile ilgili literatür ve çalışmaların sağladığı yararlar açıklanacak daha sonra katkıları tartışılacaktır.

2. İNSANSIZ HAVA ARACI KAVRAMI VE KULLANIM ALANLARI

İHA bir insanın kullanmasına gerek duymaksızın aerodinamiğin gücü ile aracı kaldıran, otonom olarak veya uzaktan kumanda edilerek verilen görevi yerine getiren, bir kere kullanıp gözden çıkarılabilir ya da tekrar kullanabilen bir araçtır. Bir kez kullanımda gözden çıkarılmasının bile maliyeti yetişmiş pilotu kaybetmekten daha tercih edilebilir. Bu sebeple öncelikli kullanıldığı alan verilen görevi daha az riskle ve etkin bir şekilde gerçekleştirdiği için askeri operasyonlar olmuştur (Glade, 2000).

Günümüzde bireysel kullanım amacıyla da kullanımına sıkça rastladığımız İHA'lar ilk olarak 1916 yılında geliştirilmiş ve 1. Dünya Savaşı'nda kullanılmıştır. 1950'lerde Vietnam Soğuk Savaşı'nda oldukça faydalı olduğu görülen İHA'ların, tam ölçekli gelişimi 1970'lerde İsrail'in daha küçük ve düşük maliyetle ürettiği İHA'larda dikkat çekmektedir. 1980 ve 1990'lı yıllarda üretim ve test sürecini

tamamlamış küçük boyutlu İHA' lar Amerikan askeri otoritesinin dikkatini çekmiştir. Kamera taşıyan küçük boyuttaki İHA'ların ilk kullanımı 1991 yılında Amerika tarafından Körfez Savaşı'nda gerçekleşmiştir (Gupta vd. 2013). 1998-1999 yıllarında Kosova taburunda hedef belirlemede kullanılmasıyla günümüzdeki kullanımına yönelik araştırmaların başlamasının önü açılmıştır. Askeri savunma operasyonlarında İHA'ların kullanımının tercih edilmesinin ana sebepleri uçaklara göre maliyetin daha düşük olması, yetmiş askeri mürettebatın can kaybını önlemek ve taarruz öncesi düşman menziline oyalamaktır. Genellikle keşif ve gözetleme amacıyla kullanılan İHA'ların askeri savunma sanayide kullanımı günümüzde silahlı olarak devam etmektedir. Ülkemizde terör eylemlerinin artması nedeniyle sınır ihlallerinin önlenmesi için Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde kullanımına başvurulmaktadır. İngiltere'nin Pakistan bölgesinde, Amerika'nın Afganistan bölgesinde yaptığı çalışmalarda, Rusya-Ukrayna ve İsrail-Filistin savaşında sıklıkla İHA kullanımına başvurduğu gözlenmektedir.

Uçak ve helikopterlerin temel faaliyetleri olan gözetleme ve keşif faaliyetlerini mürettebat gerektirmeksizin sağlayan ve onlara oranla bakım ve muhafaza işlemlerinde daha fazla avantaj sağlayan İHA' lar oldukça popülerdir. Yöneylem araştırmalarında da ilgi çeken konulardan biri olması sebebiyle İHA'ların uçuş optimizasyonu ile ilgili çalışmalar mevcuttur. İHA'lara hedef atayarak silahların etkin kullanımı ve yönlendirilmesi (Shetty vd. 2008), tehditleri algılayan yörünge planlaması (Duan vd. 2009), orta irtifada uçan İHA'ların yakıt tüketimini ve uçuş süresini en aza indiren en kısa yolu bulma (Royset, Carlyle, ve Wood, 2009), İHA'ların dinamik yönlendirilmesinde dağımik bir coğrafyada belirlenen hedeflere yönlendirilmesinin belli zaman aralığında en az maliyetle gerçekleşmesi ve anlık belirlenen hedeflere tepki vermesini sağlayan keşif görevi rotalaması (Ercan ve Gencer, 2018), savaşlarda İHA'larla iş bölümü yapılması ve etkin görev paylaşımının planlanması (Wu vd. 2018) gibi konulara literatürde rastlanmaktadır.

İHA'ların bireysel kullanımına sıklıkla fotoğrafçılık ve sportif faaliyetlerin kaydedilmesinde de rastlanmaktadır. Özel donanımları sayesinde farklı sektörlerde kullanılan İHA'lar tarımda tohumlandırma, hasat tespiti, ilaçlama, sulama, arazi kontrolü gibi amaçlarla, fotogrametri çalışmalarında arazinin topografik haritasının çıkarılmasında, afet yönetiminde hasar tespiti, yaşam tespiti ve yardımların doğru yere sevk edilmesinde, insani yardım ulaştırmada kan ve test kiti taşınmasında, sterilizasyonda, ilk yardım ve tıbbi malzeme ulaştırmada ve hastalık tespitinde kullanılmaktadır. Kalkış ağırlığına göre sınıflandırılmış İHA'ların kullanımdan önce yasal izin alma zorunluluğu bulunmaktadır. Çoban ve Oktay, (2018) çalışmasında belirtildiği üzere bireysel kullanım amaçlı İHA'lar İHA0 (500 gr-4 kg), İHA1 (4kg-25 kg), İHA2 (25 kg-150 kg), İHA3 (150 kg ve fazlası) olarak 4 sınıfta tanımlanmıştır. Uçuştan önce Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nden izin alınması, kurumun talimatnamesine uygun uçuş ve saha gerekliliklerine uyulması, Türk hava sahasında uçuğu müddetçe sigortalanması gerekmektedir.

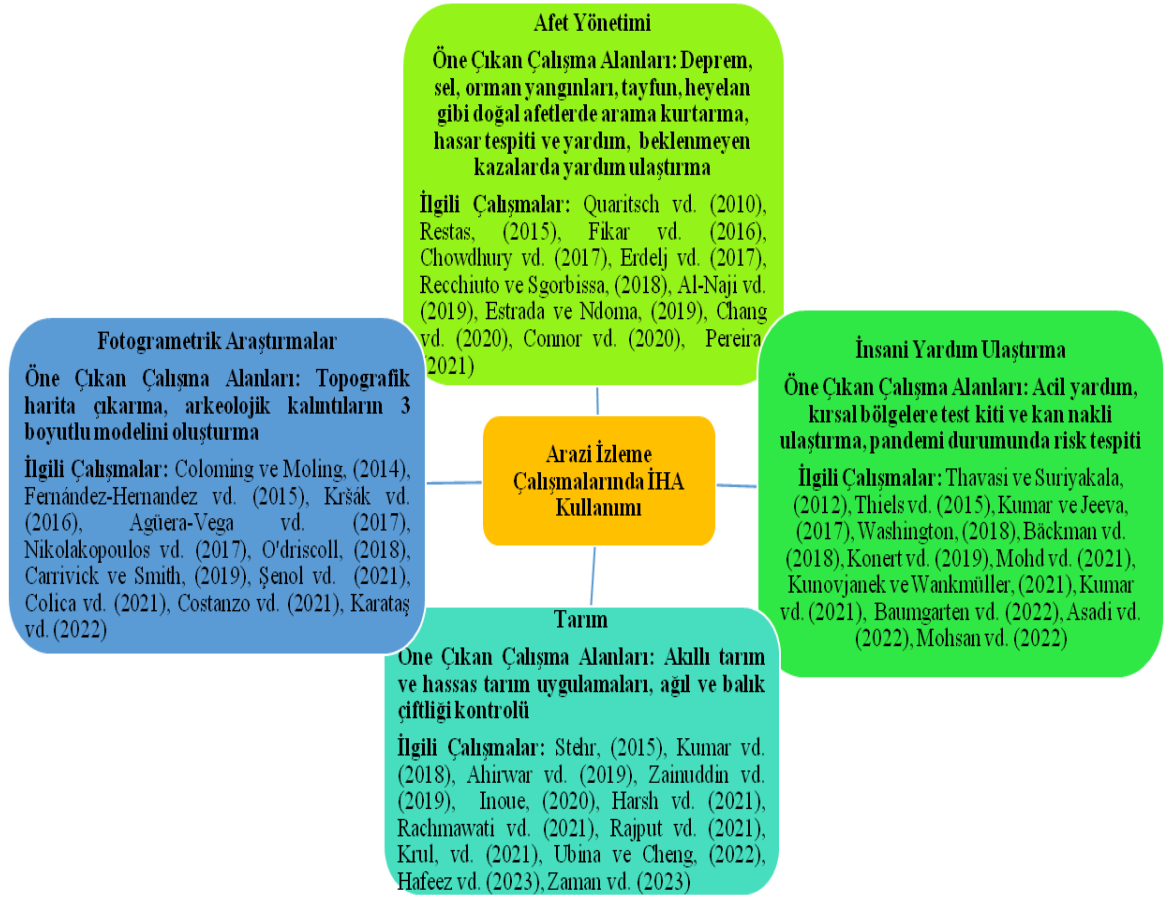
2010-2023 yılları arasında yapılan İHA'ların bireysel kullanım alanlarının incelendiğinde "arazi araştırma" amacıyla son dönemde çok fazla çalışmanın olduğu görülmüştür. Arazi araştırma çalışmalarında İHA kullanımı ile ilgili literatürde öne çıkan çalışmalar 4 başlık altında kategorize edilmiş fotogrametri, afet yönetimi, insani yardım ulaştırma ve tarım alanındaki çalışmalara Web of Science ve Google

Scholar aracılığıyla erişilmiştir. Bu alanlarla ilgili çalışmalar alt başlıklarda detaylı olarak açıklanacaktır.

3. ARAZİ İZLEME ARAŞTIRMALARINDA İHA KULLANIMI

İHA'ların pek çok alanda bireysel kullanımı mevcuttur ve günümüzde hangi amaçla kullanılırsa kullanılsın geleneksel yöntemlere göre hız, zaman ve görüntü kalitesi açısından büyük fayda sağladığı görülmektedir. Son yıllarda arazi araştırmalarında da farklı amaçlarla bireysel İHA kullanımının yaygın olduğu yapılan kapsamlı literatür taraması sonucunda fark edilmiştir. Arazi araştırmalarında İHA kullanımı 4 konu başlığına ayrılmış ve öne çıkan amaçlar ve yapılan çalışmalar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Arazi İzleme Araştırmalarında İHA Kullanımı ile İlgili Çalışmalar



3.1. Afet Yönetiminde İHA Kullanımı

Bir afet gerçekleştiğinde nüfusun belirli bir noktada yoğunlaşması yardımın etkili şekilde ulaştırılmamasına ve yaşanan kaos sebebiyle daha fazla can kaybı yaşanmasına neden olmaktadır (Şimşek, 2022). Bu bölüm ulaşımı zor ve acil yardım gereken bölgelerdeki kişilere gıda, hayati malzeme, medikal ilaç gönderimi yapılmasında İHA'lerden yararlanılmasını konu alan çalışmalar derlenerek oluşturulmuştur. İHA kullanımı geri kalmış ülke veya coğrafi bölgelere yardım ulaştırmada zaten kullanılırken yaşanan bir afetten etkilenen bölgelere yardım ulaştırmayı sağlamada büyük fayda sağlamıştır.

Afet gerçekleştikten sonra ilk saatlerde kamu ve özel kuruluşların yardım gönderme çabaları hem trafik koridoru olduğundan hem de afetten etkilenen bölgede bilinen yolların kullanılmaması ve yeni yollar açılması vb. gibi kısıtlamalardan dolayı oldukça zor ve ani planlanması gereken bir iştir. Quaritsch vd. (2010) çalışmasında yangın ya da büyük trafik kazalarında İHA'ların afet bölgesine ulaşip gerçek zamanlı görüntüleri ileterek gerekli yardımların tespit edilmesinde kaynaklık etmesini amaçlamıştır. Restas, (2015) deprem, sel ve orman yangınlarında afet öncesi, afetten hemen sonraki ve afete ilk müdahalenin yapılması sonrası faaliyetlerde İHA kullanımına yoğunlaşmış, kurbanların hayatta kaldığının tespit edilmesi aşamasında çok faydalı olacağını belirtmiştir.

Fikar vd. (2016) bir afet durumunda yardımların en hızlı ve etkili şekilde planlanıp bölgeye ulaştırılması için transfer noktalarından talep noktalarına sevkiyatı sağlayan bir karar destek sistemi önermiştir. Önerilen optimizasyon modelinde yardımların kamyon, arazi aracı ve İHA'larla birkaç aşamada en az zaman kaybı ile ulaştırılması için son kilometre taşımacılığında İHA'lerden yararlanmanın faydalı olacağını göstermiştir. Chowdhury vd. (2017) afetten etkilenen bölgeye acil durum malzemelerinin tedarikinde İHA'ların kullanılması ile genel dağıtım maliyetinin en aza indirilmesi için en uygun dağıtım merkezi konumlarını, hizmet noktalarını ve teslimat miktarını belirlemeye yönelik bir çalışma yapmıştır. Erdelj vd. (2017) çalışmasında afet yönetimi sürecinde İHA'ların hangi aşamada ne kadar etkili olduğuna göre sınıflandırmış, eksikliklerin giderilmesi için çözüm önerileri sunmuştur.

Recchiuto ve Sgorbissa, (2018) çalışmasında afet sonrası İHA'ların arama kurtarma faaliyetlerine yoğunlaşmış eş zamanlı konum belirleme, haritalama, arazi kapsama özelliklerini acil durum senaryolarına göre değerlendirmiş ve otonom olma sistemlerinin belli bir referansla geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Al-Naji vd. (2019) afet sonrası kurtarma faaliyetlerinde göğüs hareketlerini algılayan sensörlere sahip İHA'ların afet bölgesinde tespit yapmasının uzman insan kaynağının yaşamın olduğu doğru yere yönlendirilmesinde büyük önemini vurgulamıştır. Estrada ve Ndoma, (2019) çalışmasında günümüzde ve yakın gelecekte tsunami, deprem, sel vb. doğal afet durumunda İHA'ların kullanımını hasar tespiti, doğal afet lojistiği ve yardım ulaştırılması, afet sonrası havadan görüntü alarak değerlendirmeyi kolaylaştırması açısından değerlendirmiştir. Pereira, (2021) doğal afetlerde İHA kullanımında en sık karşılaşılan İHA ile iletişimin kesilmesi ya da kontrol edilmesindeki aksamaların giderilmesi üzerine bir iyileştirme modeli önermiştir.

Heyelan ve erozyonların hacminin ölçülmesi afetlerin önlenmesinde oldukça önemlidir. Chang vd. (2020) çalışmasında yaşanan heyelan ve tayfun felaketlerinin ardından uzun dönemli toprak göçünü, kanal alanını ve heyelan barajlarının tespitini İHA'lar yardımıyla yaparak peyzaj faaliyetlerinin yeniden düzenlenmesini önermiş ve bu sayede afetlerin önleneceğini ve olası can kayıplarının önüne geçileceğini belirtmiştir. Connor vd. (2020) çalışmasında afet sonrası Çernobil Bölgesi'nin İHA'larla radyasyon haritasının çıkararak hala tehlikesi süren alanların tespitini sağlamıştır.

Sonuç olarak afetlerin önlenmesi, afet sırasında ilk yardımların ulaştırılması, afet sonrası hasar ve tehlikeli bölge tespitinin yapılması açısından İHA kullanımının en hızlı, en güvenilir ve en az maliyetli yöntem olduğu çalışmalarda görülmektedir.

3.2. İnsani Yardım Ulaştırma İHA Kullanımı

Bu bölüm karayoluyla tıbbi yardım veya test ulaştırmanın coğrafi olarak zor olduğu veya test ya da medikallerin zaman kaybından dolayı bozulma riski taşıdığı durumlarda İHA'lerden yararlanmayı konu alan çalışmalar derlenerek oluşturulmuştur. Coğrafi olarak zorlu bölgelerde denenen bu yöntem son zamanlarda yaşanan Covid-19 salgını sırasında daha çok uygulama fırsatı bulmuştur.

Askeri ve sivil alanda İHA kullanımının maliyet tasarrufu sağladığından daha önce bahsedildiği üzere sivil kullanımda hala İHA kullanımı izinlere tabiidir. Medikal yardımların talep noktalarına götürülmesi için en hızlı ve güvenli yöntem İHA'larla taşımacılık olarak görüldüğünden yasal izinlerin esnetilmesi gerekliliği yadsınamaz. Thiels vd. (2015) çalışmasında kritik talep zamanlarında kan türevleri ve tıbbi ürünlerin hastanelere, kaza durumunda yaralıların fazla olduğu bölgelere ve açık denizde kalan gemilere bozulmadan en hızlı şekilde teslim edilmesinde İHA kullanımına yönelik bir fizibilite çalışması yapmıştır. Kumar ve Jeeva, (2017) çalışmasında açık hava spor faaliyetlerinde ve spor müsabakalarında gerçekleşen baygınlık, dehidrasyon, kalp krizi ve yaralanmalarda mümkün olan en hızlı müdahalenin yapılmasında İHA'ların önemini anlatmıştır. Bäckman vd. (2018) boğulma vakalarında can kurtaran müdahalesinden önce İHA yardımıyla mağdura şifirilebilen can simidi ulaştırmasının can kaybının önlenmesinde çok büyük fayda sağladığını vurgulamıştır.

Konert vd. (2019) kalp krizinde her 1 dakikanın ölüm riskini %10 arttırdığını göz önünde bulundurarak hastane dışında kalp krizi geçiren bir hastaya defibrilasyonun en hızlı şekilde yapılması gerektiğine dikkat çekmiştir. Çalışmada kara yolundan 22 dakikada ulaştırılan defibrilasyonun, İHA yardımıyla 5 dk'da ulaştığı görülmüş ve bunun kalp krizine bağlı ölüm oranını ciddi oranda azaltacağı belirtilmiştir. Baumgarten vd. (2022) çalışmasında Kuzeydoğu Almanya'nın kırsal bölgelerinden rastsal 5 bölge belirleyerek hastane dışında kalp krizi geçiren hastalara defibrilasyon taşıyan İHA'larla akıllı telefonların iletişime geçmesini sağlayan bir simülasyon uygulama gerçekleştirmiştir. Bu uygulama ile ilk müdahalenin etkili bir şekilde yapılabildiği aynı zamanda bu sistem tüm sürecin görüntüsünü anlık bilgi olarak ilettiği için süreçteki aksaklıklar da uzaktan giderilmesine imkan tanıdığı görülmüştür.

Thavasi ve Suriyakala, (2012) çalışmasında belirttiği üzere Malavi, Gana ve Madagaskar'da daha az gelişmiş kırsal alanlara HIV, tüberküloz ve kan test kitlerinin

ve doğum kontrol araçları, tıbbi malzemeler gibi medikal yardımların ulaştırılması İHA'larla etkili bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Doğum sonrası kanama durumunda acil kan nakli olmadığında anne ve bebeğin hayatı riske girmektedir. Mohd vd. (2021) çalışmasında coğrafi koşullar nedeniyle kan ulaştırmanın zor olduğu bölgelerde anne ve bebek ölümlerinin önlenmesi için güncel en hızlı yöntem olan İHA kullanımının faydalı olacağına yer vermiştir. Washington, (2018) Afrika'da yeterli sağlık tesisinin bulunmadığı, ulaşımın kara yoluyla çok zaman aldığı bölgelere ilaç, gıda ve su tedarikinin İHA vasıtasıyla etkili bir şekilde gerçekleştiğini belirtmiştir. Bununla beraber Ruanda Sağlık Bakanlığı ile bir Amerikan şirketinin anlaşmasıyla hastanelere kan tedarikinin İHA'larla yapılmaya başlamasından bu yana doğum sırasından kan kaybından kaynaklı anne ölümlerinin ve sıtma sonrası anemiye bağlı ölümlerin büyük oranda azaldığını kaydetmiştir.

Covid-19 salgınının oldukça fazla insanın aynı anda hastalık belirtisi göstermesi ve temasın çok riskli olduğu bir süreç olduğu deneyimlenmiştir. Kunovjanek ve Wankmüller, (2021) temassız ve hızlı bir şekilde test toplamayı İHA'larla yapmanın faydalı olacağını belirtmiştir. Mohsan vd. (2022) pandemi sürecinde hastalara tıbbi malzeme dağıtımını, dezenfektan püskürtme, güncel sağlık durumu kontrolü yapma, karantina kurallarına uymayı teftiş etme ve hastaları enfeksiyon açısından tarama gibi konularda İHA'ların büyük yardımı olduğunu açıklamıştır. Kumar vd. (2021) Hindistan'ın Delhi şehrinde gerçek zamanlı İHA bağlantılı bir sistem önererek yaptığı uygulamada Covid-19 sterilizasyonu, termal görüntüleme ve kayıt tutma süreçleri için kullanışlılığını göstermiştir. Asadi vd. (2022) pandemide birden fazla talep sınıfında stokastik planlama ve tahsis sorunları oluştuğunu tespit etmiş, talebi İHA istasyonları ve hastaneler arası mesafeye göre sınıflandırarak dağıtım faaliyetlerini modelleyen Markov Karar süreci tabanlı bir model önermiştir.

Sonuç olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde hastane dışında gerçekleşen kazalarda ve ölüm riski yüksek ani hastalanmalarda ilk yardımın yapılmasında, hastaneye ulaşımın zor olduğu kırsal bölgelere tıbbi yardım ulaştırılmasında, test kitlerinin taşınım toplanmasında İHA'ların kullanımının önemli ve gerekli olduğuna dikkat çekilmiştir.

3.3. Tarım Alanında İHA Kullanımı

Abdullahi vd. (2015) çalışmasında belirttiği üzere uzmanların dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,6 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bunun yanı sıra hali hazırda tarım sektöründe düşük mahsul alınmasının pek çok sebebinin olduğuna değinmiş, sanayi ve kentleşmeye bağlı olarak tarım arazilerinin azalmasıyla gıda talebini karşılamak için üretimde %70'lik bir artışa, kaynakların hasat ve dağıtımında ise verimli bir büyümeye ihtiyaç duyulacağına dikkat çekmiştir. Bu durumla ilgili artan nüfusun gıda talebinin karşılanabilmesi için tarımda verimliliği arttırmanın yolları aranmaktadır. Modern tarım uygulamalarında verimliliği arttırmada teknolojinin bütün imkânlarından yararlanmak kaçınılmazdır. Bu bölümde tarımda modernizasyon çalışmaları kapsamında akıllı tarım ve hassas tarım uygulamalarında İHA kullanımının etkisini araştıran çalışmalara yer verilmiştir.

İklim değişikliği ve küresel dünyadaki sosyoekonomik sorunların etkileri çevre ve dolayısıyla gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Bu sorunlarla baş edebilme yöntemlerinden biri olan teknoloji tabanlı akıllı tarım uygulamaları son yıllarda umut

vaat edici olarak görülmektedir. İHA'lar çoklu sensör donanımları sayesinde uzaktan algılama yoluyla hem toprağı hem mahsulleri tüm arazide tam zamanlı gözleme imkanı tanımaktadır. Stehr, (2015) İHA'ların akıllı tarım uygulamalarında kullanımının yaygınlaşmasına bağlı olarak İHA pazarındaki büyümenin %80-%90'nın tarımdan geleceğini öngörmektedir. Kumar vd. (2018) çalışmasında İHA'lar vasıtasıyla toprak nemini izleme, hayvancılığın bakımı ve hatta lojistikle ilgili faaliyetlerin programlanabildiğini ve otomatikleştirilebildiğini belirtmiştir. İHA'lar vasıtasıyla Hindistan'da pirinç, buğday, şeker kamışı vb. tarım ürünlerinin yetiştirilmesi ile ilgili akıllı tarım uygulamaları incelenmiştir. Ahirwar vd. (2019) İHA'lar vasıtasıyla sulama, mahsul izleme, toprak ve tarla analizi ve kuş kontrolü yapmanın verimsizlikle baş etmede önemli etkisine vurgu yapmıştır. Inoue, (2020) optik ve termal görüntülemenin mahsul gelişimi, su gereksinimi, toprak verimliliği, yabancı ot, hastalıklar ve topografik bilgilerin İHA'lar yardımıyla kolaylıkla ulaşılabildiğini bu sayede iş gücünden ve mahsul kaybından doğan maliyeti en aza indirdiğini belirtmiştir.

Harsh vd. (2021) İHA'lar yardımıyla mahsul sağlığı kontrolü, hayvan takibi, hasar değerlendirmesi, gübreleme planlaması ve tarlayı yüksek çözünürlükte 3 boyutlu modelleyen hassas tarım uygulamalarının dünyanın en büyük nüfusuna sahip Hindistan için de oldukça önemli olduğunu belirtmiştir. Öte yandan otonom ve uzaktan kontrol edilebilen İHA'larla yapılan hassas tarım uygulamalarının küçük çiftçiler için oldukça maliyetli olduğu için kullanılmadığı ve hükümetin belirlediği zorlu uçuş izni prosedürü nedeniyle çoğu kişinin klasik uygulamalara yönelmek zorunda kaldığını belirtmiştir. Rajput vd. (2021) hassas tarım uygulamaları kapsamında İHA kullanımının çiftçiler için oldukça kolay olduğunu ve çiftçilerin üretimi ve mahsul yönetimini çevre dostu bir şekilde iyileştirdiğini belirtmiştir. Çalışmada mahsul kayıplarının en büyük sebeplerinin hastalık, böcek ve bitki hastalıklarından kaynaklandığını, bunu önlemede İHA'larla pestisit püskürtmenin uygun bir yol olduğunu açıklamıştır. Hafeez vd. (2023) çalışmasında belirttiği üzere mahsullerin uzaktan izlenmesi ile hastalık ya da olgunlaşma durumunda zamanında müdahale edilmesini içeren hassas tarım uygulamaları kapsamında İHA'larla pestisit püskürtülmesi tarımda düşük mahsulün önüne geçmede yararlı olmuştur. Zaman vd. (2023) Malezya'nın yüksek gelirli bir ülke olma yolunda olması sebebiyle gıda güvenliğinin önemine dikkat çekmiş ve çeltik çiftçileri arasında akıllı tarımın benimsenmesi üzerine bir araştırma yapmıştır. Krul, vd. (2021) ise hassas tarım uygulamalarının açık arazi tarımında tüm arazinin görüntülenmesi açısından oldukça etkili olduğunu ancak kapalı alan tarımı (seracılık) ve hayvancılıkta İHA kullanımının GPS bağlantısı doğru sağlanmadığı için aksaklıklar yaşattığına dikkat çekmiştir. Bu sorunun üstesinden gelmek için yeni bir görüntüleme sistemi sunarak kapalı alan tarım ve hayvancılığı için de hassas tarımın uygulanabilmesine katkıda bulunmuştur.

Zainuddin vd. (2019) çalışmasında Endonezya'nın en önemli gıda maddesi olan pirincin yetiştirilmesinde teknoloji kullanımının gereklilik olduğu konusu üzerinde durmuştur. Büyük alanlara yayılan pirinç tarlalarında pirinç tarımının izlenmesinin önemine vurgu yapmıştır. Pirinç yaşının en önemli faktör olduğu bu yetiştiricilikte pirinç ekimi öncesi aşamadan hasat aşamasına kadar olan süreçte İHA'lar yardımıyla görüntülemenin büyük katkı sağladığı yeni bir yöntem geliştirmiştir. Rachmawati vd. (2021) çalışmasında Endonezya'daki mısır tarlalarında izleme ve haritalamada İHA

kullanımının etkinliğini arttıracak ve hasat düzeyinin ne olacağının bilinmesini sağlayacak bir sistem önerisi sunmuştur.

Su ürünleri çiftliği yönetim ve gözetim operasyonlarının etkili bir şekilde yürütülebilmesi için su kalitesi, su kirleticileri, su sıcaklığı, balık davranışı ve akıntı/dalga hızı hakkında veri toplanması gereklidir. Ubina ve Cheng, (2022) çalışmasında su ürünleri yetiştiriciliğinde çiftliklerin çeşitli konumlarda olmasından dolayı erişilebilirlik zorlukları, açık deniz balık kafesleri için dalga, akıntı ve su altı faktörlerini sürekli izlemenin zor ve riski olması sebebiyle İHA kullanımının sağladığı faydalardan bahsetmiştir. Büyük bir iş gücü ve maliyet gerektiren bu sürecin İHA'larla verimli ve doğru bir şekilde yapılabildiğine, hatta kafes tespiti ve yasa dışı balıkçılık gözetimi yapılmasına imkan sağladığına değinmiştir.

Sonuç olarak son yıllarda nüfusun artması ve ekili arazilerin azalması sebebiyle artan gıda talebinin karşılanmasında teknoloji kullanımının kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Tarımda modernizasyon kapsamında etkili, zamandan ve iş gücünden tasarruf sağlayan etkili bir yöntem olan İHA kullanımı oldukça popüler olmuştur. Son yıllarda İHA kullanımı ile tarımda verimliliğin arttırmasına yönelik akıllı tarım ve hassas tarım uygulamalarını ele alan uygulamalara ilgili çalışmalarda yer verilmiştir.

3.4. Fotogrametri Alanında İHA Kullanımı

Fotogrametri topografik harita oluşturmak için görüntülerin kullanımı olarak bilinmekle beraber, günümüzde görüntü işleme sistemlerinin gelişmesiyle birlikte arazinin iki veya üç boyutlu modelinin oluşturulmasına da imkan tanımaktadır. İHA'ların yeraltı katmanlarını görüntüleyebilme, zorlu arazilere tırmanabilme, kayıt alabilme gibi donanımları sayesinde topografik harita çıkarmada, yer özelliklerinin belirlenmesinde, arkeolojik kazılar için kazılacak yerin belirlenmesinde büyük fayda sağladığı görülmektedir.

Jeodezik çalışmalarda geleneksel yöntem ve araçların yanında dijital kamera ile donatılmış İHA'ların kullanımı tüm yüzeyin detaylı görüntülenmesine, alanın ulaşılması zor çamurlu ve dik yamaçlı alanları da dahil haritasının çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Fotogrametrinin özellikle kültürel mirasın kaydedilmesindeki önemi gün geçtikçe daha maliyetli olmaya başlamıştır. Sağladığı imkânların yanında maliyetin de düşük olması İHA kullanımıyla dijital fotogrametrinin kullanımını öne çıkarmaktadır. Fernández-Hernandez vd. (2015) karmaşık arkeolojik alanların kaydedilmesinde ve 3 boyutlu modellemesinde veri elde etmede uzmanlar tarafından kullanılması gereken lazer tarayıcı, radar ve robotik istasyonların maliyeti arttırdığını vurgulamış buna karşın bir arkeolojik alanı İHA ile görüntülemenin çok daha ucuz ve sonucu garantili bir alternatif olduğunu belirtmiştir. Kršák vd. (2016) çalışmasında Slovakya'da bir yer üstü maden bölgesinde İHA'ları kullanmış ve oldukça karmaşık ayrıntıları bile yakalayabildiğini göstermiştir. İHA'ların dijital donanımları ile fotografik görüntülemeye büyük katkı sağladığı görülse de Coloming ve Moling, (2014) bu araçların rüzgara ve rüzgar patlamalarına karşı dayanıksız olduğunu, gerçek zamanlı bir görev ataması sırasında karşılaşılabilecek hava muhalefesinde aracın dengesizliğini bertaraf etmek için telafi edecek örtüşme çalışmalarının yapılması gerektiğine dikkat çekmiştir. Agüera-Vega vd. (2017) çalışmasında uçuş yüksekliğinin, arazi morfolojisinin ve yer kontrol noktalarının sayısının, İHA

fotogrametrisi ile elde edilen dijital yüzey modeli ve tümgörüntü doğrulukları üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Beş arazi morfolojisi 4 farklı irtifada ölçülerek 60 fotogrametrik proje için hata payları ve doğruluğu incelenerek en uygun uçuş yüksekliğini belirlemeye çalışmıştır.

Nikolakopoulos vd. (2017) çalışmasında Yunanistan'ın Chalandritsa bölgesinde Tunç Çağı'nın erken dönemlerine ait kazıların olduğu bölgenin 3 boyutlu modellenmesi için İHA tabanlı dijital fotogrametriyi klasik yöntemlerle karşılaştırmalı olarak kullanmıştır. 200 kilometrekarelik bölgeyi kapsayan kazı alanının kayalık bir tepenin üzerine kurulu olduğu göz önünde bulundurulduğunda İHA'ların ulaşılması zor bir alanın engelsiz bir şekilde görüntülenmesini sağladığını ve geleneksel topografik araştırma, hava fotoğraflaması ile karşılaştırıldığında doğruluğunun çok yüksek olduğunu vurgulamıştır. Klasik yöntemlerle yakın resim fotogrametrisinin arkeolojik alanın üst kısımlarının belgelenmesinde yetersiz kalmasına karşın İHA'ların 3 boyutlu belgelemeye olanak tanıdığını belirten Şenol vd. (2021) ülkemizin önemli anıt mezarlarından Kanlı Divane arkeolojik alanını ele almıştır. Yine aynı alanda anıt mezardaki taş yapıların bozulmasının tespitini de Karataş vd. (2022) İHA yardımıyla belirlemiştir.

O'driscoll, (2018) fotogrametri çalışmalarında portatif araç kullanımının hem görüntü kalitesindeki netlik hem de maliyeti LİDAR'a göre çok daha uygun olması sebebiyle büyük arkeolojik alanlarda çok daha tercih edilir olduğunu belirtmiş aynı zamanda peyzaj arkeolojisinde kullanılmasının avantajlarını da bir örnek olay üzerinden açıklamıştır. Carrivick ve Smith, (2019) çalışmasında İHA'ların sağladığı büyük avantajlardan sadece yer üstü araştırmalarında değil su topografyası, jeomorfoloji ve su habitatu ölçümlerinde de yararlanılabileceğini göstermiştir. Su üstü ve su altının görüntülenmesinde dijital görüntülemeye başvurulması ile canlı çeşitliliğinin sınıflandırılması, bitki örtüsü haritası, akarsuların tortu taşıma yolunun belirlenmesi ve jeomorfolojik değişikliğin tespitinde büyük faydalar sağladığını belirtmiştir. Colica vd. (2021) Malta'nın kuzey tarafında kalan kayaç yapısından kaynaklı heyelanlar sonucunda belirgin uçurum geri çekilmeleri tespit edilen Selmun burnunun üç boyutlu modelini oluşturmak için İHA'lardan yararlanmıştır. Bu bölgeyi tanımlayan kırıkların, çatlakların ve ayrılan kaya kütlelerinin boyut ve hacminin ölçülmesinde bölgenin riskli ve bazı noktalarının klasik yöntemlerle görüntülenmesinin imkansız olduğu durumda bile dijital görüntülemenin güvenli bir yöntem olduğu kaydedilmiştir. Günümüzde deprem faaliyetlerinin görülmediği güneybatı Sicilya'da jeofizik araştırmalar sonucunda ortaçağ başlarında en az iki kuvvetli deprem gerçekleştiği ve bölgede yer alan mimari yapılarda çökmeye neden olabileceği görüşü ortaya çıkmıştır. Costanzo vd. (2021) bunun üzerine bölgede yer alan Selinunte mimarisinin İHA fotogrametrisi ile 3 boyutlu modellenmesini yaparak kırıkların, çıkıkların duvar eğilimleri ve çökmelerinin gösterilmesini amaçlamıştır.

Yapılan çalışmaların sonucunda jeodezik ve arkeolojik alanda yapılan çalışmalarda İHA kullanımının hem maliyet açısından tasarruf sağladığı hem de geleneksel yöntemlerle erişimi mümkün olmayan alanların görüntülenmesine imkan tanıyarak alanın 3 boyutlu modelinin oluşturulmasını kolaylaştırdığı görülmektedir. Topografik harita çıkarma, antik kalıntıların modellenmesinin yapılması, belli bir alanda ya da antik kalıntıda doğal sebeplerden dolayı meydana gelen bozulmaların tespiti gibi konularda İHA'ların fotogrametride kullanımının büyük avantaj sağladığı,

güvenilir veri sağlaması sebebiyle yeni çalışmalarda klasik yöntemlerin yerini alacağı düşünülmektedir.

4. İHA KULLANIMININ SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİNE KATKISI

İHA kullanımının arazi inceleme çalışmalarıyla ilgili sağladığı katkılar tartışıldığında kullanım amacı ve sonuçlarının SKH'yi gerçekleştirmede büyük katkı sağladığı görülmüştür. İHA kullanım alanları ve SKH'den hangi maddelere katkı yaptığı Tablo 2'de gösterilmiştir. SKH 3. Hedef "Sağlıklı ve kaliteli yaşam" amaçları kapsamında özellikle az gelişmiş ülkelere sağlanan gıda, ilaç, tıbbi yardım desteğinin taşınmasında (Washington, 2018), salgın bulaşıcı hastalıklarla mücadelede test kitlerinin dağılması ve aşılama (Thavasi ve Suriyakala, 2012), doğum sırasında kan kaybına bağlı ölümlerin önlenmesinde hızlı kan nakil işlemlerinin yürütülmesinde (Mohd vd. 2021) İHA'ların rolü çok büyüktür. Öte yandan İHA'lar sayesinde bulaşıcı olmayan hastalıklara bağlı ölümlerin azaltılmasında hızlı ilk müdahale yapılarak can kaybının önlenmesinde de payı yadsınamaz (Thiels vd. 2015, Kumar ve Jeeva, 2017, Bäckman vd. 2018, Konert vd. 2019, Baumgarten vd. 2022). Covid-19 salgınında da görüldüğü üzere İHA'lar ile hızlı ve temassız test toplama (Kunovjanek ve Wankmüller, 2021), tıbbi malzemelerin dağıtımı, hastalık durumu görüntüleme ve sterilizasyon (Kumar vd. 2021, Mohsan vd. 2022, Asadi vd. 2022) gerçekleştirilmiştir.




Afet yönetiminde yardımların doğru yerlere sevk edilmesinin sağlanarak can kaybının önlenmesinde ve afetzedelere yardımların ulaştırılmasında yine büyük payı vardır. Kazalardan kaynaklı can kayıplarının düşürülmesinde de etkisi ilgili çalışmalarda belirtilmiştir. "Hedef 3.6: Trafik kazalarından kaynaklı ölüm ve yaralanmaları azaltmak" (Quaritsch vd. 2010) ve "Hedef 11.5: Afetlerden kaynaklı ölümleri ve etkilenen insan sayısını azaltma, ekonomik kayıpları düşürme, yoksul ve kırılgan durumdaki insanlara yardım" (Fikar vd. 2016, Chowdhury vd. 2017, Erdelj vd. 2017, Recchiuto ve Sgorbissa, 2018, Al-Naji vd. 2019, Estrada ve Ndoma, 2019, Chang vd. 2020, Connor vd. 2020, Pereira, 2021) maddelerinin başarıya ulaşmasında İHA kullanımının büyük katkısı vardır.

Tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğinin ve verimliliğinin sağlanması, arazide yaşanacak afetlere göre önceden önlem alınmasında İHA'ların hem arazi planlamasında hem de ekosisteme zarar verecek canlıların uzaklaştırılarak kaliteli mahsul alınmasında önemli faydaları vardır. "Hedef 2.3: Çiftçiler, balıkçılar gibi küçük ölçekli gıda üreticilerin fırsatlara erişimini sağlayarak tarımsal verimliliği arttırmak" ve "Hedef 14.4: Mahsul toplamayı etkili şekilde gerçekleştirmek, kural dışı ve tahrip edici balıkçılık faaliyetlerini önlemek, verimli bir şekilde sürdürülebilir ürün sağlamak" (Ubina ve Cheng, 2022); "Hedef 2.4: Sürdürülebilir gıda üretimini sağlamak, üretimi ve verimliliği arttıran tarım uygulamalarına yönelmek", "Hedef 15.8: İstilacı türlerin kara ve su ekosistemlerinden arındırılmasını sağlamak, öncelikli türleri korumak" ve Hedef 15.a: Biyoçeşitlilik ve ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımını sağlamak (Ahirwar vd. 2019, Inoue, 2020, Rajput vd. 2021, Harsh vd. 2021, Hafeez vd. 2023); "Hedef 2. a: Üretim kapasitesini arttırmak için tarımsal araştırmalar ve teknoloji geliştirme" (Krul, vd. 2021, Hafeez vd. 2023, Zaman vd. 2023) ve "Hedef 15.9: Ekosistem ve biyoçeşitlilik politikalarını milli ve yerel

planlara dahil etmek” (Kumar vd. 2018, Zainuddin vd. 2019, Rachmawati vd. 2021) hedeflerine ulaşmada İHA kullanımının etkili olduğu görülmüştür. Küçük ölçekli çiftçilerin dahi kullanacağı durumda olan İHA’larla verimin artırıldığına yapılan çalışmalarda dikkat çekilmiş hatta bazı ülkelerin çiftçiyi bu konuda desteklediği belirtilmiştir.

Evrensel kültürel mirasın korunmasında, yıllar içinde bozulmaların saptanarak koruma çalışmalarının başlatılmasında, arkeolojik alanların üç boyutlu modellenmesinin hazırlanarak gelecek nesillere aktarılmasında İHA kullanımının SKH’ne katkı sağladığı görülmektedir. “Hedef 11.4: Kültürel ve doğa mirasını korumaya yönelik çabalar” maddesinin başarıya ulaştırılmasında (Nikolakopoulos vd. 2017, Şenol vd. 2021, Costanzo vd. 2021, Karataş vd. 2022) İHA’ların büyük katkısı vardır.

Tablo 2: SKH’nin Gerçekleştirilmesinde İHA Kullanım Alanları

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri		İHA Kullanım Alanları			
Hedef	Hedef Açıklaması	Tarım	Afet Yönetimi	İnsani Yardım	Fotogrametri
	Hedef 2.3: Çiftçiler, balıkçılar gibi küçük ölçekli gıda üreticilerin fırsatlara erişimini sağlayarak tarımsal verimliliği arttırmak	X			
	Hedef 2.4: Sürdürülebilir gıda üretimini sağlamak, üretimi ve verimliliği arttıran tarım uygulamalarına yönelmek	X			
	Hedef 2. a: Üretim kapasitesini arttırmak için tarımsal araştırmalar ve teknoloji geliştirme	X			
	Hedef 3.2: Yenidoğan ve doğuma bağlı ölümlerin düşürülmesini sağlamak			X	
	Hedef 3.3: Aids, sıtma, tüberküloz, hepatit gibi bulaşıcı salgın hastalıklarla mücadele			X	
	Hedef 3.4: Koruma ve tedavi yoluyla bulaşıcı olmayan hastalıklardan kaynaklı ölümlerin azaltılması			X	
	Hedef 3.6: Trafik kazalarından kaynaklı ölüm ve yaralanmaları azaltmak			X	
	Hedef 3.7: Aile planlaması, üreme sağlığı hizmetlerine evsanel erişimi sağlamak			X	
	Hedef 3.b: Gelişmekte olan ülkelere ilaç aşı ve test kiti erişimini desteklemek			X	
	Hedef 11.4: Kültürel ve doğa mirasını korumaya yönelik çabalar				
	Hedef 11.5: Afetlerden kaynaklı ölümleri ve etkilenen insan sayısını azaltma, ekonomik kayıpları düşürme, yoksul ve kırılgan durumdaki insanlara yardım		X	X	



Hedef 14.4: Mahsül toplamayı etkili şekilde gerçekleştirmek, kural dışı ve tahrip edici balıkçılık faaliyetlerini önlemek, verimli bir şekilde sürdürülebilir ürün sağlamak X



Hedef 15.8: İstilacı türlerin kara ve su ekosistemlerinden arındırılmasını sağlamak, öncelikli türleri korumak X

Hedef 15.9: Ekosistem ve biyoçeşitlilik politikalarını milli ve yerel planlara dahil etmek X

Hedef 15.a: Biyoçeşitlilik ve ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımını sağlamak X

Hedef 15.c: Yerel toplulukların sürdürülebilir geçim kaynaklarında veriminin artırılması için desteklemek X

Kaynak: T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2020.

SONUÇ

Birleşmiş Milletler'in 2015-2030 yılları için belirlediği Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) kapsamında eğitimde, sağlıkta, gıdaya ve temiz suya ulaşımında, biyosistem ve ekoçeşitliliğin korunmasında, insan haklarında, ticari faaliyetlerde fırsat eşitliğini sağlamak amaçlanmıştır. Bu kapsamda özellikle afet ve salgın hastalıklarla mücadelede, kazalara veya doğuma bağlı can kayıplarının önlenmesinde teknoloji kullanımı mutlak bir ihtiyaç hale gelmiştir. Günümüzde yaşam şartlarının değişimi teknolojiye duyulan ihtiyacı arttırmakta ve her yeni teknolojik gelişme hayatımızda kolaylıkla yer bulmaktadır. İlk kullanımı askeri operasyonlarda savunma amacı olan İnsansız Hava Araçlarının (İHA) faydaları daha küçük boyutlu versiyonlarının da sivil alanda bireysel kullanımı için geliştirilmesini sağlamıştır. Kamera, sensör, taşıma aparatı, veri kaydetme ve işleme, sulama ve püskürtme, yer altı ve su altı görüntüleme, tırmanma ve dalış gibi entegre edilen teknolojilerle İHA'ların pek çok alanda kullanımı bulunmaz bir nimettir. SKH kapsamında tarımda verimliliğin artırılması, insani yardımların ulaştırılması, kaza, doğum, doğal afet gibi durumlarda en hızlı yardımın ulaştırılmasıyla can kayıplarının önlenmesi, küresel kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılmasında İHA kullanımının belirlenen amaçlara büyük katkı sağladığı görülmektedir. İncelenen çalışmalar doğrultusunda arazi izleme çalışmaları çatısı altında İHA'ların farklı kullanım alanları araştırılmış ve SKH ve alt amaçlarını gerçekleştirmeye sağladığı faydaları göstermek amaçlanmıştır.

İncelenen literatürde İHA'ların bireysel kullanımdaki en büyük faydaları iş gücü maliyetinden tasarruf, taşıtlarla veya insan gücüyle ulaşılması zor alanlara erişim, eski araçlarla elde edilemeyen yer altı görüntüleme, termal görüntüleme ve yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu görüntüleme, arazi kontrolü, tehdit algılama ve müdahale, yardım ulaştırımadaki hızıdır. Ortak kazanımları bahsedilen avantajlar olmakla beraber arazi inceleme çalışmaları 4 temel alana ayrılmış ve kullanım amaçlarına göre sağladığı faydalar detaylı olarak belirtilmiştir.

Fotogrametri alanında İHA kullanımı jeodezik ve arkeolojik çalışmalarda yer bulmuştur. İHA'ların dijital donanımları sayesinde yer altını da görüntüleyebilmesi sayesinde arkeolojik kalıntının 3 boyutlu modelini yapmak, yıllar içinde aşınma miktarını belirlemek mümkündür. Öte yandan topografya haritası oluşturmada da fayda sağlar. Yer altını da görüntüleyebilen İHA'lar klasik yöntemlerle kıyaslanamayacak faydalar sağlamıştır. Fotogrametri araştırmalarında en büyük faydası normal şartlarda erişime imkân olmayan kayalık arazilerin görüntülenmesinin İHA'ların tırmanma özelliği sayesinde gerçekleştirilebiliyor olmasıdır. SKH kapsamında İHA'lar kültürel ve doğal mirasların gelecek nesillere aktarılmasına büyük fayda sağlamaktadır.

Doğal afetler ya da büyük çaplı kazalar gerçekleştikten sonra 3 temel amaç vardır: afet sonrası ilk aşama olarak arama-kurtarma operasyonlarının yürütülmesi, kurtarılan kişilere hayati malzeme yardımının yapılması ve afet sonrası hasarın ve riskin tespiti. Orman yangınları, deprem, sel, tsunami, tayfun, heyelan gibi doğal afetlerde veya beklenmedik kazalarda arama kurtarma ekiplerinin uygun bölgeye gönderilmesini İHA'lar sağlamaktadır. İlk hasarın ve yaşam faaliyeti gösterenlerin tespiti yüksek çözünürlüklü ve termal kamera bulunduran İHA'lar sayesinde etkili bir şekilde gerçekleştirilir. Özellikle afetten dolayı kapanan ve kullanılmayan yolları engelsiz bir şekilde geçebilen İHA'larla afetten etkilenen kişilere oldukça hızlı bir şekilde medikal, gıda ve içme suyu ulaştırılması sağlanır. Afet yönetiminde İHA kullanımının en büyük faydası zaman ve ulaşılması zor noktalara hızlı bir şekilde erişerek can kaybının önlenmesidir. Bu bağlamda İHA'ların SKH ilgili maddelerini gerçekleştirmede katkı yaptığı görülmektedir.

Uzun zamandır araçla erişimin uzun zaman aldığı veya sağlanamadığı, sağlık tesisinin olmadığı başta Afrika ülkeleri olmak üzere gelişmemiş kırsal kesimlere insani yardım ulaştırılması İHA'larla yapılmakta ve ölüm oranlarının azalmasında etkili olduğu görülmektedir. Bu kapsamda medikal malzeme, salgın hastalıklar için ilaç, test kiti ve aşıların sağlanması, kan ünitelerinin hızlı ulaştırılması sayesinde özellikle doğum sonrası anne ölümlerinin önüne geçilmesi İHA'lar vasıtasıyla yapılmaktadır. Bununla birlikte hastane dışı kalp krizlerinde İHA'larla ambulandan çok daha hızlı defibrilasyonun taşınması ve uygulanması kalp krizine bağlı can kayıplarını ciddi derecede azaltmıştır. Son dönemde birçok ülkeyi aynı anda etkileyen Covid-19 salgınında İHA'ların termal kamera görüntülenmesi sayesinde riskli bölgelerin tespiti, karantina kurallarına uymanın kontrolü, hastaların durumunu izleme, taşıma özelliği sayesinde tıbbi yardımların ve test kitlerinin temassız ulaştırılması, püskürtme özelliği sayesinde sterilizasyonun yapılması sağlanmıştır.

Küresel olarak artan nüfusun gıda talebini karşılamak, sanayileşme ve kentleşmenin sonucunda tarım arazilerinin azalmasıyla her zamankinden daha fazla zorlaşmıştır. Tarıma bağlı ekonomilerde verimliliği arttırmak için atılan tarımda modernizasyon adımları kapsamında akıllı tarım ve hassas tarım uygulamaları ilgi görmektedir. İHA'lar sayesinde tarım arazisinin incelenmesi, mahsul ve hasat kontrolü, toprak nemi analizi, zararlı bitki ve hastalıkların tespiti ve ilaçlama ile erken müdahalenin yapılması, doğru zamanda gerektiği kadar sulama yapılarak verimliliğin sağlanması mümkündür. Seracılık, hayvan çiftlikleri ve balık kafeslerinde de kapalı alanda görüntülenmenin İHA'lar vasıtasıyla etkili bir şekilde yapılması hem iş gücü maliyetini düşürmeyi hem de çiftlikler arası mesafeyi kısa sürede alarak gözetleme yapmayı sağlamaktadır. SKH'nden tarımda verimliliğin

arttırılması, çiftçiye teknoloji sağlanması, zararlı türlerden arınma, sürdürülebilir ve verimli mahsul alınması amaçlarına ulaşmada İHA kullanımının katkısı çok önemlidir.

Yukarıda bahsedilen alanlarda özel donanımları yardımıyla büyük kolaylık sağlayan İHA'ların hala pratik kullanımda sınırlılıkları olduğuna rastlanmıştır. İHA'lara yük kapasitesi, özel sensörler, taşıma veya püskürtme ekipmanları eklenince daha çok enerjiye ihtiyaç duyması sonucunda menzili kısaltmaktadır (Tsouros, Bibi, ve Sarigiannidis, 2019). Bu açıdan yüksek çözünürlük görüntü elde etme özelliğinin yanı sıra enerji kullanımının da iyileştirilmesi gerekmektedir. Öte yandan özellikle tarım uygulamalarında İHA'ların hastalık ve haşerat tespitini kendi yaparak ilaçlama kararını otonom olarak alabilmesi için tehtitler ve önlemlerle ilgili veri tabanının geliştirilmesi gerekmektedir (Khanal, Kc, Fulton, Shearer, ve Ozkan, 2020). Covid-19 salgınının etkisiyle küresel çapta fırsat eşitsizliklerinin yaşandığı son dönemde SKH'nin gerçekleştirilmesi zorlaşsa da teknolojinin etkin kullanımıyla amaçların pek çoğunun gerçekleştirilmesine İHA'ların katkısı büyüktür. Bu kapsamda politika yapıcıların İHA kullanımıyla ilgili yasalarını revize ederek daha fazla katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ülkelerin uçuş yasaları ve kısıtlamaları sebebiyle bireysel kullanımın zorluğu vurgulanmış ve prosedürlerin bazı iş kolları için esnetilmesi gerektiği belirtilmiştir. Öte yandan gerekli donanımlara sahip İHA'ların maliyetinin fazla olması sebebiyle küçük ölçekteki çiftçiler için kullanılabilir olmadığı görülmüş ve devlet desteklerinin arttırılması gerekliliğine dikkat çekilmiştir. Politika yapıcıların bu önerileri dikkate alarak İHA kullanımının avantajlarından daha çok faydalanmayı sağlaması SKH'nin gerçekleştirilmesi için faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdullahi, H. S., Mahieddine, F., & Sheriff, R. (2015). "Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture Using Unmanned Aerial Vehicles". In *Wireless and Satellite Systems: 7th International Conference, WiSATS 2015* (pp. 388-400). Bradford, UK: Springer International Publishing.
- Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., & Martínez-Carricondo, P. (2017). "Accuracy of Digital Surface Models and Orthophotos Derived from Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry". *Journal of Surveying Engineering*, 413(2), 04016025.
- Ahirwar, S., Swarnkar, R., Bhukya, S., & Namwade, G. (2019). Application of Drone in Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(01), 2500-2505.
- Al-Naji, A., Perera, A., Mohammed, S., & Chahl, J. (2019). "Life Signs Detector Using A Drone in Disaster Zones". *Remote Sensing*, 11(20), 2441.
- Asadi, A., Pinkley, S., & Mes, M. (2022). "A Markov Decision Process Approach for Managing Medical Drone Deliveries". *Expert systems with applications*, 204, 117490.
- Bäckman, A., Hollenberg, J., Svensson, L., Ringh, M., Nordberg, P., Djarv, T., Claesson, A. (2018). "Drones For Provision of Flotation Support in Simulated Drowning". *Air medical journal*, 37(3), 170-173.
- Başkanlığı, T. C. (2020, 02 21). *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Göstergeleri*. Retrieved 12 12, 2023, from <http://www.surdurulebilirirkalkinma.gov.tr>: <http://www.surdurulebilirirkalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2021/02/SKA-ve-Gostergeleri-Kapak-Birlestirilmis.pdf>
- Başpınar, A., & Özvarış, Ş. (2021). "Covid-19'un Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Üzerine Etkileri". *Sağlık ve Toplum Dergisi*, 31(2), 3-13.
- Baumgarten, M. C., Röper, J., Hahnenkamp, K., & Thies, K. (2022). "Drones Delivering Automated External Defibrillators—Integrating Unmanned Aerial Systems into the Chain Of Survival: A Simulation Study in Rural Germany". *Resuscitation*, 172, 139-145.
- Carrivick, J. L., & Smith, M. (2019). "Fluvial and Aquatic Applications of Structure from Motion Photogrammetry and Unmanned Aerial Vehicle/Drone Technology". *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 6(1), e1328.
- Chang, K. J., Tseng, C. W., Tseng, C. M., Liao, T. C., & Yang, C. (2020). "Application of Unmanned Aerial Vehicle (Uav)-Acquired Topography for Quantifying Typhoon-Driven Landslide Volume and its Potential Topographic Impact on Rivers in Mountainous Catchments". *Applied Sciences*, 10(17), 6102.
- Chowdhury, S., Emelogu, A., Marufuzzaman, M., Nurre, S., & Bian, L. (2017). "Drones for Disaster Response and Relief Operations: A Continuous Approximation Model". *International Journal of Production Economics*, 188, 167-184.

- Colica, E., D'Amico, S., Iannucci, R., Martino, S., Gauci, A., Galone, L., & Paciello, A. (2021). "Using Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry for Digital Geological Surveys: Case Study of Selmun Promontory, Northern of Malta". *Environmental Earth Sciences*, 80, 1-14.
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). "Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97.
- Comert, R., Avdan, U., & Senkal, E. (2012). "Unmanned Aerial Vehicles Usage Areas and Future Expectations. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Gelecekteki Beklentiler". *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*. Zonguldak.
- Connor, D., Wood, K., Martin, P., Goren, S., S., Megson-Smith, D., Verbelen, Y., . . . Scott, T. (2020). "Radiological Mapping of Post-Disaster Nuclear Environments Using Fixed-Wing Unmanned Aerial Systems: A Study from Chornobyl". *Frontiers in Robotics*, 6, 149.
- Costanzo, A., Pisciotta, A., Pannaccione Apa, M., Bongiovanni, S., Capizzi, P., D'Alessandro, A., . . . Martorana, R. (2021). "Integrated Use of Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry Terrestrial Laser Scanning to Support Archaeological Analysis: The Acropolis of Selinunte Case (Sicily, Italy)". *Archaeological Prospection*, 28(2), 153-165.
- Çoban, S., & Oktay, T. (2018). "Legal And Ethical Issues of Unmanned Aerial Vehicles". *Journal of Aviation*, 2(1), 31-35.
- Duan, H. B., Zhang, X., Wu, J., & Ma, G. (2009). "Max-Min Adaptive Ant Colony Optimization Approach to Multi-Uavs Coordinated Trajectory Replanning in Dynamic and Uncertain Environments". *Journal of Bionic Engineering*, 6(2), 161-173.
- Ercan, C., & Gencer, C. (2018). "A Decision Support System for Dynamic Heterogeneous Unmanned Aerial System Fleets". *Gazi University Journal of Science*, 31(3), 863-877.
- Erdelj, M., Król, M., & Natalizio, E. (2017). "Wireless Sensor Networks and Multi-UAV Systems for Natural Disaster Management". *Computer Networks*, 124, 72-86.
- Estrada, M. A., & Ndoma, A. (2019). "The Uses Of Unmanned Aerial Vehicles – UAV's- (Or Drones) in Social Logistic: Natural Disasters Response and Humanitarian Relief Aid". *Procedia Computer Science*, 149, 375-383.
- Eşkinat, R. (2016). "Binyıl Kalkınma Hedeflerinden Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine". *Anadolu Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 2(3), 267-282.
- Fernández-Hernandez, J., González-Aguilera, D., Rodríguez-Gonzálvez, P., & Mancera-Taboada, J. (2015). "Image-Based Modelling from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Photogrammetry: An Effective, Low-Cost Tool for Archaeological Applications". *Archaeometry*, 57(1), 128-145.
- Fikar, C., Gronalt, M., & Hirsch, P. (2016). "A Decision Support System for Coordinated Disaster Relief Distribution". *Expert Systems with Applications*, 57, 104-116.

- Glade, D. B. (2000). *Unmanned Aerial Vehicles: Implications for Military Operations* (Vol. 16). Alabama: Center for Strategy and Technology, Air War College, Air University.
- Gupta, J., & Vegelin, C. (2016). "Sustainable Development Goals and Inclusive Development". *International environmental agreements: Politics, law and economics*, 16, 433-448.
- Gupta, S. G., Ghonge, M., & Jawandhiya, D. (2013). "Review of Unmanned Aircraft System (UAS)". *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 1646-1658.
- Hafeez, A., Husain, M., Singh, S., Chauhan, A., Khan, M., Kumar, N., Soni, S. (2023). "Implementation of Drone Technology for Farm Monitoring & Pesticide Spraying: A Review. Information Processing in Agriculture". *Information Processing in Agriculture*, 10(2), 192-203.
- Harsh, S., Singh, D., & Pathak, S. (2021). "Efficient and Cost-effective Drone–NDVI system for Precision Farming". *International Journal of New Practices in Management and Engineering*, 10(04), 14-19.
- Inoue, Y. (2020). "Satellite-And Drone-Based Remote Sensing of Crops and Soils for Smart Farming—A Review". *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(6), 798-810.
- Kanık, Z. B., Ömürgönülşen, M., & Soysal, M. (2023). "Son Kilometre Koli Teslimatı Literatür Taraması: Yükselen Eğilimler ve İlgili Teknolojilere Bir Bakış". *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 393-424.
- Karataş, L., Alptekin, A., Kanun, E., & Yakar, M. (2022). "Tarihi Kârgir Yapılarda Taş Malzeme Bozulmalarının İHA Fotogrametrisi Kullanarak Tespiti ve Belgelenmesi: Mersin Kanlıdivane Ören Yeri Vaka Çalışması". *İçel Dergisi*, 2(2), 41-49.
- Khanal, S., Kc, K., Fulton, J., Shearer, S., & Ozkan, E. (2020). "Remote Sensing in Agriculture-Accomplishments, Limitations, and Opportunities". *Remote Sensing*, 12(22), 3783.
- Konert, A., Smereka, J., & Szarpak, L. (2019). "The Use of Drones in Emergency Medicine: Practical and Legal Aspects". *Emergency medicine international*.
- Kršák, B., Blišťan, P., Paulíková, A., Puškárová, P., Kovanič, L., Palková, J., & Zelizňaková, V. (2016). "Use of Low-Cost UAV Photogrammetry to Analyze the Accuracy of a Digital Elevation Model in a Case Study". *Measurement*, 91, 276-287.
- Krul, S., Pantos, C., Frangulea, M., & Valente, J. (2021). "Visual SLAM for Indoor Livestock and Farming Using a Small Drone With a Monocular Camera: A Feasibility Study". *Drones*, 5(2), 41.
- Kumar, A., Sharma, K., Singh, H., Naugriya, S., & Gill, S. (2021). "A Drone-Based Networked System and Methods for Combating Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic". *Future Generation Computer Systems*, 115, 1-19.
- Kumar, G. D., & Jeeva, B. (2017). "Drone Ambulance for Outdoor Sports". *Asian Journal of Applied Science and Technology*, 1(5), 44-49.

- Kumar, R. P., Sanjeeva, P., & Vijay Kumar, B. (2018). "Transforming the Traditional Farming into Smart Farming Using Drones". In *Proceedings of the Second International Conference on Computational Intelligence and Informatics: ICCII 2017* (pp. 589-598). Springer Singapore.
- Kunovjanek, M., & Wankmüller, C. (2021). "Containing the COVID-19 Pandemic with Drones - Feasibility of a Drone Enabled Back-up Transport System". *Transport Policy*, 106, 141-152.
- Lorek, S., & Spangenberg, J. (2014). "Sustainable Consumption within a Sustainable Economy: Beyond Green Growth and Green Economies". *Journal of Cleaner Production*, 62, 33-44.
- Mohd, S. A., Gan, K., & Ariffin, A. (2021). "Development of Medical Drone for Blood Product Delivery: A Technical Assessment". *International Journal of Online & Biomedical Engineering*, 17(9), 183-196.
- Mohsan, S. A., Zahra, Q., Khan, M., Alsharif, M., Elhaty, I., & Jahid, A. (2022). "Role of Drone Technology Helping in Alleviating the COVID-19 Pandemic". *Micromachines*, 13(10), 1593.
- Nikolakopoulos, K. G., Soura, K., Koukouvelas, I., & Argyropoulos, N. (2017). "UAV vs Classical Aerial Photogrammetry for Archaeological Studies". *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 758-773.
- O'driscoll, J. (2018). "Landscape Applications of Photogrammetry Using Unmanned Aerial Vehicles." *Journal of Archaeological Science: Reports*, 22, 32-44.
- Ozmehmet, E. (2008). "Dünyada ve Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları". *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 3(12), 1853-1876.
- Pereira, F. L. (2021). "Optimal Control Problems in Drone Operations for Disaster Search and Rescue". *Procedia Computer Science*, 186, 78-86.
- Peşkircioğlu, N. (2016). "2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri: Küresel Verimlilik Hareketine Doğru". *Anahtar Dergisi*, 28(355), 4-9.
- Quaritsch, M., Kruggl, K., Wischounig-Strucl, D., Bhattacharya, S., Shah, M., & Rinner, B. (2010). "Networked Uavs as Aerial Sensor Network for Disaster Management Applications". *e&i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 127(3), 56-63.
- Rachmawati, S., Putra, A., Priyatama, A., Parulian, D., Katarina, D., Habibie, M., . . . Valentino, V. (2021). "Application of Drone Technology for Mapping and Monitoring of Corn Agricultural Land". *International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)*, (pp. 1-5). Bandung, Indonesia: IEEE.
- Rajput, S. G., Thakur, M., Wagh, C., & Mahale, M. (2021). "A Review On Agricultural Drone Used In Smart Farming". *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 8(3), 313-316.
- Recchiuto, C. T., & Sgorbissa, A. (2018). "Post-Disaster Assessment with Unmanned Aerial Vehicles: A Survey on Practical Implementations and Research Approaches". *Journal of Field Robotics*, 35(4), 459-490.

- Restas, A. (2015). "Drone Applications for Supporting Disaster Management". *World Journal of Engineering and Technology*, 3(3), 316.
- Royset, J. O., Carlyle, W., & Wood, R. (2009). "Routing Military Aircraft with a Constrained Shortest-Path Algorithm". *Military Operations Research*, 31-52.
- Shetty, V. K., Sudit, M., & Nagi, R. (2008). "Priority-Based Assignment and Routing of a Fleet of Unmanned Combat Aerial Vehicles". *Computers & Operations Research*, 35(6), 1813-1828.
- Sivasuriyan, V. (2021). "Drone Usage and Disaster Management". *Bodhi Int. J. Res. Humanit. Arts Sci*, 5, 93-97.
- Stehr, N. J. (2015). "Drones: The Newest Technology for Precision Agriculture". *Natural Sciences Education*, 44(1), 89-91.
- Şenol, H. İ., Yiğit, A., Yunus, K., & Ali, U. (2021). "İHA ve Yersel Fotogrametrik Veri Füzyonu ile Kültürel Mirasın 3 Boyutlu (3B) Modelleme Uygulaması: Kanlıdivane Örneği". *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(1), 29-36.
- Şimşek, A. B. (2022). "A GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis Framework for Evaluation of Emergency Assembly Points". In *In Multi-Criteria Decision Analysis* (Vol. 1, pp. 235-249). CRC Press.
- Thavasi, P. T., & Suriyakala, C. D. (2012). "Sensors and Tracking Methods Used in Wireless Sensor Network Based Unmanned Search and Rescue System-A Review". *Procedia engineering*, 38, 1935-1945.
- Thiels, C. A., Aho, J., Zietlow, S., & Jenkins, D. (2015). "Use of Unmanned Aerial Vehicles for Medical Product Transport". *Air medical journal*, 34(2), 104-108.
- Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. (2019). "A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture". *Information*, 10(11), 349.
- Ubina, N. A., & Cheng, S. (2022). "A Review of Unmanned System Technologies with its Application to Aquaculture Farm Monitoring and Management". *Drones*, 6(1), 12.
- Washington, A. N. (2018). "A Survey of Drone Use for Socially Relevant Problems: Lessons from Africa". *African Journal Of Computing & ICT*, 11(3), 1-11.
- Wu, H., Li, H., Xiao, R., & Liu, J. (2018). "Modeling and Simulation of Dynamic Ant Colony's Labor Division for Task Allocation of UAV Swarm". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 491, 127-141.
- Zainuddin, Z., Manjang, S., & Wijaya, A. (2019). "Rice Farming Age Detection Use Drone Based on SVM Histogram Image Classification". In *Journal of Physics: conference series*. 1198 (9), p. 092001. IOP Publishing.
- Zaman, N. B., Raof, W., Saili, A., Aziz, N., Fatah, F., & Vaiappuri, S. (2023). "Adoption of Smart Farming Technology Among Rice Farmers". *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 29(2), 268-275.