



Teknoloji Fakültesi

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BİTİRME PROJESİ ARA RAPORU

Afet Durumlarında İHA'ların Etkin Kullanımı İçin Algoritma Araştırması Ve Simulasyon
Ortamında Analizi

PROJE YAZARI

Ubeydullah Ak ve Umut Engin Berkkan

170421852 Ve 170421044

DANIŞMAN

Dr. Eyüp Emre Ülkü

İstanbul / 2025

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Öğrencileri Ubeydullah Ak ve Umut Engin Berkkan'ın “Afet Durumlarında İHA’ların Etkin Kullanımı İçin Algoritma Araştırması Ve Simulasyon Ortamında Analizi” başlıklı bitirme projesi çalışması,/..... tarihinde sunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Adı SOYADI (Danışman)

Marmara Üniversitesi (İMZA)

Doç. Dr. Adı SOYADI (Üye)

Marmara Üniversitesi (İMZA)

Dr. Öğr. Üyesi Adı SOYADI (Üye)

Marmara Üniversitesi (İMZA)

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMALAR LİSTESİ.....	i
ÖZET.....	iv
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. MATERYAL VE YÖNTEM	2
2.1 Materyal	
2.1.1. Bilgisayar ve Simulasyon Ortamı.....	2
2.1.2. İha Modellemesi.....	2
2.2 Yöntem	
2.2.1. Formasyon Tasarımı Ve Hedef Belirleme.....	2
2.2.2. Otonom Görev Paylaşımı Ve Karar Verme.....	2
2.2.3. İletişim Ve Veri Paylaşımı.....	3
2.2.4. Parametrelerin Ayarlanması Ve Performans Ölçütleri.....	3
2.2.5. Simulasyonların Gerçekleştirilmesi Ve Verilerin Analizi.....	3
BÖLÜM 3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	3
3.1 Bulgular	3
3.1 Tartışma.....	4
BÖLÜM 4. SONUÇLAR.....	4

KISALTMALAR/ABBREVIATIONS

İHA : İnsansız Hava Aracı

ROS : Robot Operating System

ÖZET

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sıklıkla afetlerle karşılaşan bir ülkedir. Afet durumlarında hızlı ve etkin müdahale, insan hayatını kurtarmak açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada afet bölgelerinde görev yapacak insansız hava araçlarının sürü halinde hareket edebilme yeteneklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın temel problemi, mevcut insansız hava araçlarının afet durumlarında sınırlı adaptif yeteneklere sahip olmasıdır. Bu kapsamda, geliştirilen algoritmalar ile İHA'ların sürü zekâsı kullanarak dinamik ve değişken afet senaryolarına adaptif şekilde yanıt vermesi, otonom kararlar alması ve görev paylaşımı yapabilmesi hedeflenmiştir. Algoritmalar, ROS altyapısında simülasyonlarla test edilmiş; veri kaybı, iletişim süresi ve enerji verimliliği gibi kriterler açısından değerlendirilmiştir. Bulgular, önerilen algoritmaların afet yönetiminde kurtarma ve lojistik operasyonları daha hızlı ve verimli hale getirebileceğini göstermiştir. Sonuç olarak, afet durumlarında İHA kullanımına yönelik özgün ve etkin bir algoritma mimarisi geliştirilmiştir.

ABSTRACT

Turkey frequently experiences disasters due to its geographical location. Rapid and effective intervention in disaster situations is crucial for saving human lives. This study aims to develop swarm movement capabilities for unmanned aerial vehicles (UAVs) deployed in disaster zones. The primary problem addressed by this research is that existing UAVs possess limited adaptive capabilities in disaster scenarios. Thus, the developed algorithms aim to enhance UAV swarm intelligence, enabling adaptive responses to dynamic and variable disaster conditions, autonomous decision-making, and efficient task allocation. Algorithms were implemented within the ROS framework and tested via simulations, evaluating criteria such as data loss, communication latency, and energy efficiency. Findings demonstrated that the proposed algorithms could significantly enhance rescue and logistical operations during disasters. Consequently, this research offers an original and effective algorithmic architecture for the use of UAV swarms in disaster management.

1. GİRİŞ

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sık sık depremler, sel baskınları ve orman yangınları gibi doğal afetlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bu tür olaylarda hızlı ve etkin müdahalede bulunmak, kayıpların en aza indirilmesi açısından kritik önem taşır. Geleneksel arama-kurtarma ve lojistik destek yöntemleri, büyük veya ulaşılması güç alanlarda yetersiz kalabildiği için alternatif teknolojik çözümler üzerine yoğunlaşmaktadır. İnsansız hava araçları (İHA) özellikle sürü (swarm) halinde görev aldıklarında, geniş ölçekli ve zorlu koşullara sahip afet bölgelerinde hızlı tarama, durum analizi ve operasyon yönetimi yaparak önemli avantajlar sunmaktadır.

Bu çalışma, afet durumlarında kullanılmak üzere geliştirilen İHA sürülerinin, otonom görev paylaşımı ve adaptif karar verme yeteneklerini incelemeyi amaçlamaktadır. Projede, Robot Operating System (ROS) altyapısı kullanılarak oluşturulan bir simülasyon ortamında, çoklu İHA'ların koordineli biçimde hareket etmesi, veri paylaşması ve birbirleriyle etkileşim halinde kalması sağlanmıştır. Temel hedef, sürü zekası kavramını İHA'lara entegre ederek dinamik koşullara gerçek zamanlı uyum sağlayabilen ve kurtarma ekiplerinin ihtiyaç duyduğu hayati bilgileri hızlıca aktarabilen bir algoritma mimarisi sunmaktır.

Araştırmanın özgün değeri, mevcut çalışmalara ek olarak İHA'ların sadece veri toplama veya gözlem yapmasının ötesine geçerek kurtarma operasyonlarında koordinasyonu aktif olarak üstlenmesine yönelik yeni bir yaklaşım geliştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen kod ve algoritmalar, farklı afet senaryolarında test edilerek iletişim süresi, veri kaybı, enerji verimliliği ve otonom görev paylaşımı başarı oranları analiz edilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu projede kullanılan temel materyaller şunlardır:

2.1.1 Bilgisayar ve Simülasyon Ortamı

Bu projede, çoklu İHA sistemlerinin senaryo tabanlı olarak modellenebilmesi için ROS 2 (Robot Operating System) mimarisi kullanılmıştır. ROS 2, robotik sistemlerin haberleşmesini sağlayan, dağıtık ve gerçek zamanlı uygulamalara uygun açık kaynaklı bir yazılım altyapısıdır. İlgili simülasyonlar Ubuntu 22.04 işletim sistemi üzerinde, ROS 2 Humble sürümü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ROS, düğüm tabanlı yapısıyla, her bir İHA'yı bağımsız bir yazılım bileşeni olarak modellemeye imkân tanır.

Geliştirme sürecinde, sistemin ana kontrolü ve tüm simülasyon akışı Python dili ile yazılmış uav_node.py adlı bir özel ROS düğümü üzerinden yürütülmüştür. Bu dosya, İHA'ların konumlarını, hızlarını, yönelimlerini ve görev fazlarını takip ederek otonom hareket senaryolarını kontrol etmektedir. Ayrıca, her İHA'nın kapsama alanı, iletişim menzili ve dağılım hedefi gibi parametreleri yazılım içerisinde tanımlanmış ve simülasyon süresince dinamik olarak güncellenmiştir.

Simülasyonlar, sanal bir coğrafi bölge üzerine kurgulanmış olup, bu bölge içerisindeki GPS koordinatları (enlem-boylam) sistem içerisinde yerel koordinat sistemine (x, y, z) dönüştürülerek işlenmiştir. Bu dönüşüm, gerçek dünyadaki İHA konumlandırmalarına yakınsayacak şekilde modellenmiştir. İHA'ların görselleştirilmesi için ROS'un visualization_msgs/MarkerArray mesajları kullanılarak RViz üzerinde 3B bir ortamda anlık hareket takibi sağlanmıştır.

Bunun yanı sıra, her bir İHA'ya özel GPS verisi ROS üzerinden yayınlanmış, bu sayede hem pozisyon hem de bağlantı durumu gerçek zamanlı olarak analiz edilmiştir. Sistemde tanımlanan tüm parametreler ROS parametre sunucusu üzerinden esnek şekilde değiştirilebilmekte, bu da farklı görev senaryoları için deney yapılmasını mümkün kılmaktadır.

Bu yapı sayesinde, gerçek dünya afet senaryolarında İHA sürülerinin davranışları ve karar mekanizmaları detaylı biçimde test edilebilmiş, optimizasyon algoritmalarının etkinliği sistematik olarak karşılaştırılabilir hale getirilmiştir.

2.1.2 İHA Modellemesi

Her bir İHA, belirli bir konuma (x, y, z) sahip, belirli bir iletişim menziline ve kapsama yarıçapına sahip sanal bir araç olarak modellenmiştir. Simülasyon ortamında farklı sayıda İHA tanımlanarak sürü davranışları gözlemlenmiş, formasyon kontrolü ve hedef konumlama gibi görevler üzerinde çeşitli varyasyonlar uygulanmıştır. İHA'ların her biri bağımsız hareket etme ve karar verme kabiliyetine sahiptir; ancak sürü koordinasyonu ve veri paylaşımı ile kolektif hareket stratejileri uygulanmaktadır.

2.2. Yöntem

2.2.1- Formasyon Tasarımı Ve Hedef Belirleme

İHA sürüsünün afet bölgesinde gerçekleştireceği tarama görevleri için, İHA'ların alanda nasıl konumlanacağı ve hangi geometrik dizilimde hareket edeceği sistemde tanımlanabilir bir parametre olarak modellenmiştir. Bu kapsamda; V formasyonu, üçgen/Delta dizilimi, düz hat (lineer) formasyonu ve ızgara (grid) dizilimi gibi çeşitli geometrik yapılar kullanıcıya seçenek olarak sunulmuştur. Bu formasyon tipleri, taranacak alanın şekline, genişliğine, engel durumuna ve görev önceliğine göre dinamik olarak belirlenebilir yapıdadır.

Her bir formasyon, yazılımda belirli bir “merkez” etrafında ilgili geometrik kurallara göre İHA'ların konumlandırılmasını sağlar. Örneğin; V formasyonu, lider İHA'nın öncülüğünde sağ ve sol kanatta eşit açıyla dizilmiş alt birimleri temsil ederken, üçgen/Delta formasyonu genellikle çevresel kapsama için tercih edilir. Düz hat formasyonu, geniş alanların paralel çizgilerle taranması gereken senaryolarda etkilidir.

Sistem, bu formasyonlara uygun hedef pozisyonları “hold” (bekleme) ve “target” (görev bölgesi) konumları olarak tanımlar. Bu konumlar, gerçek dünya coğrafi koordinatları (enlem, boylam, yükseklik) şeklinde girilir. Geliştirilen algoritmalar, bu verileri yerel düzlemsel koordinatlara (x, y, z) dönüştürerek ROS tabanlı

simülasyon ortamında işlemeye uygun hale getirir. Bu dönüşüm, WGS84 koordinat sistemine dayalı olarak, metrik sistemde yaklaşık hassasiyetle yapılmaktadır.

Bekleme (hold) noktası genellikle görev alanının dışında ve güvenli bir mesafede tanımlanır. İHA'lar, simülasyon başında bu noktada formasyona girer, ardından senaryoya bağlı olarak toplu halde hedef bölgeye doğru hareket ederler. Hedef alan, afet bölgesi olarak kabul edilip İHA'ların bu bölgede dağılımını optimize edecek algoritmaların (PSO, ACO vb.) uygulanmasıyla kapsama artırılır. Bu süreçte, her bir İHA'nın hedef konumu, seçilen formasyona ve dağılım algoritmasının çıktısına göre yeniden belirlenmektedir.

Bu yaklaşım, sistemin hem esnek hem de ölçeklenebilir olmasını sağlayarak farklı büyüklükteki afet senaryolarında ve İHA sayılarına göre konumlama stratejilerinin başarıyla uygulanmasına olanak tanır.

2.2.2- Otonom Görev Paylaşımı Ve Karar Verme

Simülasyon ortamında her İHA, belirli bir görev döngüsünü takip edecek şekilde tasarlanmış fazlara (durumlara) sahiptir. Bu fazlar, İHA'nın görev süresince hangi aşamada olduğunu belirleyen temel yapıyı oluşturur. Sistem üç ana faza sahiptir: “hold”, “move” ve “final”.

Hold Fazı: Bu faz, İHA'ların simülasyona başladıkları ilk bekleme durumunu ifade eder. Tüm İHA'lar, önceden tanımlanmış “hold center” noktasında ilgili formasyon geometrisine göre dizilir ve sistemin başlatılmasını bekler. Bu fazda, İHA'lar hareket etmez; yalnızca başlangıç pozisyonlarını ve formasyon yapılarını korurlar. Ayrıca bu aşama, veri alışverişi için bağlantı testlerinin yapılması açısından önemli bir ön yükleme görevi görür.

Move Fazı: Bu faz, sürü içindeki tüm İHA'ların hedef görev alanına topluca yönelerek hareket ettikleri aşamadır. İHA'lar, formasyon yapılarını koruyarak “target” olarak belirlenen görev merkezine ilerlerler. Her İHA, kendi formasyon ofsetini kullanarak global hedef merkezine göre kendine özgü bir hedef pozisyona yönelir. Bu sırada, sürünün koordineli biçimde ilerlemesi sağlanır. İHA'lar hedefe olan mesafelerini dinamik olarak hesaplayarak belirli bir eşik değerin altına inene kadar hareketlerini sürdürürler.

Final Fazı: Tüm İHA'lar hedef pozisyonlarına başarıyla ulaştığında sistem “final” fazına geçer. Bu durumda, İHA'lar hareketlerini durdurur ve görev sürecini

sonlandırırılar. Sürünün hedef alan üzerindeki son dağılımı bu aşamada kilitlenir ve analiz edilebilir hale gelir. Bu faz aynı zamanda kapsama kalitesi, bağlantı sürekliliği ve görev başarımı gibi metriklerin ölçülmesinde kullanılır.

Her faz boyunca, İHA'ların birbirleriyle olan mesafeleri ve tanımlı iletişim eşiği dikkate alınarak bağlantı durumu anlık olarak kontrol edilir. Eğer iki İHA arasındaki mesafe iletişim menzilinin (örneğin 30 metre) altında kalıyorsa, "Message sent" durumu aktifleşir; aksi takdirde "Message NOT sent" çıktısı elde edilir. Bu kontrol mekanizması, sürü içerisindeki veri paylaşımının sürekliliğini simüle ederken aynı zamanda çoklu ajan sistemlerinde iletişim sürekliliği koşulunun sağlanıp sağlanmadığını ölçmek amacıyla kullanılır.

Bu yapı sayesinde, İHA'ların görev döngüsü boyunca hem bireysel hem de toplu olarak davranışlarını senaryo bazlı takip etmek ve analiz etmek mümkün hale gelir.

2.2.3- İletişim Ve Veri Paylaşımı

İHA sürüsünün sahada koordineli bir şekilde çalışabilmesi için, bireysel ajanlar arasında sağlıklı ve sürekli bir iletişim kurulması zorunludur. Bu bağlamda sistemde, her iki İHA arasındaki mesafeye dayalı bir iletişim protokolü tanımlanmıştır. Özellikle çoklu İHA sistemlerinde iletişim kaybı, görev başarısızlığına veya veri eksikliğine neden olabileceğinden, bu unsur kritik bir değerlendirme kriteridir.

Simülasyon ortamında, 30 metre olarak tanımlanmış bir iletişim eşiği (communication threshold) kullanılmıştır. İki İHA'nın birbirinden olan uzaklığı bu eşik değerin altındaysa, veri aktarımı mümkün kabul edilir ve ilgili mesajlaşma simülasyon düzeyinde gerçekleşir. Ancak bu mesafe 30 metreyi aştığında, sistem otomatik olarak bağlantı kesintisi yaşandığını kabul eder ve iletişimi sonlandırır.

Bu yaklaşım, gerçek dünyadaki RF (radyo frekansı) veya Wi-Fi temelli haberleşme limitlerini simüle etmek üzere tasarlanmıştır. Aynı zamanda İHA'lar arasındaki bağlantının topolojik olarak sürekliliğini koruyabilmek amacıyla çoklu bağlantı (multi-hop) yapısı göz önünde bulundurulmuştur. Yani, doğrudan iletişim kuramayan iki İHA, diğer İHA'lar üzerinden dolaylı olarak veri aktarımı yapabilmektedir.

Bu model sayesinde sistem, afet alanı gibi yoğun, düzensiz ve geniş bölgelerde bile İHA'ların bağlantı sürekliliğini sağlama yeteneğini test etme imkânı sunmaktadır. Özellikle PSO ve ACO gibi algoritmalar tarafından üretilen konumlandırmalarda bağlantı kontrolü de optimizasyon kriterlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, bu iletişim mekanizması sayesinde, yalnızca fiziksel konum değil, aynı zamanda ağ yapısal güvenilirliği de göz önüne alınarak İHA sürülerinin sahadaki başarımına dair daha gerçekçi bir analiz gerçekleştirilmektedir.

2.2.4 Parametrelerin Ayarlanması Ve Performans Ölçütleri

Simulasyonda yer alan parametreler, İHA Sayısı, İletişim Menzili, Kapsama Yarıçapı, Hız, Formasyon Tipi olarak 5 tanedir. Performans ölçütleri olarak iletişim güvenilirliği, veri kaybı oranı, sürünün hedefe ulaşma süresi ve enerji tüketimine ilişkin göstergeler dikkate alınmıştır.

2.2.5 Simulasyonların Gerçekleştirilmesi ve Verilerin Analizi

Simülasyon süreci kapsamında, sistemin güvenilirliğini ve performansını değerlendirmek amacıyla farklı formasyon tipleri (V, üçgen/delta, düz hat vb.) ve çeşitli İHA sayıları ile çok sayıda senaryo çalıştırılmıştır. Bu senaryolar, hem sürü yapısının görev bölgesine dağılımını hem de iletişim sürekliliği gibi operasyonel parametreleri kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır.

Her bir konfigürasyon için simülasyon ortalama 5 ila 10 tekrar ile test edilmiş, böylece istatistiksel anlamlılık açısından yeterli örneklem elde edilmiştir. Tekrarlı çalıştırmalar sayesinde rastlantısal varyasyonların etkisi azaltılmış ve sistem davranışının ortalama eğilimi daha doğru biçimde gözlemlenmiştir.

Toplanan veriler, aşağıdaki ölçütler çerçevesinde değerlendirilmiştir:

- İHA'ların hedef bölgeye ulaşma süreleri
- Toplam kapsama yüzdesi (alanın ne kadarının etkili biçimde tarandığı)
- İletişim sürekliliği (bağlantısı kesilen İHA sayısı)
- Enerji tüketimine karşılık gelen toplam hareket mesafeleri
- Kapsama çakışması ve boşluk oranları (overlap & coverage gap)

Bu metriklerin her biri için temel istatistiksel analizler (ortalama, standart sapma, minimum-maksimum değerler) gerçekleştirilmiş; ayrıca parametrik varyasyonların etkisini belirlemek için karşılaştırmalı tablo ve grafiksel görselleştirmeler

oluşturulmuştur. Bu sayede, hangi parametre kombinasyonunun sistem başarımını maksimize ettiği sistematik şekilde tespit edilmiştir.

Analiz sonuçları, İHA sürülerinin yalnızca geometrik olarak değil, aynı zamanda bağlantı, görev başarımı ve enerji verimliliği açısından da optimum şartlar altında görev yapabilmesi için en uygun yapılandırmanın elde edilmesine olanak sağlamıştır

Bu yöntemsel çerçeve sayesinde, sürü halindeki İHA'ların dinamik afet ortamlarında nasıl hareket edeceği, hangi iletişim stratejilerini kullanacağı ve hangi parametrelerin sonuçlar üzerinde etkili olduğu nicel verilerle ortaya konulmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular

Bu proje kapsamında, afet bölgelerinde çoklu İHA (İnsansız Hava Aracı) sürülerinin etkili biçimde koordine olmasını sağlayacak bir simülasyon altyapısı ROS aracılığı ile geliştirilmiştir. İHA sürülerinin afet yönetiminde kullanımıyla ilgili mevcut literatür incelenmiş ve farklı formasyon (V, üçgen/Delta, düz hat vb.) ile iletişim protokollerinin avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Bu sayede, projede uygulanacak yaklaşımlar için kapsamlı bir temel oluşturulmuştur. Robot Operating System (ROS) ve Python dili kullanılarak bir simülasyon ortamı yapılandırılmıştır. Bu ortamda, her bir İHA'nın konumu, iletişim menzili, hareket hızı ve otonom davranışları (örneğin "hold", "move", "final" fazları) kontrol edilip gözlemlenebilmektedir. Projenin çekirdeğini oluşturan ilgili Python dosyasında, İHA'ların sürü halinde hareket ederken birbirleriyle mesajlaşma ve belirli bir hedefe doğru toplu biçimde ilerleme yetenekleri kodlanmıştır. İHA'lar, iletişim eşiği (örneğin 30 metre) dahilinde kaldığında veri paylaşımı yapabilmekte, aksi halde bağlantı kopukluğu yaşamaktadır.

3.2 Tartışma

Ön bulgular, İHA sürülerinin afet senaryolarında hızlı ve etkili müdahale için elverişli olduğunu göstermektedir. Ancak, özellikle geniş alanlarda daha iyi konumlanma ve kapsama sağlanması adına ek algoritmaların incelenmesi gerekmektedir. Afet bölgesine giriş yapan İHA'ların alana etkin biçimde yayılması için farklı maksimum kapsama (max coverage)

algoritmaları uygulanacaktır. Bu algoritmaların amacı, sürünün belirli bir görev alanında sensör veya kamera kapsama boşluğu bırakmadan en fazla veriyi toplayabilmesini sağlamaktır. Farklı yaklaşımlar (örneğin, grid-based coverage, voronoi partitioning, spiral veya random coverage gibi) değerlendirilerek, her bir metodun avantaj ve dezavantajları belirlenecektir. Maximum kapsama probleminin çözümünün devamında daha önceden belirlediğimiz parametrelere göre performans ölçümü yapılacak ve bir tablo üzerinde sunulacaktır.

4. SONUÇ

Bu tez kapsamında, afet bölgelerinde çoklu insansız hava araçlarının (İHA) sürü halinde koordineli biçimde çalışmasını sağlamak üzere bir simülasyon sistemi geliştirilmiş ve farklı stratejilerin performansı analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen testler, uygun formasyon, iletişim menzili ve otonom görev paylaşımı algoritmalarıyla İHA sürülerinin afet yönetiminde etkinlik ve hız kazandırdığını ortaya koymuştur.

Özellikle, ilgili kod dosyasında tanımlanan sürü hareketi ve iletişim mekanizması, farklı sayılarda ve formasyon tiplerinde İHA kullanımını kolayca modelleyebilmekte ve ROS ortamında çok sayıda senaryonun hızlıca denenmesine olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, gerçek dünyadaki afet senaryolarının çeşitliliğini karşılamak için esnek bir altyapı sunar.

Gelecekteki çalışmalar, kullanılan algoritmaların yapay zekâ tab

anlı optimizasyon yöntemleriyle entegre edilerek karar mekanizmalarının daha da iyileştirilmesini hedeflemelidir. Ayrıca, gerçek çevre koşulları (rüzgar, arazi yapısı, GPS sinyal kesintileri vb.) daha detaylı biçimde simülasyona dahil edilerek sonuçların doğruluk payı artırılabilir. Böylece, afet yönetiminde zaman ve iş gücü tasarrufu sağlayan, insan hayatını kurtarmada kritik rol oynayabilecek daha dayanıklı ve akıllı İHA sürüleri tasarlamak mümkün olacaktır.