

**SÜRÜ İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ DERİN ÖĞRENME TABANLI HABERLEŞMESİ
VE KONTROLÜ**

**DEEP LEARNING BASED COMMUNICATION AND CONTROL OF SWARM UNMANNED
AERIAL VEHICLES**

Ege OZBAY

*Kutahya Dumlupınar University, Engineering Faculty, Electrical-Electronics Engineering
Department, Kutahya, Türkiye.*

ORCID ID: 0000-0002-2316-7001

Mustafa NAMDAR

*Kutahya Dumlupınar University, Engineering Faculty, Electrical-Electronics Engineering
Department, Kutahya, Türkiye.*

ORCID ID: 0000-0002-3522-4608

Arif BASGUMUS

*Bursa Uludag University, Engineering Faculty, Electrical-Electronics Engineering Department,
Bursa, Türkiye.*

ORCID ID: 0000-0002-0611-3220

Özet

Gelişen teknolojiyle birlikte, insansız sistemler üzerindeki çalışmalar son dönemde hızla artmaktadır. İnsansız sistemlerin en çok kullanıldığı alan ise insansız hava araçlarıdır (İHA). İHA sistemleri küçük boyutlara getirilerek daha etkili yeteneklere sahip olacak şekilde sürü halinde kullanılmaktadır. Sürü İHA'ların tarım, doğal afet, orman yangını, hava kirliliği tespiti ve savunma sanayi gibi birçok alanda kullanımı mevcuttur. Bu çalışmada askeri amaçları gerçekleştirme doğrultusunda sürü İHA'ların kullanılması ele alınmaktadır. Sürü halinde kullanılan İHA'lar için, yapay zekâ çözümlerinden faydalanılması, haberleşme ve kontrolün sağlanması ve tam seviyeli otonomiye sahip bir sistemin oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli otonomi seviyeleri, haberleşme sistemleri, kontrol mimarileri ve kontrol algoritmalarını kapsayan sistem Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) Algoritması ile eğitilerek gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada derin öğrenme ve makine öğrenmesi yöntemleri ile tam seviyeli otonomiye, yüksek farkındalığa ve algı/sakin sistemine sahip bir sürü İHA sisteminin gerçekleştirilmesi ve yapay zekâ ile sürü İHA teknolojisinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Sürü Zekası, Yapay Zeka, Derin Öğrenme, Makine Öğrenmesi, Otonomi, Yapay Sinir Ağları, Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması

Abstract

With the developing technology, studies on unmanned systems have been increasing rapidly in recent years. The most used area of unmanned systems is unmanned aerial vehicles (UAV). UAV systems are reduced to small sizes and used in swarms to have more effective capabilities. Swarm UAVs are used in many areas such as agriculture, natural disasters, forest fires, air pollution detection and defense industry. In this study, the use of swarm UAVs in line with military purposes is discussed. For UAVs used in swarms, it is aimed to benefit from artificial intelligence solutions, to provide communication and control, and to create a system with full autonomy. In order to carry out this study, the system covering the autonomy levels, communication systems, control architectures and control algorithms has been trained with the Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm of Artificial Neural Networks (ANN). In this study, it is aimed to develop a swarm UAV system with deep learning and machine

learning methods with full autonomy, high awareness and detect/avoid system, and to develop artificial intelligence and swarm UAV technology.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, Swarm Intelligence, Artificial Intelligence, Deep Learning, Machine Learning, Autonomy, Artificial Neural Networks, Particle Swarm Optimization Algorithm

Giriş

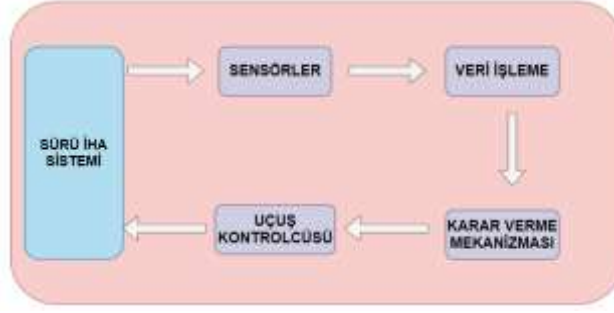
Son dönemde insansız teknolojilere olan eğilim artmaktadır. Bu alanda en çok ilgi uyandıran şüphesiz insansız hava araçları (İHA)'dır. İHA'nın sivil veya askeri alanda kullanılabilmesi, pilot veya operatör tarafından uzaktan kontrol edilebilmesi, faydalı yük taşıyabilmesi gibi birçok özelliği bulunmaktadır. Aynı zamanda karşı tarafa zarar vermek ve çeşitli çekim uygulamaları (film, fotoğraf) için de kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji, daha küçük yapıdaki İHA'ların daha büyük yapıdaki İHA'lar ile aynı işlevi yerine getirmesine olanak sağlamaktadır [1]. Sürü teknolojisindeki gelişmeler daha küçük boyuttaki birden çok İHA'nın bir arada kullanılmasını ve kontrol edilmesini sağlamıştır. Sürü halinde görev yapan İHA'lar ile zamanı daha verimli ve etkin olarak kullanabilecek görevler yapılabilmesi mümkün hale gelmektedir. Küçülen boyutlar, havada kalış süresi ve faydalı yük miktarını sınırlamaktadır [2]. Yapay zekâ seviyesi daha düşük olan İHA'ların sürü halinde hareket etmesi ile birbirleri arasında olan iletişim, daha etkin davranışların ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Özellikle 70'li yılların başlarından itibaren küçük robotlar ve küçük kara araçları üzerine başlayan sürü çalışmaları 90'lı yılların başlarına kadar İHA'lar için düşünülmemiştir. Başta göç eden kuşların hareketleri ile sürü halinde hareket eden arıların görüntüsü ve uyum içindeki hareketi olmak üzere doğadaki çeşitli canlıların benzer davranışları sürü İHA fikrinin ortaya çıkmasında etkili olmuştur [2].

Sürü halinde görev gerçekleştirmekte olan İHA'nın haberleşmesi ve kontrolü üzerine literatürde farklı çalışmalara yer verilmiştir. [3]'te Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritması kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sürü halinde görev yapan İHA'nın yine sürü halinde doğru hedefe yönelmesini sağlamak için bir kontrol yöntemi önerilmektedir. Robot Operating System (ROS) ortamı ve SITL yazılımı kullanılarak İHA için bağlantı kaybı, sistem arızası ve sürünün farklı ortamlara ayak uydurabilmesine yönelik analizler [4]'te incelenmiştir. [5]'de sürü halinde görev yapmakta olan İHA'nın senkronizasyonu ve kaynaşmaları için birleşik bir matematiksel model geliştirilmiştir. "Swarmalator" olarak adlandırılan bu sistemde her bir sürü üyesi kendi iç fazını ve konumunu sürüdeki diğer İHA'la paylaşarak koordinasyonu sağlamaktadır. Çoklu İHA'nın ROS kullanılarak özerk ve işbirliği içinde görevlerini yerine getirebilmeleri için güvenli ve çarpışmasız üç boyutlu yörünge [6]'de tasarlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde sistem modeli, kullanılan platformlar ve uygulanan yöntemlerden bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde simülasyon ortamı aktarılmakta ve dördüncü bölümde ise sonuçlara yer verilmektedir.

Sistem Modeli

Bu çalışmada yüksek seviyeli otonomiye sahip bir sürü İHA sistemi gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistem için akış diyagramı Şekil 1'de sunulmaktadır. Burada, birden fazla İHA'nın sürü halinde görev yapması gerekmektedir. İHA'ların sürü halinde görev yapabilmesi, kontrol edilebilmesi ve haberleşmesi için derin öğrenme ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışma boyunca Yapay Sinir Ağları (YSA), Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) algoritması ile eğitilmiştir. Simülasyon çıktıları için Gazebo/ROS ortamı kullanılmıştır.



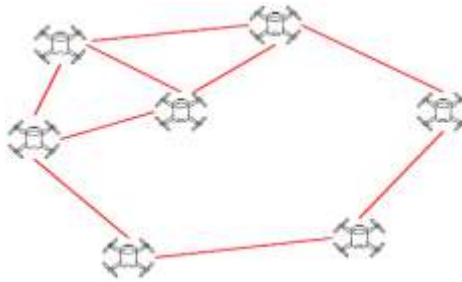
Şekil 1: Sistem akış mekanizması [7]

Sistem Özellikleri

Askeri sistemler için otonomi, devamlı olarak insan kontrolüne ihtiyaç duyan ve uzaktan kontrol edilebilen, çevresini algılayıp etkileşime giren ve karar verebilen sistemleri kapsamaktadır [2]. İHA'ların sürü halinde görev yapması otonomi sayesinde mümkün olmaktadır [8]. Örneğin, operatör ile iletişimin kopması durumunda, sürünün birbirleri ile etkileşim haline geçmesi bu otonom sistemin güvenli bir şekilde hareket etmesini sağlamaktadır [1]. Sürü halinde hareket, gelişmiş seviyede otonomiye, otonomi ise yapay zekâyı gerektirmektedir [8]. Aynı zamanda birden çok İHA'nın sürü halinde görev yapması otonominin artmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle İHA'ların işbirlikli şekilde takım oluşturması ve sürü halinde hareket etmesi, projenin esas amaçlarındandır. Bu çalışmada, uygulamada oldukça basit ve kullanılabilir bir araç tasarımı, gövde, sensörler ve uçuş kontrolcüsü gibi bileşenlerle sistem entegrasyonunun sağlanması ve İHA'ların haberleşerek işbirliği içinde otonom ve güvenli bir uçuş gerçekleştirmesi sağlanmıştır.

Şekil 2'de sürü sisteminde görev yapan İHA'lar arası haberleşme gösterilmektedir. İşbirlikli haberleşmenin sağlanması için PSO algoritması Python programlama dili ile yazılarak simülasyon ortamına aktarılmıştır.

Proje kapsamında yüksek seviyeli otonomiye sahip bir sürü İHA sistemi tasarlanmıştır. Bu nedenle merkezi olmayan kontrol mimarisi kullanılmıştır. Bu mimaride, tüm sürü elemanlarının kendisine ait kontrol altyapısı bulunmaktadır [2]. Bu sayede her bir sürü elemanı birbirleri ile haberleşebilecek, bilgi alışverişi yapabilecek ve gerekli kararları alabilecektir. Bu durum bütün sürü elemanlarının otonom olmasını sağlamaktadır. Böylece sistem yüksek seviyeli otonomiye sahip olacaktır. Nesne tanıma, nesne tespiti yapay zeka ve bilgisayarla görü alanlarındaki başarılar sayesinde ileri seviyelere ulaşmıştır [9]. Bu nedenle bu sistem algıla/sakın için kullanılmıştır.

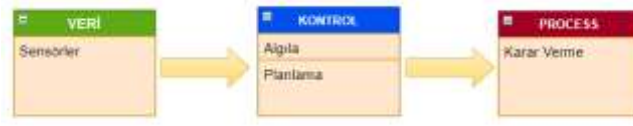


Şekil 2: Sürü sistemindeki İHA'lar arası iletişim

Kontrol mimarisinin önemi ise şu şekilde ifade edilebilir: Görevler ve bilgiler sürüdeki İHA'lar arasında paylaşıldığı için sistemin daha dayanıklı ve daha esnek olması sağlanmaktadır. Bu nedenle sürü İHA sistemi, olası problemlere karşı daha dayanıklıdır ve aksamaların üstesinden daha kolay bir şekilde gelebilmektedir. Sürü İHA sistemleri uçuş esnasında birçok dış etkiye maruz kalmaktadır. Bu dış etkiler sistemde aksamalara sebep olmaktadır. Bu aksamalar çoğu zaman sistemin görevi yerine getirememesine sebep vermektedir. Bu problemlere karşı sistemin olabildiğince performans göstermesi esneklik olarak adlandırılmaktadır [2].

Merkezi olmayan kontrol mimarisi sayesinde YSA, PSO algoritması ile eğitilerek otonom bir sistem geliştirilmiş ve her bir sürü elemanı işbirliği içinde olmuştur. Bu sayede oldukça esnek bir sistem

tasarlanabilmiştir. Sistemin esnek olması sayesinde sürü üyeleri problemlerle başa çıkabilecek, avantajlı ve dezavantajlı durumları algılayıp karar verebilecek bir karar mekanizmasına sahip olmaktadır. Şekil 3'te kontrol mekanizmasının blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 3: Kontrol mekanizması [10]

Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) Algoritması

PSO, kuş ve balık sürülerinin hareketlerinden esinlenerek doğrusal olmayan nümerik problemlere optimal sonuçlar bulmak için geliştirilmiştir [11]. PSO sürü zekasına dayanan bir optimizasyon yöntemidir ve sürüdeki her bir eleman parçacık olarak adlandırılmaktadır. Tüm sürü kapsamında her bir parçacığın bu özelliğe sahip olması sürünün en iyi konumunu bulmak için kullanılır. Algoritmanın her yenilenişinde parçacıklar en iyi konumuna yaklaşacaklardır [2].

Doğada bulunan canlıların hareketlerinden faydalanılarak geliştirilen PSO algoritması, sürü İHA sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında PSO algoritması, sürü halinde hareket ve kontrolün sağlanabilmesi için yapay sinir ağlarını (YSA) eğitmek için kullanılmıştır. Sürü İHA sistemlerinde PSO algoritmasının, optimum pil seviyesi kullanımı, görev alanında üst seviyede kabiliyet gösterilebilmesi için gerçekleştirilecek görev dağılımı, sürü İHA sisteminde kullanılan sensörlerden alınacak verilerin maksimum düzeyde olması ve maksimum düzeyde kullanılması, sürü elemanları arasındaki kablosuz işbirlikli haberleşmenin en uygun şekilde kullanılması gibi avantajları vardır.

Çalışmada kullanılan PSO algoritmasında gerekli parametreler belirlenmiştir. Sürü elemanlarının çözüme yakınlığı uygunluk fonksiyonu ile ölçülmektedir. Bu değerlere göre pbest ve gbest değerleri tanımlanmıştır. Daha sonra değişim hızı fonksiyonu kullanılarak her bir sürü elemanının hareketi belirlenmiş ve buna göre yeni konumlarına gelmişlerdir. Çözüme ne kadar yaklaşıldığını kontrol etmek için ise uygunluk fonksiyonu kullanılmıştır. Bu durum istenilen şartlar elde edilinceye kadar tekrarlanmıştır.

$$v_{i+1} = v_i + c_1 * rand_1 * (pbest - x) + c_2 * rand_2 * (gbest - x) \quad (1)$$

(1) her bir sürü elemanının en iyi çözüme yönelmeye ve en iyi duruma gelmeye çalıştığını gösterir [12]. Burada x parçacık değerini, v parçacığın değişim hızını, c_1 ve c_2 sabit değerleri, $rand_1$ ve $rand_2$ rastgele üretilen değerleri, pbest parçacığın çözüme çok yaklaştığı durumu, gbest tüm parçacıklar arasında çözüme en çok yaklaşılan durumu göstermektedir. Şekil 4'te PSO Algoritması akış diyagramı verilmektedir.

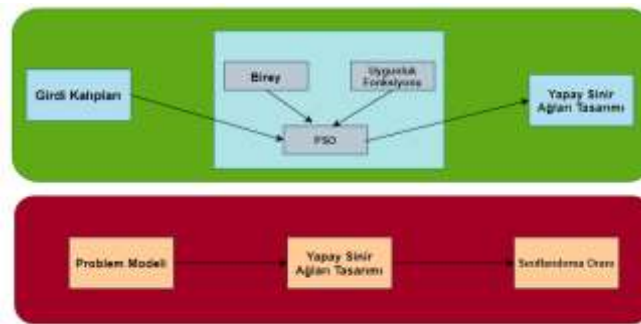


Şekil 4: PSO algoritması akış diyagramı [12]

1.1. Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması ile Eğitilmesi

YSA, nöronlardan oluşan giriş ve çıkış dâhil birçok katmanlara sahip olan bir sistemdir. Nöronlar sinaptik ağırlıklarla birbirine bağlanmaktadır. YSA, görüntü tanıma, regresyon ve tahmin dâhil olmak üzere birçok problemin çözümünde uygulanmaktadır. YSA'nın bir eğitim aşamasından geçmesi beklenir. Bu eğitim aşamasında YSA'nın problemlerden gelebilecek olan verileri olabildiğince doğru sınıflandırması hedeflenmektedir. YSA'nı eğitmek için en iyi yöntem PSO'nun dâhil olduğu sürü zekâsı olarak tanımlanan biyo-ilhamlı algoritmalar [13]. Bir YSA'nı geliştirmek ve doğruluğunu tasarlamak için kullanılacak olan mimari, sinaptik ağırlıklar, transfer fonksiyonları ve ön yargılardan oluşmaktadır. Biyo-ilhamlı algoritmalar YSA'nı temsil eden ve buna uygun olarak en iyi çözümler üreten algoritmalar. Bu nedenle bu çalışmada bir biyo-ilhamlı algoritma türü olan PSO ile YSA eğitilmiş ve bir sürü zekâsı tasarlanmıştır. Bu şekilde İHA'nın sürü halinde kontrol edilebilmesi ve tam seviyeli otonomiye ulaşabilmeleri sağlanmıştır.

Sürü zekâsı oluşturmak için YSA'nın PSO algoritması tarafından eğitilmesi için kullanılan süreçler Şekil 5'teki blok diyagramda gösterilmektedir. Öncelikle, deneme aşamasında her bir sürü elemanını değerlendirmek için uygunluk fonksiyonlarının tanımlanması gerekmektedir. Böylece birey, en az hata ile iyi çözümü elde etmek için geliştirilmiştir [13-14].



Şekil 5: Sistemin uygulama şeması[13]

Algoritmada, S Sürüyü, s_i i. sürüyü, $x_{i,j}$ i sürüsü içinde j . parçacığı için mevcut parçacık durumu, $p_{i,j}$ i sürüsü içinde j . parçacığı için en iyi kişisel durumu göstermektedir. Algoritma 1'de örnek bir sürü zekâsı algoritması verilmektedir. Bu algoritma, Şekil 6'da verilen XOR sinir ağı için uygulandığında gvn vektör ağırlığı aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır [14]:

$$g_{vn} = \{(X_1H_1), (H_1Y), (X_1H_2), (H_2Y), (X_2H_1), (X_2H_2), (B_1H_1), (B_1H_2), (B_2Y)\} \quad (2)$$

S_1 sürüsündeki ikinci parçacık $p_{nn1,2}$ ile gösterilmektedir:

$$Pnn_{1,2} = \{(X_1H_1)_{1,2}, (H_1Y)_{1,2}, (X_1H_2), (H_2Y), (X_2H_1), (X_2H_2), (B_1H_1), (B_1H_2), (B_2Y)\} \quad (3)$$

Son olarak j. parçacığının i. kümesindeki hızı olan $v_{i,j}$ ise

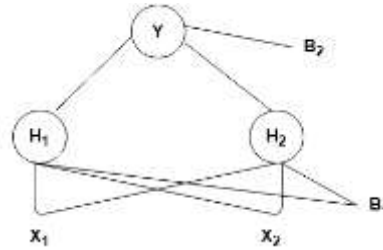
$$v_{i,j} = \omega v_{i,j} + U(0, \varphi_1) \otimes (p_{i,j} - x_{i,j}) + U(0, \varphi_2) \otimes (\text{sharedgyn}_{i,j} - x_{i,j}) \quad (4)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada $\text{sharedgyn}_{1,2} = (X_1H_1), (H_1Y)$ ile belirtilmektedir. (4) Algoritma 1’de yerine yazılarak yapay sinir ağlarının, parçacık sürü optimizasyon algoritması ile eğitimi tamamlanmış olacaktır.

Algoritma 1: Sürü zekası algoritması [15]

```

Create and initialize gvn
Create and initialize particles in each
    swarms
Repeat
    for all  $s_i \in S$  do
        for all  $x_{i,j} \in s_i$  do
            Construct  $pnn_{i,j}$ 
            Evaluate particle fitness  $f(pnn_{i,j})$ 
            Assign particle  $x_{i,j}$  fitness,  $f(x_{i,j}) = f(pnn_{i,j})$ 
            if  $f(x_{i,j}) < f(p_{i,j})$  then
                 $x_{i,j} = p_{i,j}$ 
            end if
            Evaluate global fitness  $f(gvn)$ 
            if  $f(x_{i,j}) < f(gvn)$  then
                Update  $\text{sharedgyn}_{i,j}$ 
            end if
        end for
        Update velocity using equation (5)
         $x_{i,j} = x_{i,j} + v_{i,j}$ 
    end for
end for
until termination criterion is met
    
```



Şekil 6: XOR sinir ağı [14]

Simülasyon Ortamı

Önerilen sürü İHA sistemi simülasyon ortamında gerçekleştirilmiştir. Simülasyon ortamı için Gazebo/ROS (Robot Operating System) kullanılmıştır. Gazebo, açık kaynaklı olarak, robot sistemlerinin benzetimini donanımsal ve yazılımsal olarak gerçeklenmesine olanak sağlayan bir yazılımdır. Robot tasarımı ve algoritmaların test edilmesi için kullanılmaktadır. Ardından, Gazebo yazılımına ROS entegre edilmiş ve Gazebo en çok tercih edilen benzetim ortamı haline gelmiştir. ROS, robotun sensörler aracılığı ile aldığı verileri işleyerek, tekrar robota komut olarak gönderen açık kaynaklı bir yazılımdır. ROS içerisinde, birçok desteklediği kütüphane bulundurmaktadır. Bununla birlikte, geliştirici tarafından yazılmış olan kütüphaneleri de kullanmaktadır. ROS, kolay bir haberleşme ara birimine sahiptir [16]. Dolayısıyla, geliştirilen yazılımlar simülasyon ortamındaki robotlara kolaylıkla aktarılabilmektedir. Şekil 7’de Gazebo/ROS ortamında simülasyonu gerçekleştirilen sürü İHA sistemi gösterilmektedir.



Şekil 7: Gazebo/ROS ortamında örnek sürü İHA simülasyonu

Sistem kurulumları için; ilk olarak bilgisayar ortamına ROS yazılımını tam destekleyen Linux/Ubuntu 21.04 LTS işletim sistemi kurulmuştur. Daha sonra gerekli adımlar izlenerek ROS’ın Ubuntu 21.04 LTS ile uyumlu versiyonu olan ROS Noetic Ninjemys ara katmanı kurulmuş ve geliştirme ortamının hazırlanması işlemi tamamlanmıştır. Gazebo birçok görev ve senaryo uygulamasına izin veren ve bu alanda yazılım modüllerini, haberleşme sistemlerini ve kontrolcülerini destekleyen geniş bir platformdur. Dolayısıyla, denemelere ilk olarak Gazebo dahilinde bulunan iris döner kanatlı İHA modeli ile başlanmıştır. İris’in kontrolü için ROS’den bilgi alan iris kontrolcüsü, yine ROS üzerinden hız komutlarını almaktadır. Doğrusal hız verileri ile alınan bilgiler sayesinde İHA iris’in kontrolcüsü tarafından havalandırırken, alınan açısal hız verileri ile İHA’nın hareket etmesi sağlanmıştır. Tüm bunlar simülasyon ortamında denenmiş, test edilmiş ve sonuçlar not alınmıştır. Alınan sonuçlara göre sisteme entegre edilen derin öğrenme algoritmaları iyileştirilmiş ve yüksek seviyeli otonomiye sahip bir sürü İHA sistemi tasarlanmıştır.

Sürü İHA sistemlerinin şematik olarak gösterimi Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8: Sürü İHA sisteminin şematik gösterimi [2]

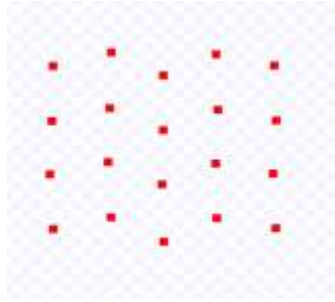
Deneyisel Sonuçlar

20 adet İHA, MicROS Swarm Framework kullanılarak ROS ortamında iki boyutlu olarak modellenmiştir. Bu modelleme ile her bir İHA’yı kontrol eden 20 düğüm birbirleri ile haberleştirilmiştir. Bu çalışma ile, birlikte hareket koordinasyonu, sürü ayırma ve bir yerden bir yere akın etme deneyleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9: İHA'ların harerete başlamadan önceki durumları

Şekil 9'da 20 adet İHA'nın iki boyutlu olarak, henüz harekete geçmeden önceki durumu modellenmiştir. Şekil 10'da ise 20 adet İHA'nın sembolik olarak uçuşa başladığı ve aralarındaki 8 metrelik mesafeyi koruyacak şekilde hareket koordinasyonu görevini gerçekleştirdiği gösterilmektedir.



Şekil 10: İHA'ların harekete başlayıp aralarındaki mesafeyi koruma durumu

Bir sürü İHA sisteminde, sürünün gerektiğinde bölünebilmesi, hem sürü sisteminin güvenliği hem de görevlerin daha kısa sürede gerçekleştirilebilmesi anlamında büyük önem taşımaktadır. Bu uygulama ile sembolik olarak uçuşa başlamış olan sürü sisteminin, aralarındaki mesafeyi koruyarak sistematik olarak bölünmesi gerçekleştirilmiştir.

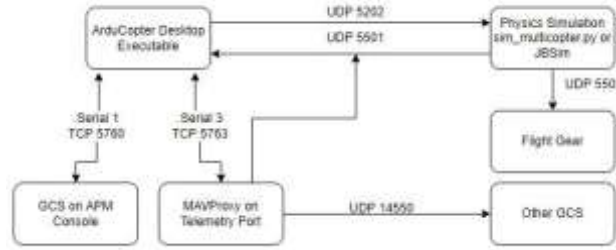


Şekil 11: Sürü bölünmesi

ROS Ortamında işbirliğine dayalı İHA görevi

Bu çalışmada ROS ortamında modellenen sürü İHA sistemi için, İHA'ların birbirleri ile olan işbirliği incelenmiştir. Sürü İHA sistemi ROS ortamında modellenmiş ve ardından sürü sisteminin algoritmasını kanıtlamak amacıyla Şekil 12'de gösterilen SITL simülasyonu kullanılmıştır. Bu deneyde istenen geri dönüşleri almak, hız ve karar verme aşamalarını öğrenmek adına merkezi bir kontrol mimarisi tercih edilmiştir. Bu kontrol sisteminde iletişim, hava aracı ile yer istasyonu arasında gerçekleştirilmektedir. Çalışmaya ilişkin simülasyon ortamı Şekil 13'te görülmektedir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için ROS ile uyumlu Mavros paketinden faydalanılmıştır. Mavros, MAVLink iletişim protokolü ile İHA arasında iletişim sağlamak için kullanılmaktadır. Aynı zamanda proje kapsamında tasarlanan İHA'ların uçuş kontrolcüsü olan Ardupilot APM 2.8 kontrolcüsünü de desteklemektedir.



Şekil 12: SITL iletişim şeması [4]



Şekil 13: Simülasyon ekranı

Çalışmada sürü halinde görev yapabilen çoklu İHA sistemi tasarlanmıştır. Bu sayede sistem farklı sayıda tanımlanmış İHA'lar ile görev icra edebilmekte ve aynı zamanda sürüden birey ayrılması durumunda yeni rotasyon oluşturarak görevine devam edebilmektedir. Çoklu İHA'ların sürü halinde görev yapması durumunda, İHA sayısı arttığında görev süresinde azalma da gözlenmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, yapay zekâ ve derin öğrenme yöntemleri kullanılarak sürü halinde görev yapan İHA'nın haberleşme ve kontrol sistemleri için yeni bir model geliştirilmiş ve yüksek seviyeli otonomiye sahip bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem için, kullanılan programlama dilleri, simülasyon ortamları ve gerekli yazılımlar çalışmada aktarılmıştır. Önerilen sistem modelinde, YSA'nın PSO algoritması ile eğitilerek geliştirilmesi sağlanmıştır. Sürü İHA sistemi ile entegre olacak şekilde yapay zeka ve derin öğrenme yöntemlerinin uygulama alanlarını genişletmek imkanı bu çalışma ile gösterilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma 1919B012102524 başvuru numarası ile TÜBİTAK 2209-A üniversite öğrencileri araştırma projeleri destekleme programı kapsamında desteklenmiştir

Kaynaklar

[1] G. Kaderli "Sürü İHA Sistemleri Modern Harp İçin Bir Gelecek Öngörüsü," STM Teknolojik Düşünce Merkezi Araştırma Raporu Şubat 2019,

https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/182201915478210_stm_suru_iha_sistemleri.pdf, Erişim Tarihi: Mayıs 2021.

[2] H. Ural, "Sürü Halinde Görev Yapan İnsansız Hava Araçları ve Teknolojileri", Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, Ankara, 2018

[3] Frantz N. R. "Swarm Intelligence For Autonomous UAV Control" Naval Postgraduate School

[4] T. Indriyanto, A. R. Rizki, M. L. Hariyadin, M. F. Akbar, A. A. A. Syafi, "Centralized Swarming UAV Using ROS for Collaborative Missions" Faculty of Mechanical and Aerospace Engineering, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, School of Electrical and Informatics Engineering, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

[5] A. Barcis, M. Barcis, C. Bettstetter, "Robots that Sync and Swarm: A Proof of Concept in ROS 2"

- [6] A. Majeed, S. O. Hwang, “A Multi-Objective Coverage Path Planning Algorithm for UAVs to Cover Spatially Distributed Regions in Urban Environments” Department of Computer Engineering, Gachon University
- [7] G. Emel, C. Taşkın, “Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları”, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, vol. 1, pp.129-152, 2002.
- [8] T. Savaş M. Karaderili, and Ö. Usanmaz, “İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonu İle İlgili Mevzuatların Değerlendirilmesi”, Mühendislik ve Makine, vol. 59, no. 691, pp. 1-14, 2018.
- [9] Z. Ozkan, E. Bayhan, M. Namdar, and A. Basgumus, "Object Detection and Recognition of Unmanned Aerial Vehicles Using Raspberry Pi Platform," IEEE 5th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (IEEE ISMSIT 2021), pp.467-472, Ankara, Turkey, Oct. 2021.
- [10] U. Mehboob, J. Qadir, S. Ali, and A. Vasilikos, “Genetic Algorithms in Wireless Networking: Techniques, Applications and Issues,” Soft Comput., vol. 20, pp. 2467–2501, 2016.
- [11] S. Akyol, B. Alataş, “Güncel Sürü Zekâsı Optimizasyon Algoritmaları”, Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 1, pp. 36-50, 2012.
- [12] <https://medium.com/deep-learning-turkiye/par%C3%A7a%C4%B1k-s%C3%BCr%C3%BC-optimizasyonu-pso-1402d4fe924a> Erişim Tarihi: Mayıs 2021.
- [13] M. Kurt, C. Semetay, “Genetik Algoritma ve Uygulama Alanları”, M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Bölümü
- [14] K.G. Pillai; J.W. Sheppard “Overlapping Swarm Intelligence for Training Artifical Neural Networks” IEEE Symposium on Swarm Intelligence, pp. 1-8, 2011.
- [15] B. Garro. R. Vazquez, “Desining Artifical Neural Networks Particle Swarm Optimization Algorithms” Computational Intelligence and Neuroscience, vol. 2016, pp. 1-21
- [16] O. Aşık, G. Uludoğan, H.K. Eryılmaz, “Açık Kaynak Sürü İHA Benzetim Ortamı” Boğaziçi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü