

BÜYÜK BOYUTLU BİR İHA İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN KEŞİF GÖREVLERİNİN KÜÇÜK BOYUTLU VE ÇOKLU İHA'LAR İLE İKAME EDİLMESİNİN GENETİK ALGORİTMALAR İLE İNCELENMESİ

Alper ÖREN¹

Hava Astsubay Meslek Yüksek Okulu
Hava Kuvvetleri Komutanlığı, İzmir

Şamil TEMEL²

Hava Astsubay Meslek Yüksek Okulu
Hava Kuvvetleri Komutanlığı, İzmir

ÖZET

Gelişen teknolojik ilerlemeler paralelinde imkân, kabiliyet ve maliyet açısından hızla büyüyen ve boyut olarak da nispeten küçülen İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemleri, özellikle zaman, mekân ve araçlar bakımından derinlik ve genişliğe sahip olan geleceğin muharebelerinde karar vericilere gerçek zamanlı ve doğru verilerin aktarılması beraberinde başarının elde edilmesini sağlayacaktır. Bu çalışmada, İHA'ların kullanım konseptlerinden biri olan keşif/gözetleme görevleri paralelinde gerçek zamanlı görüntü elde etmek için kullanılan İHA'ların genel olarak çalışma prensipleri ortaya konmuştur. Günümüzde yaygınlıkla kullanılan sistemlerde, büyük boyutlu tek bir İHA ile yapılan görevlerin, görece ekonomik ve boyut olarak daha küçük İHA'lar ile gerçekleştirilmesinin avantajları zaman, maliyet ve etkinlik açılarından kıyaslamaları yapılmıştır. Buna mukabil, çok sayıda İHA kullanılmasının tekli İHA görevlerini ne ölçüde ikame edebileceği henüz üzerinde çok çalışılmamış bir konudur. Çalışmada, hali hazırda yaygın olarak kullanılan İHA sistemlerinin uçuş parametreleri MATLAB ortamında işlenerek hazırlanan bir genetik algoritma (GA) yardımıyla tekli ya da çoklu İHA görev planlamalarının analitik analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında çoklu İHA kullanımının hangi durumlarda tekli İHA kullanımına göre daha maliyet etkin olacağı gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları ile gösterilmiştir.

GİRİŞ

Leonardo Da Vinci'nin 1488 yılında ortaya attığı "Non il volo unamo (İnsansız Uçuş)" konseptinin üzerinden asırlar geçmiş olmasına rağmen içinde insan olmadan uçabilen sistemler yani İnsansız Hava Araçları (İHA) önemini ve popülerliğini korumaktadır. 1'inci Dünya Savaşı esnasında içerisinde bir pilotun bulunduğu insanlı uçak sistemlerinin gökyüzünde yerini almasıyla beraber havacılık faaliyetleri yeni bir boyut kazanmış oldu. 1'inci Dünya Savaşı sürecinde ve sonrasında havacılık sektörü hızlı bir ivme ile büyümeye başlamış ve başlangıçta deneysel olarak tasarlanan, içinde insanın fiilen yer almadığı insansız uçak sistemleri dron adı altında 2'inci Dünya Savaşı ile beraber kullanılmaya başlanmıştır.

1 Mayıs 1960 tarihinde Fransız Gary Powers'ın Sovyetler Birliği üzerinde U-2 uçağı ile stratejik keşif görevi yaptığı sırada SA-2 füzesi ile düşürülmesi sonucu ortaya çıkan İHA fikri, aradan geçen yaklaşık yarım asırlık süre içerisinde baş döndürücü gelişmeler ile hızlı bir şekilde ilerlemiştir. Bu durum askeri, sivil ve akademik alanlarda yeni bir İHA konsepti oluşmasına öncülük etmiştir. Örneğin günümüzde gelişmiş ülkeler ve askeri organizasyonlar tarafından benimsenmiş Ağ Merkezli Harekât Konsepti tamamıyla insansız sistemlerin kullanımı üzerine inşa edilmiştir [Johnson,1997].

İHA'lar otonom veya uzaktan kumandalı olarak kullanılabilirler. Gömülü sistemlerdeki gelişmeler ve daha küçük boyutlu mikro elektromekanik sistemler üretebilme yeteneği ile birlikte, düşük maliyetli ve küçük boyutlu İHA'ların geliştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Fakat küçük boyutlu tek bir İHA'dan istenilen verimlilik çoğu zaman elde edilemez. Bu maksatla, birçok küçük

¹ Hava Astsubay Meslek Yüksekokulu Hava Trafik Kontrol Programı, İzmir – TÜRKİYE, alperoren@tekok.edu.tr

² Hava Astsubay Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Programcılığı Programı, İzmir – TÜRKİYE, s.temel@hho.edu.tr

boyutlu İHA beraberce ve eşgüdümsel olarak kullanılır ve çoğu zaman tek bir büyük İHA kullanılmasına göre çok daha avantajlıdır[Cummings,Mitchell,2008]. Esnek kullanım alanına sahip olmaları ve insanlı sistemlere göre çok daha düşük maliyetli olmalarından ötürü, İHA'lar hem askeri hem de sivil alanlarda, arama ve imha, arama ve kurtarma, sınır güvenliği, yangın ile mücadele, felaket izleme, uzaktan algılama alanlarında kullanılmaktadır. Söz konusu kullanım alanları için, son 20 yıldır, tekli İHA'lardan oluşan sistemler kullanılmakla birlikte, daha küçük boyutlu ve çok sayıda İHA'nın oluşturduğu grupların kullanılmasının avantajlı yönlerinin olduğu bilinmektedir. Buna mukabil, çok sayıda İHA kullanılmasının tekli İHA görevlerini ne ölçüde ikame edebileceği henüz üzerinde çok çalışılmamış bir konudur [Bekmezci, Sahingoz,Temel,2013].

Çoklu İHA kullanımının avantajlarından başlıcaları, küçük boyutlu İHA'ların bakım ve idame masraflarının daha düşük olması, görevlerin çok daha kısa sürelerde gerçekleştirilebilmesi, görevin tek bir İHA yerine birden çok İHA'ya dağıtılarak başarı oranının yükseltilmesi vb. olarak sıralanabilir [Ören,Temel,2014]. Çoklu küçük İHA sistemleri kullanılmasının birçok avantajı olmasına rağmen temel olarak bir kamera kapasitesi problemi içerir. Tekli İHA sistemleri genellikle yüksek irtifalarda çalıştırılmaktadır. Böylelikle yüksek çözünürlüğe sahip bir kamera yardımı ile birim zaman içerisinde taranabilen alan genellikle daha geniştir. Buna mukabil, birden fazla İHA kullanılması durumunda zorlayıcı donanım ve güzergâh tayini problemleri ortaya çıkar. Küçük ve düşük maliyetli İHA'lara yüklenen kamera çözünürlükleri düşük ve birim zamanda tarayabilecekleri alan genişliği sınırlı olacağından ötürü tek bir İHA'yı en az kaç adet küçük İHA ile ikame edeceğimiz tespiti bir optimizasyon problemine dönüşür.

Bu çalışma kapsamında, geliştirdiğimiz bir GA kullanılarak, büyük bir İHA yerine kullanılacak küçük boyutlu İHA'ların sayısı tespit edilebilmektedir. Verilen kamera modelleri ile hava araçlarının azami sürat değerlerine göre İHA sayılarının ne şekilde değişiklik göstereceği incelenmiş, anılan parametrelerin küçük boyutlu İHA sayısına olan etkisi gerçekleştirilen uçuş simülasyonları ile analiz edilmiştir.

YÖNTEM

Genetik algoritmalar, doğal seçim ilkelerine dayanan bir eniyileme yöntemidir. Temel ilkeleri John Holland tarafından ortaya atılmıştır. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar [Goldberg, 1989]. Diğer bir önemli üstünlükleri ise çözümlerden oluşan popülasyonu eş zamanlı incelemeleri ve böylelikle yerel en iyi çözümlere takılmamalarıdır.

Çoklu İHA görev planlaması genel olarak karşımıza güzergâh planlama sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu kapsamda İHA'lara yerleştirilen kameraların birim zamanda tarayabilecekleri alan genişliği değeri oldukça önemlidir. Verilen İHA parametrelerine göre kaç adet İHA'nın hangi güzergâh ile tekli İHA'nın görevlerini ikame edebileceği bir minimizasyon problemidir. Söz konusu ortamda icra edilecek olan keşif/gözetleme görevinde İHA'ların rotalarının görevin başarı ile icra edilmesine yönelik olarak geliştirilen bu evrimsel algoritma ile çoklu küçük İHA'ların sayısı ve nihai rotaları ortaya çıkarılmaktadır.

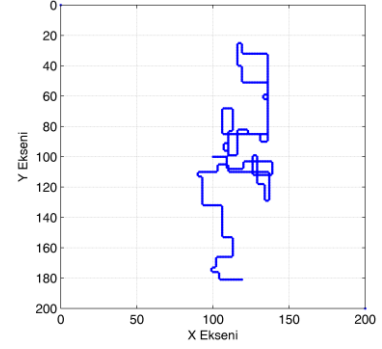
UYGULAMALAR

Bu çalışmada öncelikle tekli ve büyük İHA ile çoklu ve küçük İHA'ların kapasitesilerine ait parametreler ele alınmıştır. Genetik algoritmada amaç fonksiyonu İHA sayısını minimize edecek şekilde oluşturulmuştur. Bu çalışma kapsamında 500 iterasyon (nesil) oluşturulmuş olup her durum 10'ar kez tekrarlanmış ve elde edilen sonuçların ortalamaları alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Buna ek olarak kullanılan GA parametreleri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır:

Ebeveynlerin temsili: İHA'ların gerçekleştirdikleri uçuşlarda takip ettikleri rota koordinat değerleri tamsayı (integer) değişkenlerinden oluşan iki boyutlu bir dizi yapısındadır. GA kromozonları bu diziler ile oluşturulmuştur. Kullanılan kromozomlara bir örnek Şekil 1 (a)'da gösterilmiştir. Şekil 1 (a)'da 600 saniyelik dizi uzunluğu uçuş süresini, dizinin ilk satır elemanları güzergaha ait x koordinatlarını, ikinci satır elemanları ise y koordinatlarını ifade etmektedir. Böylelikle bir İHA'nın hangi saniyede hangi koordinatta bulunduğu belirlenmiş olmaktadır. Şekil-1 (b)'de verilen diziye ait uçuş güzergâhı gösterilmektedir.

Zaman	1	2	3	4	5	6	...	600
X	100	101	102	102	103	104	...	110
Y	111	111	110	109	108	108	...	185

(a)



(b)

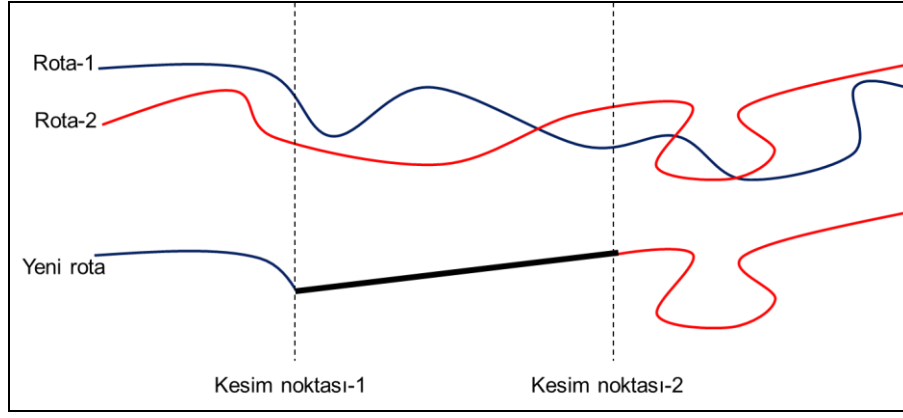
Şekil 1: (a) Örnek ebeveynin dizi ile temsil edilmesi (b) Örnek ebeveynin rotası

Uygunluk Fonksiyonu : Kullanılan uygunluk fonksiyonu (fitness function) verilen herhangi bir uçuş rotası boyunca İHA'ların sahip oldukları kamera ile tarayabildikleri toplam kapsama alanı oranını ifade eder. Diğer bir deyişle, mevcut arazi üzerinde taranan piksel sayılarının yüzdesel ifadesidir. Tekli İHA görevinde kamera kapsama alanınının 40 piksel, çoklu İHA görevlerinde ise 10 piksel olduğu varsayılmıştır.

Çaprazlama : Çaprazlama işlemi için tek noktadan çaprazlama (single point crossover) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, popülasyon içerisindeki en iyi kapsama alanı elde edilen uçuş rotası birinci ebeveyn olarak tayin edilmiş, diğer ebeveyn ise rastsal olarak belirlenmiştir. Uygulanan yöntemde öncelikle iki adet kesim noktası (simülasyon süresi boyunca iki adet an) rastsal olarak belirlenmiştir [Wang, 2002]. Daha sonra, Şekil 2'de gösterildiği üzere rotalar 3 parçaya ayrılmıştır. İlk rotanın ilk kesme noktasına kadar olan kısmı ile ikinci rotanın ikinci kesme noktasından sonraki kısmı türetilen yeni rotaya aktarılmıştır. İki kesim noktası arasındaki boşluk ise Bresenham çizgi algoritması yardımı ile doldurulmuştur. Şekil 2'de, kullanılan çaprazlama yöntemine bir örnek gösterilmiştir.

Mutasyon : Bu çalışmada kullanılan mutasyon yöntemi, verilen uçuş rotalarında İHA'ların anlık koordinatlarında yaşanan kaymalar olarak belirlenmiştir. Bu kaymalar yan rüzgar, sürüklenme, türbülans vb. sebeplerden kaynaklanabilmektedir. Her döngü içerisinde oluşturulan yeni nesil rotalarından x veya y koordinatları 1 piksel (30 metre) kaydırılmıştır. Çalışmada kullanılan mutasyon oranı 0.1'dir.

Seçim : Her iterasyon sonucunda sadece bir adet yeni rota türetilmektedir. Popülasyonda yer alan rotalardan rastsal olarak seçilen bir birey popülasyondan atılmakta ve yerine yeni türetilen birey eklenmektedir.



Rota-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	60	61	62	62	63	64	65	65	64	63
Y	109	109	110	109	108	108	107	106	106	105

Rota-2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	65	65	65	65	66	66	66	70	71	72
Y	100	101	102	103	103	104	105	104	104	104

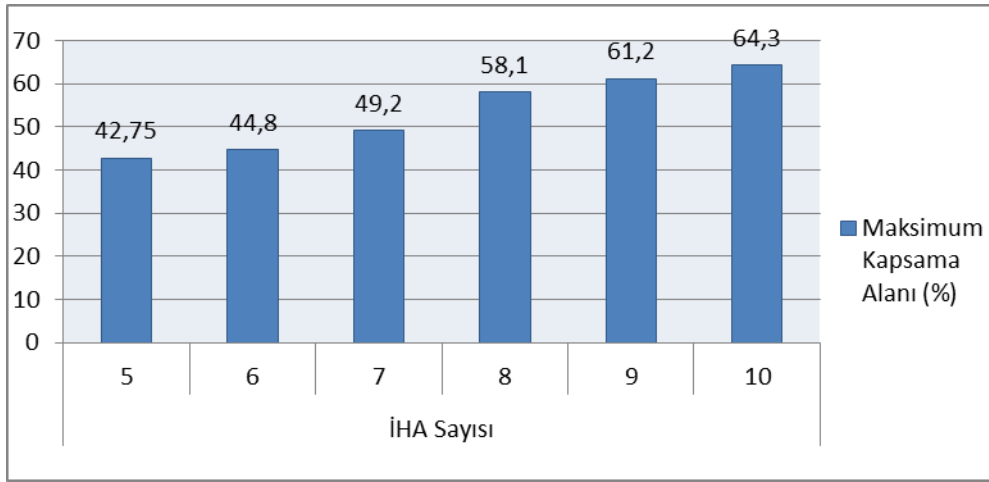
Yeni rota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	60	61	62	63	64	65	66	70	71	72
Y	109	109	108	107	106	105	105	104	104	104

Şekil 2: Kullanılan çaprazlama yöntemi

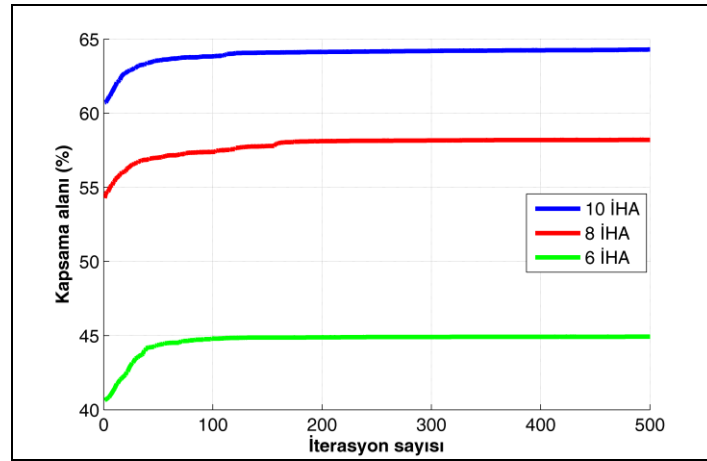
SONUÇ

Çalışma, MATLAB ortamında geliştirilmiş ve yapılan görev planlamalarının etkinliği ve elde edilen bulgular ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında büyük boyutlu tek bir İHA ile elde edilebilecek maksimum kapsama alanı oranının %63 olduğu varsayılmıştır. Buna göre, Şekil 3'te gösterildiği üzere %63 kapsama alanı oranına sadece 10 adet küçük boyutlu İHA kullanılarak ulaşılabildiği gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra Şekil 4'te sırasıyla 6-8 ve 10 adet İHA kullanıldığı zaman iterasyon sayısına bağlı olarak elde edilebilecek kapsama alanı oranları gösterilmiştir. GA ile yapılan görev planlaması sonucunda kapsama alanlarında yaklaşık olarak %10'luk bir iyileşme gözlemlenmiştir. 6-8 ve 10 İHA planlanan görevlerin başlangıç ve bitiş kapsama alanı haritası Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5 (e) ve (f)'de gösterildiği gibi 10 İHA planlanan görevlerin kapsama alanı başlangıçta %60.46 iken 500 iterasyon sonucunda %64.3'e ulaşmıştır.

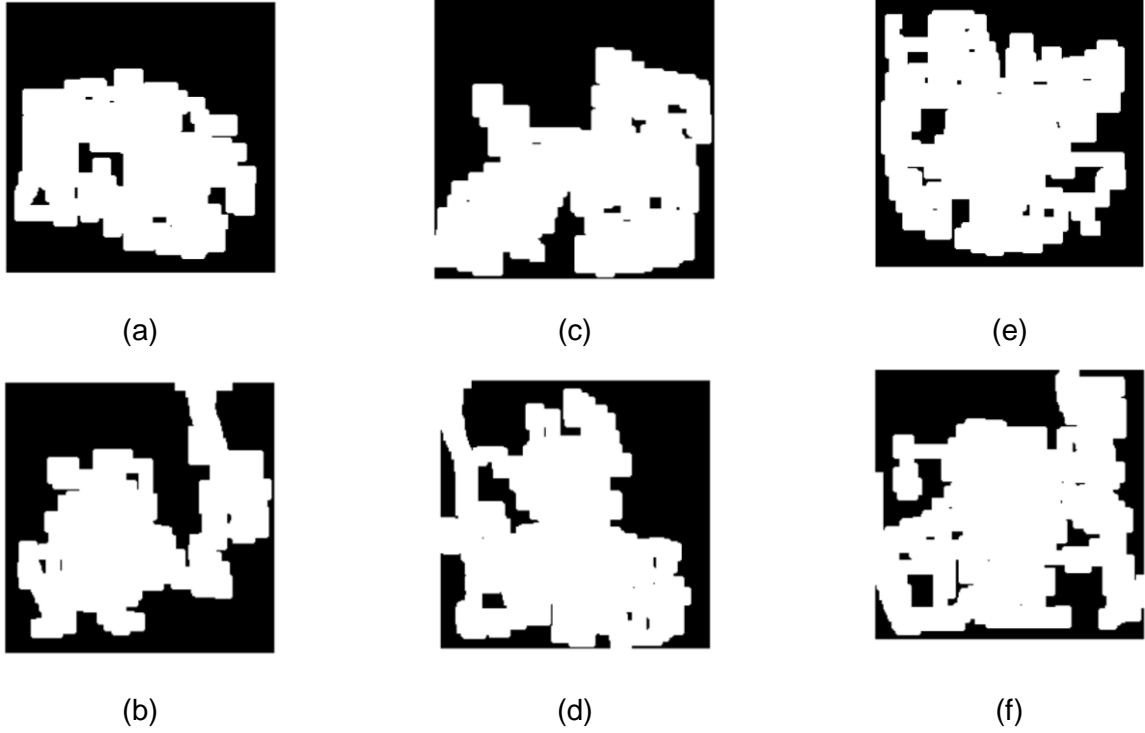
Sonuç olarak, günümüzde gerek askeri gerekse sivil alanlarda otonom keşif görevleri için İHA kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu görevlerin genellikle yüksek maliyetli ve büyük boyutlu tekli İHA sistemleri ile gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen keşif görevlerinin başarısı, kısıtlı bir süre zarfında üzerinde uçuş gerçekleştirilen arazinin ne ölçüde tarandığına (kapsandığına) bağlıdır. Bu noktadan hareketle, tekli İHA sistemlerinin çoklu İHA sistemleri ile ikame edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında, en yüksek kapsama alanı oranlarının elde edilebilmesi için kullanılacak kaç adet İHA'nın hangi rotaları takip etmeleri gerektiği sorularına GA yöntemi kullanılarak yanıt aranmıştır.



Şekil 3: İHA sayılarına göre ulaşılabilecek maksimum kapsama alanları



Şekil 4: 6,8 ve 10 adet İHA kullanıldığı zaman iterasyon sayısına bağlı olarak elde edilebilecek kapsama alanı oranları



Şekil 5: (a) 6 adet İHA ile elde edilen başlangıç kapsama alanı %40,18 (b) 6 adet İHA ile elde edilen sonuç kapsama alanı %44,8 (c) 8 adet İHA ile elde edilen başlangıç kapsama alanı %54,63 (d) 8 adet İHA ile elde edilen sonuç kapsama alanı %58,1 (e) 10 adet İHA ile elde edilen başlangıç kapsama alanı %60,46 (f) 10 adet İHA ile elde edilen sonuç kapsama alanı %64,3

Kaynaklar

Bekmezci, İ., Sahingoz, O.K., Temel, S. 2013. "Flying Ad hoc Networks (FANETs): A survey," Ad Hoc Networks, Vol.11, No.3, 1254-1270 .

Cummings, M. L. ve Mitchell, P.J. 2008. "Predicting Controller Capacity in Supervisory Control of Multiple UAVs", "IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans", Vol.35 , 451-460.

Goldberg D.E. 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, USA.

Johnson Jay L., 1997. CNO, USN, Address at the U.S. Naval Institute Annapolis Seminar and 123rd Annual Meeting, Annapolis.

Oren,A., Temel, Ş. 2014. "Impact of the average network delay on the operator capacity for FANETs," 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 1299-1302.

Wang, J.F., Periaux, J., Sefrioui, M. 2002 "Parallel evolutionary algorithms for optimization problems in aerospace engineering," Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol.149, No.1, 155-169,