

Çoklu İnsansız Hava Aracı Simülasyonları için Altyapı Çözümü

Hüseyin Bacanak¹ Hatice Güder² Uğur Arıkan³ Umut Durak⁴

Öz

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) harekât ortamında kullanılması söz konusu olduğu günden bu yana birden fazla İHA'nın birlikte kullanımı, İHA takımlarının hatta İHA sürülerinin oluşturulması tartışılmaktadır. Tek İHA ile yapılacak harekâttan, çoklu İHA ile yapılacak harekâta doğru, seçilecek denetim mekanizmaları, tasarlanacak otonomi düzeyleri ve öz denetim algoritmaları karmaşıklaşmaktadır. Bir yandan birbirlerinden oldukça farklı yeteneklerde ve özelliklerde İHA'ların geliştirildiği, öte yandan da geliştirilen bu platformların keşif, gözetleme ile başlayıp hava-yer, hatta hava-hava muharebelerindeki rollerinin tasarlandığı bu günlerde, tekli ve çoklu İHA'ların harekât senaryolarındaki etkinliklerinin çözümlenmesine olanak sağlayacak simülasyonların önemini arttırdığı değerlendirilmektedir. Bununla paralel olarak simülasyonların üstünde koşacağı simülasyon altyapılarına olan ihtiyaç da daha görülür hale gelmiştir. Bu altyapıların birçok sistemin ve sistemlerin etkileşimde olduğu karmaşık harekât ortamının yapısal bir şekilde modellenmesine olanak sağlamak için yapılandırılabilir etmen tabanlı mimariyi desteklemeleri gerekmektedir. Öte yandan insan faktörünü senaryo içine dahil edebilmesi için sanal simülatörler ile arayüzlerinin olması beklenmektedir. Son olarak da simülasyondaki unsurların ortam etkileşimlerinin çözümlenebilmesi ve taktik resmin sunulabilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tarafından desteklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu makalede açık kaynak simülasyon ve CBS araçları olan Repast, OpenMap ve FlightGear kullanılarak çoklu İHA simülasyonu için tasarlanan simülasyon altyapısı sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Çoklu İHA, Simülasyon Altyapısı, Repast, OpenMap, FlightGear.

Simulation Infrastructure Solution for Multi Unmanned Air Vehicle Simulation

Abstract

Since the early days of Unmanned Air Vehicles (UAVs), the utilization of UAV teams or swarms in operations has always been discussed. The complexity of control algorithms, methodologies and autonomy levels to be designed increases dramatically with multi UAV approaches. With the development of various UAVs and the specification of new roles for UAVs in reconnaissance, surveillance, air-to-ground and air-to-air operations, the interest for the simulations that will be used to assess effectiveness of single or multi UAV deployment in operations get increment. In parallel with this the requirements for simulation infrastructures get evident. These infrastructures are expected to

¹ Yazışma adresi: Verisistem Mobil Teknolojiler ve AR-GE Ltd. Şti., Ankara, huseyin.bacanak@verisistem.com.tr

² ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara.

³ ODTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara.

⁴ TÜBİTAK-SAGE, P.K. 16 06261 Mamak, Ankara.

support agent based architecture in order to enable structured modeling of operational arena. On the other hand, to support incorporating human factors in the scenarios, these infrastructures are required to have virtual simulator interfaces. And lastly Geographical Information Systems (GIS) support is required from these infrastructures to enable analysis of environment interactions and present simulation results over tactical picture. This paper presents a design for multi UAV simulation infrastructure that is constructed using open source simulation and GIS tools namely Repast, OpenMap and FlightGear.

Keywords: Multi UAV, Simulation Infrastructure, Repast, OpenMap, FlightGear.

Giriş

İnsansız Hava Araçları (İHA) 20. yüzyılın başlarından itibaren kullanılmaktadır. Birinci Dünya Savaşı'nda kullanıldıkları bilinen ilk İHA'ları uzaktan kumanda edilebilen uçaklar olarak tanımlamak yanlış olmayacaktır (Pearson, 1969). İnsansız platformlar erken dönemlerinden bu yana birçok savaşta farklı görevleri yürütmek üzere kullanılmışlardır. Pilot kaybetme riskinin ortadan kaldırılması ve yüksek tehlike içeren görevlerin etkin bir şekilde tamamlanabilmesi, bu teknolojiye olan ilgiyi ve yatırımı arttırmıştır.

İHA'lar çeşitli görevler için kullanılır ve genellikle görevlerine göre sınıflandırılır. Değişik sınıflardaki İHA'lar kendi görevlerini yürütebilmek için donanımlandırılır. Bu nedenle birbirlerinden çok farklı hız, manevra, yakıt kapasitesi, radar, korunma ve saldırı özelliklerine sahiptir.

İHA'ların kullanıldığı görevlerden birisi düşman bölgelerde keşif uçuşlarının gerçekleştirilmesidir. Keşif uçuşları savaş alanının algılanabilmesi ve zeki hamleler yapılabilmesi için önemlidir. Düşman bölgelerde radarların yerleri tahmin edilebilse de, dinamik savaş alanında öngörülemeyen savunma hamleleri ile karşılaşılabilir. Bu nedenle keşif uçuşları yüksek risk içerir. İHA'lar saldırı görevleri için de kullanılmaktadır. Çeşitli silahlarla donatılan İHA'lar silahlı keşif, devriye veya yakın hava desteği gibi görevlerde düşman unsurlarını tespit edip saldırabilir. Öte yandan muharebe alanında düşman unsurları için sadece hedef oluşturmak için kullanılan İHA'lar da bulunmaktadır. Bazı İHA'lar ise görece düşük risk içeren arama kurtarma veya lojistik görevleri için tasarlanmıştır.

Yüksek risk içeren görevlerde kullanılan İHA'ların başarı ihtimalini arttırmak için tek bir İHA yerine İHA takımı kullanılması uzun zamandır üzerinde çalışılan bir yöntemdir (Ryan, Zennaro, Howell, Sengupta ve Hedrick, 2004; Banda, 2002). Birden fazla İHA kullanmak, farklı yeteneklere sahip İHA'ların aynı görevde kullanılabilmesini sağlayarak

yürütülebilecek görevlerin çeşitliliğini de artırmaktadır (Jin, Liao, Minai ve Polycarpou, 2005).

İHA'lar zaman içinde sadece uzaktan kumanda edilebilen uçaklar olmaktan çıkmış, kendi rotasını çizebilen ve kendilerine atanan görevleri icra edebilen akıllı platformlara dönüşmüşlerdir. Çevresini (tehdit alanlarını, hedefleri, bölgenin coğrafi durumunu) algılayan İHA'ların iki nokta arasındaki rotalarını çizebilmeleri için örnekleri Tulum, Durak ve İder (2009); Zheng, Li, Xu, Sun ve Ding (2005); Meng ve Xin (2010) tarafından verilen grafik arama veya evrimsel algoritmalar gibi yöntemleri kullanan bir çok rotalama algoritması çalışması yapılmıştır.

Çoklu İHA görevlerinde kullanılan İHA'lar ise çevre algılama ve rotalama yetilerinin yanısıra haberleşme ve koordineli hareket etme yeteneklerine sahiptirler. Takım içindeki koordinasyonu sağlamak için kullanılan iki uç strateji vardır. Birincisi tamamen merkezileşmiş koordinasyondur. Bu stratejide takımdaki İHA'lar algıladıkları çevre bilgisini merkezi bir yöneticiye iletirler. Merkezi yönetici takımdan topladığı bütün bilgileri kullanarak görev atamasını yapar. Görev alanındaki belirsizlik genellikle bütün planın görev öncesinde yapılmasına izin vermez ve uçuş esnasında, çevre algılandıkça görev atamalarının yapılmasını ve güncellenmesini gerektirir. Örnek bir çalışması Jin, Minai, & Polycarpou (2003) tarafından sunulan görev atama problemi, rotalama problemi gibi iyi çalışılmış bir problemdir.

İkinci uç strateji ise tamamen özerk koordinasyondur. Bu stratejilerde, görev için kullanılan İHA'lar belli bir seviyeye kadar birbirleri arasında iletişime geçebilir ve algıladıkları çevre bilgisini birbirleri ile paylaşabilirler. Ancak bazı görevlerde, saptanma riskini arttırdığı için iletişimden tamamen vazgeçilebilir. Her özerk İHA'nın, bilgilerini kullanarak kendisi için görev atamasına karar vermesi ve tüm İHA'ların verdikleri kararların takım amacına hizmet ediyor olması gerekmektedir. İhale (bidding) algoritmaları bu amaç için kullanılan yöntemlerden birisidir. Jin vd. (2009); Mes, van der Heijden ve Polycarpou (2003) bu yöntem üzerine örnek çalışmalar sunmuştur.

Öte yandan İHA takımlarının insanlı platformlar ile birlikte kullanımları ise başka bir problem alanı olarak ortaya çıkmaktadır (Valenti, Schouwenaars, Kuwata, Feron, ve How, 2004). Otonom harekât yetenekleri tasarlanırsa da geliştirilen İHA'ların tek başlarına veya takımlar halinde var olan insanlı platformlar ile görev icra edebilecek yeteneklere sahip olmaları

önemini korumaktadır. Bu insanlı – insansız sistemlerin birlikte çalışmaları kendine has denetim ve koordinasyon problemlerini ortaya çıkarmaktadır.

Çoklu İHA takımlarını otonom olarak veya insanlı platform denetiminde ve koordinesinde kullanabilmek için gereken algoritmaların çeşitliliği ve çözülmesi gereken problemlerin karmaşıklığı, bu alanda simülasyona duyulan ihtiyacı arttırmaktadır. Algoritmaların ve yöntemlerin geliştirilmeleri ve başarımlarının doğrulanması için çeşitli senaryolarda denemelerine gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada geliştirilmekte olan altyapı ise çok çeşitli harekât senaryolarında çoklu İHA görevlerinin simülasyonuna imkan sağlamayı amaçlamaktadır.

Altyapı Gereksinimleri

Niland'ın (2006) anlattığı SEAD (İng. Suppression of Enemy Air Defenses) senaryosu gibi İHA takımlarının kullanıldığı birçok harekâta, İHA'lar sıkı bir tehdit ortamında görev icra ederler. Bu tehditler içinde, radarlar, satıhtan havaya hava füze sistemleri veya hava savunma topları gibi unsurlardan oluşan değişik büyüklük ve yetenekteki hava savunma sistemleri önemli bir yer tutar. Çoklu İHA kullanım yöntemlerinin ve algoritmalarının geliştirilmesi ve doğrulanması için yürütülecek simülasyonlarda bu tehdit ortamının da modellenmesi elzemdir.

Simülasyonlar temelde canlı, sanal ve yapılandırılabilir olarak sınıflandırılmaktadır. Canlı, gerçek sistemlerin gerçek insan tarafından kullanıldığı uygulamaları; sanal, benzetim sistemlerinin gerçek insan tarafından kullanıldığı uygulamaları; yapılandırılabilir ise benzetim sistemlerinin benzetim insanlar tarafından kullanıldıkları uygulamalardır (Sokolowski ve Banks, 2010). Çoklu İHA simülasyonu için kullanılacak alt yapının tehditlerin, İHA'ların ve birlikte harekât yapılan dost unsurların benzetimi için yapılandırılabilir bir ortama, İHA'lardan bir kısmının veya denetim için kullanılacak insanlı platformların benzetiminde insan faktörünü de kullanabilmek amacı ile de sanal simülatörler ile entegrasyon özelliklerine sahip olması gerekmektedir.

Etmen tabanlı simülasyon, benzetimi yapılan unsurların kendilerine atanan görevleri icra edebilmek için karar mekanizmaları işleten, birbirleri ve çevre ile etkileşebilen yazılım birimleri olan etmenler olarak modellendikleri bir yaklaşımdır (Sokolowski ve Banks, 2010). Yapılandırılabilir ortam içinde benzetimi yapılacak dost ve düşman unsurların etmenler olarak modellenmesi muharebe simülasyonlarında kullanılagelen bir yöntemdir (Kewley ve Larimer, 2003). Bu çalışma

kapsamında kurulacak çoklu İHA simülasyon altyapısının da bu iyi pratiği takip ederek etmen tabanlı olması kurgulanmıştır.

Sistem Çözümlemesi

Çoklu İHA simülasyon altyapısı için önerilen sistemin mimarisi üç ana araçtan oluşmaktadır. Bu araçlarlar sırası ile etmen tabanlı simülasyon altyapısı, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve uçuş simülatörüdür. Bu çalışma açık kaynak projelerden seçilecek bu üç ana aracın entegrasyonunu ve entegre bir çoklu İHA simülasyon altyapısı haline getirilmesini hedeflemektedir. Açık kaynak etmen tabanlı simülasyon altyapıları incelenmiş, MASON, Swarm ve Repast (Macal ve North, 2009) arasından diğerlerine göre daha aktif kullanıcı grubuna sahip olan Repast seçilmiştir. Repast ile uyumlu olarak da CBS çözümü OpenMap seçilmiştir (Najlis ve North, 2005). Açık kaynak uçuş simülatörü olarak ise en bilinen çözüm olan FlightGear (Perry, 2004) seçilmiştir. Bu unsurların birlikte çalışabilmeleri için yönetim ve arayüz bileşenleri öngörülmektedir.

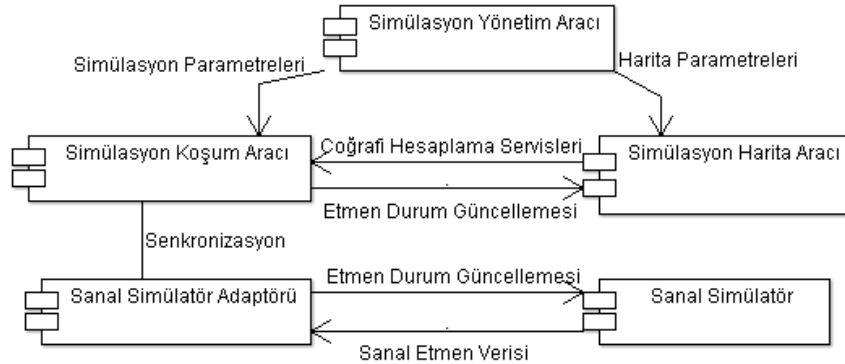
Repast, Şikago Üniversitesinde geliştirilen Java tabanlı ve açık kaynak etmen tabanlı bir simülasyon alt yapısıdır (North & Macal, 2010). Repast etmenlerin modellenmesine ve aralarındaki ilişkilerin tanımlanmasına imkan vermesinin yanı sıra, simülasyon koşumunu da sağlayan bir altyapıdır. Otomatik Monte Carlo koşumu, kayıt ve görselleştirme araçları, nesne tabanlı programlama desteği, etmen şablonları, CBS entegrasyonu gibi özellikleri vardır. Geliştirilecek çoklu İHA simülasyon altyapısı harekât ortamındaki unsurların etmenler olarak modellenmesi için Repast şablonlarını kullanılmayı, simülasyon koşumu için de Repast motorunu ve araçlarını kullanılmayı planlamaktadır.

OpenMap coğrafi bilgi yönetimi ve görselleştirmesi gerektiren uygulamalar geliştirmek için tasarlanmış Java Beans tabanlı bir kütüphanedir. İç yapısına bakıldığında OpenMap coğrafi koordinatları algılayabilen Swing bileşenlerinden oluşur. Bu bileşenler coğrafi veriyi harita üzerinde görselleştirmeye ve bu verilerin üzerinde çalışmaya olanak sağlar. Repast ile entegre edilecek OpenMap'in temelde iki temel işlev için kullanılması öngörülmektedir. İlk olarak Repast üstünde koşan etmenlerin harita üzerinde görselleştirilmesi, bir başka deyişle, simülasyon boyunca gerçek zamanlı taktik resmin çizilmesi için kullanılırken, ikinci olarak da Repast üzerinden koşan etmenlere coğrafi hesaplama servisleri sunacaktır. Görüş hattı çözümlemesi, mesafe ve açı ölçme bu servislerin ilk akla gelenleridir.

FlightGear açık-kaynak kodlu esnek ve ihtiyaca göre uyarlanabilir bir uçuş simülatörüdür. Ağ üzerinden iletişim kurulabilir bir simülasyon olan FlightGear roll, gyro reading, heading, yükseklik, ivme, hız gibi uçuş bilgilerini toplayabilecek, bu bilgiyi veri paketleri halinde gönderebilecek ve dış kaynaklardan uçuş kontrol girdilerini alabilecek bir iletişim sistemine sahiptir (FlightGear Developer Portal). Bütün bunlar daha önceden tanımlanmış “xml” tabanlı protokol dosyalarıyla icra edilir. Veri alışverişinde soketler kullanılır ve sistemler arasında aktarılan veri paketleri tanımlanmış protokol dosyalarına göre organize edilir. Bunun yanında yeni uçaklar/platformlar tanımlamak ve uçaklar için pilot arayüzleri geliştirmek de mümkündür. Daha önce de İHA benzetimleri için kullanılan (Sarton ve Hammaker, 2005) FlightGear, çoklu İHA simülasyon altyapısında sanal simülatörleri desteklemek için seçilmiştir. Repast ile entegrasyonu tasarlanan FlightGear ile sanal olarak uçurulan hava platformlarının etmen tabanlı olarak koşturulan harekât senaryosunun bir parçası olması sağlanacaktır.

Sistem Mimarisi

Bu bölümde anlatılan sistem çözümlenmesinde seçilen ürünler Repast, OpenMap ve FlightGear ve bu ürünleri destekleyen bileşenlerden kurulan sistem mimarisi sunulacaktır. Bu mimari içindeki bileşenler ve ilişkileri anlatılacaktır.



Şekil 1. Çoklu İHA Simülasyon Altyapısı Mimarisi

Şekil 1’de, önerilen çoklu İHA simülasyon altyapısının bileşenleri ve bu bileşenler arasındaki ilişkiler sunulmaktadır. Simülasyon Yönetim Aracı yeni senaryo yaratma, daha önce kaydedilmiş senaryoyu yükleme, etmen ekleme/çıkarma, başlangıç koşullarını tanımlama, koşum başlatma/bitirme,

koşum takibi gibi temel yönetim işlevlerinin yürütüleceği kullanıcı arayüzü sunmakla sorumludur.

OpenMap tabanlı olarak geliştirilen Simülasyon Harita Aracı bileşenin temel işlevi simülasyon koşumundaki etmenleri taktik resim üzerinde göstermek ve coğrafi hesaplama servisleri sunmak olarak özetlenebilir.

Simülasyon Koşum Aracı ise Repast temel alınarak geliştirilen bileşendir. Tanımlanan senaryonun koşumunu sağlayan bu araç aynı zamanda etmenlerin geliştirileceği etmen şablonlarını da sağlar. Etmen tabanlı simülasyon altyapısı olarak değerlendirilebilecek Simülasyon Koşum Aracı üzerinde geliştirilen ve senaryoya dahil edilen etmenler koşturulur.

Sanal Simülatör Adaptörü, Sanal Simülatör bileşenini başlatır ve bir ağ kanalı açarak sürekli olarak Sanal Simülatör ile etmen tabanlı simülasyonu koşturan Simülasyon Koşum Aracı arasındaki veri alışverişini sağlar.

Son olarak değinilecek Sanal Simülatör bileşeni, FlightGear üzerinde koşan uçak simülatörüdür. Sanal Simülatör sayesinde gerçek insanların kullandığı platformlar etmen tabanlı simülasyon altyapısında koşan harekât simülasyonuna dahil edilecektir.

Sonuç

Bu makalede çoklu İHA benzetimlerinde kullanılması için tasarlanmış olan simülasyon altyapısı tanımlanmıştır. Çoklu İHA benzetim gereksinimleri ile başlayan makale seçilen açık kaynak altyapı bileşenlerinin tanıtımı ile devam etmiştir. Son olarak da bu bileşenler ile kurulan sistem mimarisi sunulmuştur. Bu çalışmada geliştirilmekte olan çoklu İHA simülasyon altyapısı kullanılarak birçok benzetim kurulacak ve çoklu İHA denetim yöntem ve algoritmalarının geliştirilmesi olanaklı kılınacaktır. Geliştirilecek yöntem ve algoritmalar gerçekçi harekât senaryolarında, insan tarafından kullanılan simülasyon unsurları da dahil edilerek denenecektir. Bu altyapı kullanılarak benzetimler kuruldukça altyapının gelişeceği ve olgunlaşacağı değerlendirilmektedir. Repast etmen şablonlarının hava muharebesindeki etmenleri temel alarak genişletilmesi, OpenMap için taktik resim gösterimine yönelik şablon katmanların tanımlanması ve FlightGear'da kullanılabilir insanlı platform kütüphanelerinin geliştirilmesi planlanmaktadır.

Kaynakça

- Banda, S. (2002). Future Directions in Control of Unmanned Air Vehicles. *Proceedings of AFOSR Workshop on Future Directions in Control*. Arlington, VA.
- FlightGear Developer Portal. (tarih yok). <http://wiki.flightgear.org/index.php/Portal:Developer> adresinden alınmıştır.
- Jin, Y., Liao, Y., Minai, A. ve Polycarpou, M. (2005). Balancing Search And Target Response in Cooperative Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Teams. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, 36(3), 571-587.
- Jin, Y., Minai, A., ve Polycarpou, M. (2003). *Cooperative Real-Time Search and Task Allocation in UAV Teams*. Proceedings of 42nd IEEE Conference on Decision and Control, 9-12 Aralık, Hawaii, 7-12.
- Kewley, R. ve Larimer, L. (2003). An Agent-Based Modeling Approach to Quantifying the Value of Battlefield Information. *The Bulletin of Military Operations Research Society*, 10(13), 25-26.
- Macal, C. ve North, M. (2009). *Agent Based Modeling and Simulation*. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, Austin, TX.
- Meng, H. ve Xin, G. (2010). *UAV Route Planning Based on the Genetic Simulated Annealing Algorithm*. 2010 International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), 4-7 Ağustos, Xi'an, 788-793.
- Mes, M., van der Heijden, M. ve van Harten, A. (2007). Comparison of Agent-Based Scheduling to Look-Ahead Heuristics for Real-Time Transportation Problems. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 59-75.
- Najlis, R. ve North, M. (2005). *Repast vector GIS integration*. 14th Annual NAACSOS Conference, 26-28 Haziran, Notre Dame.
- Niland, M. (2006). *The Migration of a Collaborative UAV Testbed into the Flames Simulation Environment*. Proceedings of the 38th conference on Winter Simulation Conference, 3-6 Aralık, Monterey, CA, 1266-1272, 1266-1272.
- North, M. ve Macal, C. (2010). Foundations of and Recent Advances in Artificial Life Modeling with Repast 3 and Repast Symphony. *Artificial Life Models in Software*, 2nd ed., Heidelberg: Springer.
- OpenMap Projesi. (tarih yok). <http://www.openmap.org/> adresinden alınmıştır.
- Pearson, L. (1969). *Developing the flying bomb*. Washington D.C.: The Chief of Naval Operations.

- Perry, A.R. (2004). *The Flightgear Flight Simulator*. USENIX Annual Technical Conference. 27 Haziran-2 Temmuz, Boston.
- Ryan, A., Zennaro, M., Howell, A., Sengupta, R. ve Hedrick, J. (2004). *An Overview of Emerging Results in Cooperative UAV Control*. 43rd IEEE Conference on Decision and Control, Nassau, 602-607.
- Sarton, E. ve Hammaker, S. (2005). Simulated Flight Testing of an Autonomous Unmanned Air Vehicle Using FlightGear. 26-29 Eylül, *Infotech@Aerospace*. Arlington, VA.
- Shima, T. ve Schumacher, C. (2005). *Assignment of Cooperating UAVs To Simultaneous Tasks Using Genetic Algorithms*. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit, 15-18 Ağustos, San Francisco, California.
- Sokolowski, J. ve Banks, C. (2010). *Modeling and simulation fundamentals: Theoretical underpinnings and practical domains*. New Jersey: Jon Wiley & Sons Inc.
- Tulum, K., Durak, U. ve Yder, S. (2009). *Situation aware UAV mission route planning*. 2009 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, Montana, USA, 1-12.
- Valenti, M., Schouwenaars, T., Kuwata, Y., Feron, E. ve How, H. (2004). *Implementation of a Manned Vehicle-UAV Mission System*. AIAA Guidance, Navigation and Control Conference, 16-19 Ağustos, Rhode Island.
- Zheng, C., Li, L., Xu, F., Sun, F. ve Ding, M. (2005). Evolutionary Route Planner for Unmanned Air Vehicles. *IEEE Transactions on Robotics*, 21(4), 609-620.