

TEKNOFEST İSTANBUL
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ



SÜRÜ İHA SİMÜLASYON YARIŞMASI

ÖN TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: APUS

TAKIM ÜYELERİ:

Muhammed Feyzi Balci

İbrahim Aydın

Muhammet Emin Akgün

Mert Aşkın

Mehmet Akif Özkanoglu

DANIŞMAN ADI: M. Burak Aykenar

İçindekiler

1. Yönetici Özeti.....	3
1. Proje yönetimi.....	4
1.1. Takım Organizasyon Şeması ve Tanımlar	4
1.2. Proje takvimi	5
2. Görev Gereksinimleri	5
2.1. Kılavuz İHA Takibi ve Formasyon Oluşturma	5
2.2. Telekomünikasyon Hizmeti	6
2.3. Yaralı Tespit ve Nakil Modülü	6
2.4. İletişim Modülü	7
2.5. Yakıt Kontrol Modülü	7
2.6. İHA Uçuş Kontrol Modülü	7
3. Tasarım çözümü	8
3.1. Kılavuz İHA Takibi ve Formasyon Oluşturma Tasarım Çözümü.....	8
3.2. Deprem Bölgesi Sürü Görev Dağılımı Tasarım Çözümü	10
3.3. Telekomünikasyon Modülü Tasarım Çözümü.....	10
3.4. Yaralı Tespiti ve Nakil Tasarım Çözümü.....	11
3.5. İletişim Tasarım Çözümü.....	11
3.6. Yakıt Kontrol Tasarım Çözümü	12
3.7. İHA Uçuş Kontrol Tasarım Çözümü.....	12
3.8. Yasaklı Bölge ve Çarpışmalardan Kaçınma Tasarım Çözümü	12
4. Referanslar	14

TEKNOFEST
İSTANBUL HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

1. Yönetici Özeti

Adını Ebabil kuşlarından alan APUS Proje Takımı, T3 Vakfı tarafından düzenlenen TEKNOFEST Sürü İHA Simülasyon Yarışması kapsamında bir araya gelen 5 mühendis ve mühendis adayından oluşmaktadır. Sürü teknolojileri üzerinde AR-GE faaliyetleri yürüten SBI Bilişim, bu AR-GE Faaliyetlerini TEKNOFEST tecrübesiyle genişletmek amacıyla yarışmaya katılım sağlayan APUS Takımı'na sponsor olmuştur.

Başvuruya kadar ön hazırlıklarını tamamlayan, başvurudan sonra çalışmalarına hız vererek literatür taramasının ardından örnek uygulamalar ve pratikler yoluyla hazırlıklarını yürütmeye devam eden takım; şartnamenin ilk versiyonunda Matlab/Simulink kullanılacağına duyurulmasıyla bu programlarda yetkinliğini artırma gayretinde olmuş, güncellenmenin ardından hız kesmeden ROS/Gazebo platformlarına adapte olarak gayretini sürdürmüştür.

Takım, gerekli eğitim sürecini tamamlamış olup algoritma tasarımı ve yazılım geliştirme sürecine devam etmektedir. Simülasyon ortamları ve örnek kodların paylaşımıyla simülasyonda insansız hava araçlarına farklı görevler denetilerken platformlara aşinalığın artırılması sağlanmıştır. Mevcut durumda birden çok görev icrası sürü üyelerine başarıyla tamamlanabilmektedir.

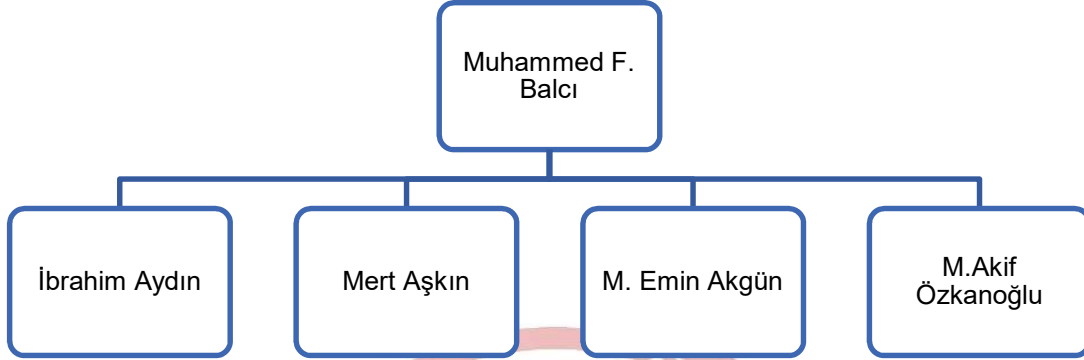
Otonom kabiliyetlerin ve karar mekanizmalarının geliştirilmesi için güncel tasarım örnekleri üzerinden okumalar ve incelemeler devam ederken paralelinde de çözüme yönelik unsurlar yapılan çalışılmalarla test edilmektedir.

Formasyona uyum, çarpışma önleme, merkezi konumu koruma, haberleşme ve senaryoya uygun görev paylaşımı ilkelerine uygun hareket etmeleri beklenen sürü üyelerinin minimum hata oranıyla seyirlerini sürdürmeleri için matematiksel modeller çıkarılmış, görevlerin bir çoğu formüllere dökülmüş ve koda dökülmüştür. Formül ve hesaplamaların detayları ilerleyen rapor aşamalarında paylaşılacaktır.

Proje özelinde yürütülen çalışmalar sayı, ortam ve platform bağımsız; jenerik bir sürü algoritması oluşturulması üzerinde yoğunlaştırılmaktadır. Takım üyeleri, bu algoritmanın/algoritmaların testinin yapılacağı simülasyon ortamları üzerinde gerçekleştirilecek çalışmalar için TEKNOFEST'in ilgili kategorisini takım adına bir şans olarak görüp bu motivasyonla çalışmalarını sürdürmektedir.

1. Proje yönetimi

1.1. Takım Organizasyon Şeması ve Tanımlar



Muhammed Feyzi Balcı: Takım Lideri

Üniversite döneminde yazılım, gömülü sistemler ve model araç projelerinde çalışan üye, Gazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik mühendisliğini bitirdikten sonra haberleşme ve yazılım sektörlerinde çalışmıştır, proje yönetimi tecrübesiyle takım liderliği görevini yürütmektedir.

İbrahim Aydın: Takım Üyesi

Otonom araç, IoT sistemler, ve gömülü yazılım tecrübesi olan ve üniversitesinde birçok projenin içinde yer almış üye, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği mezunudur.

Mert Aşkın: Takım Üyesi

Robotik, oyun programlama, PIC, ARM, FPGA gibi gömülü sistemler proje tecrübelerine sahip üye, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği mezunudur.

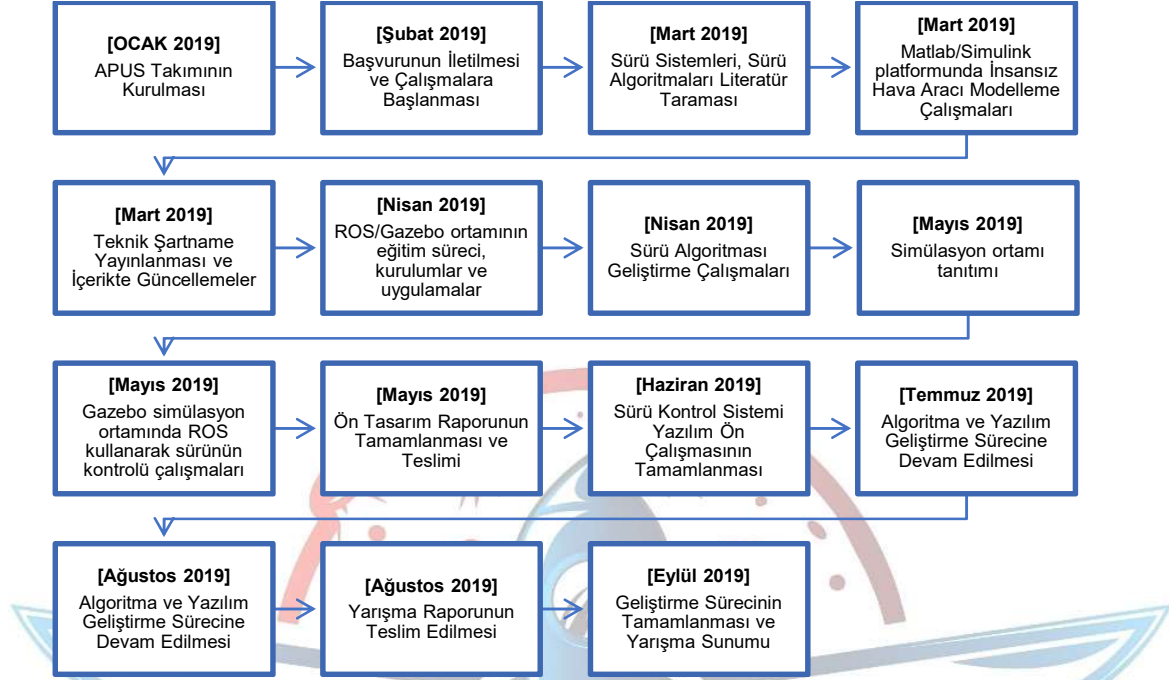
Muhammed Emin Akgün: Takım Üyesi

Yazılım, PCB tasarım ve üretim, sayısal tasarım ve gömülü sistemler üzerinde Ar-Ge projelerinin içinde yer almış olan üye, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği mezunudur.

Mehmet Akif Özkanoglu: Takım Üyesi

ROS/Gazebo platformu, C++ ve Python dilleriyle nesne yönelimli programlama ve mobil robot teknolojileri üzerinde çalışmalarda bulunmuş olan üye, İstanbul Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği son sınıf öğrencisidir.

1.2. Proje takvimi



2. Görev Gereksinimleri

TEKNOFEST Sürü İHA Simülasyonu Yarışması'nda yer alan görevlerin yerine getirilmesi için modüler yapı kullanılarak ana etmenler göz önünde bulundurulmuş, gereksinimler de bu modüler yapı altında madde madde detaylandırılmıştır.

2.1. Kılavuz İHA Takibi ve Formasyon Oluşturma

Yarışma dockerında verilecek olan Kılavuz İHA'nın, belirlenen formasyon izlenerek takibi ile sürünün deprem bölgesine ulaşması için;

- Senaryo içinde paylaşılacak olan Kılavuz hava aracının konum bilgilerinin YGK üzerinden alınması,
- YGK üzerinden formasyon biçim bilgisinin alınmasıyla İHA'ların port no.larına göre hareket ederek uygun konumlara yerleşmesi,
- Gerekli formasyon düzeni sağlandıktan sonra çarpışmalardan kaçınma, birbirleriyle aralarındaki uzaklığı koruma ve sürü merkezine bağlı kalma ölçütlerine göre formasyonun korunması,
- Afet bölgesine hareket ederken yeni formasyon bilgisinin beklenmesi,
- Bozuk GPS bölgesine gelindiğinde çarpışma olmadan bu bölgesinin aşılması ve güvenli şekilde deprem bölgesine varılması gereksinimleri oluşturulmuştur.

2.2. Telekomünikasyon Hizmeti

Telekomünikasyon görevinin yerine getirilmesi için;

- En fazla kazazede ve sağlık ekibi yoğunluğunun bulunduğu bölgelerin kameralar yoluyla sürü üyesi İHA'larca tespit edilmesi ve bu bilgilere YGK üzerinden erişilmesi,
- Kazazede yoğunluğuna göre deprem bölgesinde uygun adette İHA'nın görevlendirilmesi,
- Her bir İHA'nın telekom hizmeti verebileceği kazazede sayısı (*THVKS_{azami}*) kısıtına uygun hareket etmesi,
- Telekom hizmeti görevinden sorumlu İHA'ların -çarpışma riski benzeri istisnai durumlar haricinde- bu hizmeti verebileceği azami (*telecom_height_max*) ve asgari (*telecom_height_min*) irtifa aralığı dışında uçuş yapmaması,
- İHA'ların bulunduğu bölgede *THVKS* kısıtını aşan sayıda insan bulunduğu bölgeye destek telekom hizmeti için İHA yönlendirilmesi ve
- Telekomünikasyon görevinden sorumlu İHA'ların maksimum sayıda kazazedeye hizmet sağlanması gereksinimleri oluşturulmuştur.

2.3. Yaralı Tespit ve Nakil Modülü

Yaralı tespit ve hastaneye nakilleri görevlerinin yerine getirilmesi için;

- Olabildiğince fazla yaralıyı hastaneye taşıyabilmek için İHA'lar arasında görev dağılımı yapılması,
- Yaralı konum bilgisi YGK üzerinden alındıktan sonra algoritma tarafından belirlenen İHA'nın ilgili konuma hareketi ve noktaya en çok 10 metre hata ile varması,
- Yaralının bulunduğu noktaya varan İHA'ların belirli bir irtifaya (*injured_pick_up_height*) alçalarak belirli bir süre (*injured_pick_up_duration*) asılı kalması,
- Hastane çevresinde bulunan İHA'larla senaryo bölgesinden yaralı taşıyan İHA'lar arasında mümkün olan en sürekli bağlantının sağlanması,
- Sürü üyesi İHA'ların iletişim menziline giren hastanelerin konum ve doluluk bilgilerinin (*hospital_quota*) YGK üzerinden alınması,
- Diğer İHA'ların yaralı konum bilgisine erişimlerinin sağlanması,
- YGK üzerinden kontenjanı uygun hastane bilgisine erişen yaralı yüklü İHA'nın hastaneye ulaşması,

- Hastane pistine en çok 10 metre hatayla yanaşarak belirli yüksekliğe (*injured_release_height*) en çok 10 metre hatayla alçılması ve yaralı bırakma süresi kadar (*injured_release_duration*) havada asılı kalması,
- Maksimum sayıda yaralının hastaneye nakillerinin sağlanması gereksinimleri oluşturulmuştur.

2.4. İletişim Modülü

Sürü üyelerinin YGK üzerinden birbirlerinin paylaşımına açık verilerine erişebilmeleri için;

- Tanımlı portlar üzerinden görev sahnesindeki her bir İHA'ya erişilebiliyor olması,
- Sağlıklı veri akışının sağlanabilmesi için İHA'ların iletişim menzillerine (*uav_communication_range*) dikkat ederek deprem bölgesinde hareket etmesi,
- Senaryo dünyasındaki mümkün olan en çok sayıda İHA'nın birbirleriyle menzilleri dahilinde iletişim halinde olmaları gereksinimleri oluşturulmuştur.

2.5. Yakıt Kontrol Modülü

Yarışma için kritik konulardan olan yakıt tasarrufu ve optimizasyonu konusunda;

- İHA'ların YGK üzerinden elde ettikleri yakıt seviyelerini (*fuel_reserve*) sürekli olarak kontrol etmeleri,
- Hızlarıyla bağlı şekilde değişen yakıt tüketim verilerini optimumda tutarak görev bölgesinde hareket etmeleri,
- Sürü üyelerinin yalnız kendi yakıt verilerine erişebildikleri kısıtına uygun tedbirleri almaları ve
- Yakıtları belli bir seviyenin altına indiğinde mevcut görevi tamamlayacak seviyede yakıtı sahip olmadıklarında görev başlangıç noktalarına dönmeleri gereksinimleri oluşturulmuştur.

2.6. İHA Uçuş Kontrol Modülü

Senaryo ortamında İHA Uçuş Kontrol Modülünün kontrol görevini yerine getirebilmesi için;

- Her bir İHA'nın ayrı betik ve ilgili portlar üzerinden kontrol edilebilmesi,
- İHA'ların baş açısı (*heading*), hızları (*x_speed*, *y_speed*), irtifaları (*altitude*) vb. parametrelerinin, algoritma tarafından ilgili göreve göre belirlenmesi,

- Algoritmanın YGK üzerinden paylaşılan engel (special_assets) ve yasak bölge (denied_zones) bilgilerini işleyerek İHA'lara gerekli kontrol komutları göndermesi gereklilikleri oluşturulmuştur.

3. Tasarım çözümü

Gerçek hayatta kullanım sıklıkları git gide artan insansız hava aracı teknolojileri için sürü sistemlerinin önemi de aynı hızda artmaktadır. Güncel uygulama örnekleri incelendiğinde mevcut yarışma kategorisi senaryosunda yer alan şekilde ve benzeri doğal afet senaryoları için birden çok gerçek örnekle karşılaşılmıştır. ^[1] Gerçek örnekler ve yarışma gereksinimleri gözden geçirildiğinde APUS takımı tarafından tasarlanan kurguda homojen ve heterojen yapıdaki sürü tasarımlarından -yarışma için- tüm İHA'ların aynı donanımına sahip olacağı düşünülmüş ve *homojen yapı* ilkeleri benimsenmiştir. ^[2] Bununla birlikte tüm İHA'ların aynı sanal donanımlara sahip olmasına rağmen, algoritmanın farklı görevler için İHA'ları görevlendirmesi üzerinde durulmaktadır. (Telekomünikasyon, keşif, yaralı taşıma vb.)

Sürü kontrol mimarilerinde merkezi ve merkezi olmayan yaklaşımlar incelenmiştir. ^[3] *Merkezi* yaklaşımda sürü üyeleri tarafından elde edilip tek bir ana kontrol noktası üzerinde toplanan veriler, işlenmelerinin ardından yeniden üyelerle paylaşılır. Görev planlaması ve durum güncellemeleri de yine bu merkez üzerinden sağlanır. *Merkezi olmayan* yaklaşımdaysa tek bir noktadan sürünün yönetiminin aksine tüm sürü üyelerinin kendi görev mekanizmalarını çevreyle etkileşim içerisinde kendilerinin belirlemeleri mantığı esastır. Bu temel prensipler doğrultusunda merkezi yaklaşımda sürü otonomluk düzeyinin merkezi olmayan yaklaşıma göre düşük olduğu görülebilmektedir.

Yarışma için bir ana kontrol merkezinin olmayışının yanında afet bölgesinde arama/kurtarma ve haberleşme görevleri yürütülürken tek bir merkez üzerinden görev planının yapılması ve bu merkezle sürekli veri akışının sürdürülmesi gerekliliği zorluklar doğurmaktadır.

Takım tarafından jenerik bir sürü algoritmasının, karmaşık olmasına karşın daha verimli ve esnek kullanımları baz alındığından otonomluk dereceleri yüksek üyelerle birlikte, *merkezi olmayan sürü yaklaşımı* kullanılarak oluşturulabileceği üzerinde durulmaktadır.

Modüllerin algoritma tasarımları tamamlanmış olup İHA'ların hareket metotlarını belirleyecek formüller büyük ölçüde oluşturulmuş ve koda dökülmüştür. Bu detaylara ilişkin simülasyon gösterimi ilerleyen aşamalarda gösterilip formül ve hesaplamalar final raporunda verilecektir.

3.1. Kılavuz İHA Takibi ve Formasyon Oluşturma Tasarım Çözümü

Senaryo başlangıcında kılavuz İHA'nın harekete geçmesiyle, YGK üzerinden konum bilgisinin alınacaktır. Daha sonra sürü üyeleri, başlangıç konumları ve baş açıları ne olursa olsun çarpışma önleyici fonksiyona uygun şekilde harekete başlayarak senaryoda verilecek ilk formasyonu oluşturacaktır. YGK üzerinden yeni formasyon şekil bilgisi alındığında yine bu çarpışma önleyici fonksiyona uygun şekilde bu formasyona geçeceklerdir.

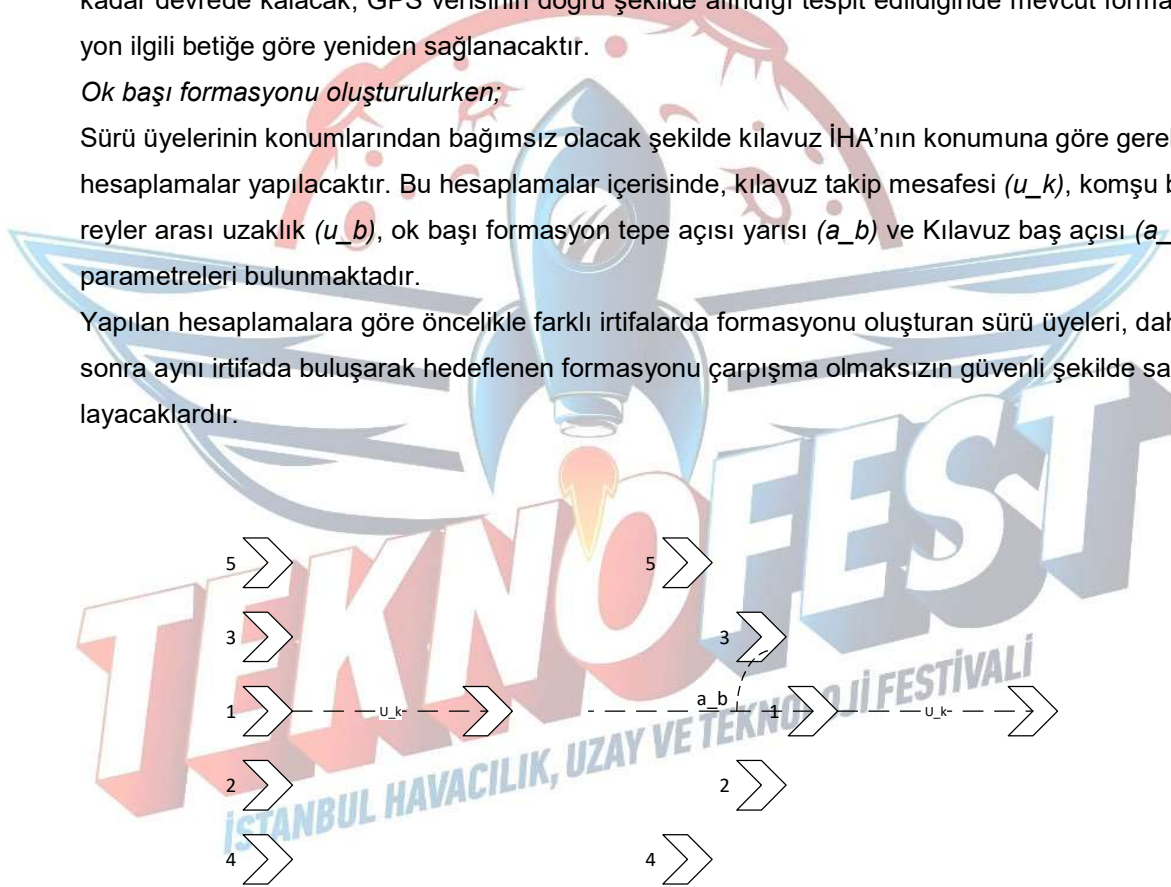
Formasyon takibi yapılırken İHA'ların bulunması gereken konum ile mevcut konumları arasındaki hata oranı algoritma tarafından sürekli hesaplanacak olup, bu hatanın en aza indirilmesi için gerekli hız, irtifa ve baş açısı komutları *uçuş kontrol modülüne* gönderilecektir.

Uçuş esnasında formasyon izlenirken, zamanı ve bozulma süresi senaryoya göre değişkenlik gösterecek olan bozuk GPS sinyalinin ilk alındığı an algoritma tarafından tespit edildiğinde ilgili kod bloğu devreye girecektir. Bu bölgede çarpışma yaşanmaması için sürü üyelerinin hareket metodunu belirlerken birden çok alternatif üzerinde durulmuştur. Gürültüyü en aza indirecek filtre metodunun kullanılması yahut bozuk gelen veri haricindeki İHA parametrelerinin kullanılarak ataletsel yolla konumlanma yoluyla gürültü etkilerinin azaltılması bu alternatiflerden ikisidir. Devam eden testlerle en uygun metot belirlenecektir. Bu metot GPS bozuk bölgeden çıkana kadar devrede kalacak, GPS verisinin doğru şekilde alındığı tespit edildiğinde mevcut formasyon ilgili betiğe göre yeniden sağlanacaktır.

Ok başı formasyonu oluşturulurken;

Sürü üyelerinin konumlarından bağımsız olacak şekilde kılavuz İHA'nın konumuna göre gerekli hesaplamalar yapılacaktır. Bu hesaplamalar içerisinde, kılavuz takip mesafesi (u_k), komşu bireyler arası uzaklık (u_b), ok başı formasyon tepe açısı yarısı (a_b) ve Kılavuz baş açısı (a_k) parametreleri bulunmaktadır.

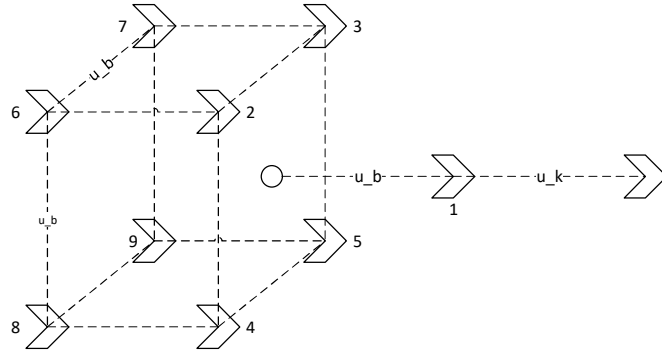
Yapılan hesaplamalara göre öncelikle farklı irtifalarda formasyonu oluşturan sürü üyeleri, daha sonra aynı irtifada buluşarak hedeflenen formasyonu çarpışma olmaksızın güvenli şekilde sağlayacaklardır.



Formasyon oluşturma örnek gösterim

Prizma formasyonu oluşturulurken;

YGK tarafından paylaşılan formasyon parametrelerine uygun şekilde oluşturulan formüle göre hesaplamalar yapıp İHA'lar kimliklerine (uav_id) göre ön köşelerden başlayarak arkaya doğru uygun konumlara yerleştirileceklerdir. Formasyon süresi boyunca İHA'lar, olası konum ile mevcut konum arasındaki farkı en aza indirme hesaplamalarını sürdürecektir.



3.2. Deprem Bölgesi Sürü Görev Dağılımı Tasarım Çözümü

Kılavuz İHA eşliğinde formasyonu izleyerek hareket eden sürü üyeleri 'dispatch' sinyali geldiğinde deprem bölgesine ulaştığını algılayacak ve mevcut formasyonu bozarak görevlerini ifa etmeye başlayacaklardır.

Görev dağılımı yapılırken;

Afet bölgesinin sınırları YGK'dan alınıp gerekli hesaplamalarla bölge büyüklüğü anlamlı hale getirilecek ve sahne, bölgenin büyüklüğüne ve hastanelerin konumlarına göre eş bölümlere ayrılacaktır.

Sahnedeki İHA sayısı (uav_count) bu bölümlere eşit sayıda dağıtılacak, kendi bölgesinde görevli İHA'lar birbiriyle iletişim halinde kalacak şekilde sahnedeki görevlerine (Telekomünikasyon ve yaralı kurtarma) başlayacaktır.

Kazazedeler ile karşılaşıldığında sürü üyeleri İHA kimliklerine (uav_id) göre telekom ve yaralı taşıma görevleri için o noktada görev alacak, diğer İHA'lar bölgedeki hareketlerine devam edeceklerdir. Bu şekilde görev bölgelerinde maksimum verimin sağlanması hedeflenmektedir.

3.3. Telekomünikasyon Modülü Tasarım Çözümü

Simülasyon ortamında telekomünikasyon hizmeti sağlarken;

Sürü üyeleri, görev bölgelerinde sanal kamera azami ve asgari çalışma yüksekliklerine ($logical_camera_height_min$ - $logical_camera_height_max$) uygun şekilde seyir halindeyken tespit edilen kazazede yoğunluğuna göre telekomünikasyon hizmeti vermeye başlayacaklardır.

Sürü üyeleri, İHA'nın kapsama alanının yerdeki iz düşüm daire yarıçapı ($telecom_radius$), telekom hizmeti verebileceği asgari ($telecom_height_min$) ve azami ($telecom_height_max$) yükseklik parametrelerini hesaplayarak konumlanacaklardır.

Her bir İHA'nın telekom hizmeti verebileceği kazazede sayısı ($THVKS$), sahnedeki insan sayısı/İHA sayısı formülüyle hesaplanacak ve kazazede yoğunluğu ile beraber bu parametre de göz önünde bulundurulacak, bölgedeki kazazede sayısı için yeterli İHA bulunmuyorsa ilave telekom görevlendirmesi algoritma tarafından sağlanacaktır

3.4. Yaralı Tespiti ve Nakil Tasarım Çözümü

Sahnedeki yaralıları tespit edilirken *Deprem Bölgesi Sürü Görev Dağılımı Tasarım Çözümü* maddesinde detayları verilen bölgesel dağılım metodu izlenecektir. Yaralı nakil görevi icra edilirken ilgili İHA'ların hastanelerin doluluk bilgileri (*hospital_quota*) verisine erişebilmeleri önem arz ettiğinden YGK tarafından paylaşılan hastane konumlarına ilgili görev bölgesinden en az 1 adet İHA'nın gönderilmesi ve iletişim menzillerindeki diğer İHA'ların bu hasta kontenjan verilerine erişebilmeleri sağlanacaktır.

Konumları tespit edilen kazazedeler için ilgili görev bölgesindeki uygun kimlikteki (*uav_id*) İHA/İHA'lar yaralı nakil görevlerine başlayacaktır.

İHA'nın, havada asılı kalması gereken süre (*injured_pick_up_duration*), alçalması gereken asgari irtifa (*injured_pickup_height*) parametrelerine göre kazazedenin bulunduğu yerden alınma işlemi gerçekleşecektir.

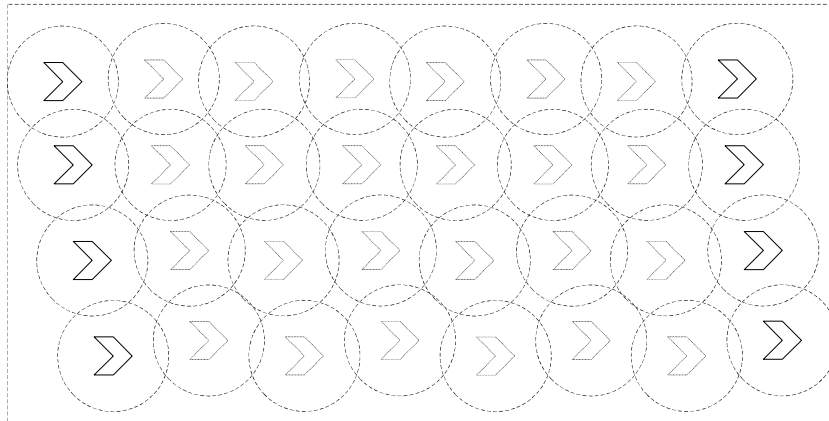
İHA'lar hastane konumuna ulaştığında yaralı bırakma asgari süresi (*injured_release_duration*) ve yaralı bırakma asgari yüksekliği (*injured_release_height*) parametrelerine uygun şekilde nakil görevini tamamlayacaklardır.

Hastaneye nakil görevini tamamlayan İHA'lar, görev bölgelerine dönüşleri sırasında algılayıcı modül tarafından yaralı tespit edildiği takdirde mevcut hareketlerini duraksatarak bu yaralıyı alacak, hastaneye naklini sağlayacaklardır. Bu şekilde görev bölgesine dönüş istikametleri üzerinde herhangi yaralı tespit edilmediğinde yeniden görev bölgelerinde uygun görevi icra etmeleri sağlanmış olacaktır.

3.5. İletişim Tasarım Çözümü

Formasyonun oluşturulması, korunması ve değiştirilmesi ile görevler icra edilirken İHA'ların doğru konumlanabilmesi ve çarpışmalarını için birbirlerinin konum, hız ve irtifa bilgilerine erişmeleri önem arz etmektedir.

Görev bölgelerine göre algoritma tarafından paylaşımları yapılan İHA'lar, hareketlerini ve uygun konumlarını iletişim menzillerine (*uav_communication_range*) göre belirleyeceklerdir. Bu menzil doğrultusunda maksimum İHA'nın birbirlerinin ilgili verilerine erişmeleri sağlanmış olacaktır.



Görev bölgesinde hareket ederken alınacak konumlar örnek gösterim

3.6. Yakıt Kontrol Tasarım Çözümü

Sürü üyesi İHA'ların x ve y eksenlerindeki hızları kullanılarak gerçek hızları hesaplanacaktır.

Yarışma için kritik konulardan olan yakıt tasarrufu ve optimizasyonu konusunda algoritma içinde yer alan betik ile her bir İHA'nın hızları, ilgili görevin öncesi ve sonrasında gerekli hesaplamalarla kontrol altında tutulacaktır.

YGK tarafından paylaşılan yakıt bilgisi (*fuel_reserve*) kullanılarak çıkarılan formülle İHA'nın bu yakıtla ne kadar yol gidebileceğinin hesaplaması yapılacaktır. Yakıtın azaldığı durumda görevini icra etmekte olan İHA'nın başlangıç noktasına güvenle dönüp iniş yapabilmesi için yeterli yakıt seviyesine sahip olup olmadığı bu yolla sürekli olarak kontrol edilecektir.

Şartnamede paylaşılan formülden İHA'arın yakıtlarını maksimum verimle kullanabilecekleri ve uçuş kontrol modülünde hesaplanan gerçek hızın *60 knot* olduğu anlaşılmaktadır. İHA'lar görevleri icrasında çoğunlukla bu hız bandında seyredeceklerdir.

3.7. İHA Uçuş Kontrol Tasarım Çözümü

Formasyon takibi, yeni formasyon oluşturulması, telekom ve yaralı nakil görevlerinin icrası, çarpışma önleme, yasak bölgelerden kaçış gibi tüm sürü hareketleri bu modül üzerinden kontrol edilecektir.

Ortam içinde gidilmesi/bulunulması gereken konuma (yaralı konumu, hastane konumu vb.) uygun *x_speed*, *y_speed*, *heading* ve *altitude* parametreleri hesaplanacak ve hesaplanan yeni değerler ile ilgili portlar üzerinden İHA'ların kontrolleri sağlanacaktır.

Belirlenen yön, hız ve irtifa hesaplama metotları tüm İHA'lar için aynı olacak ve bağlantı durumundaki her bir İHA (*active_uav*) için algoritma tarafından ayrı ayrı çalıştırılacaktır.

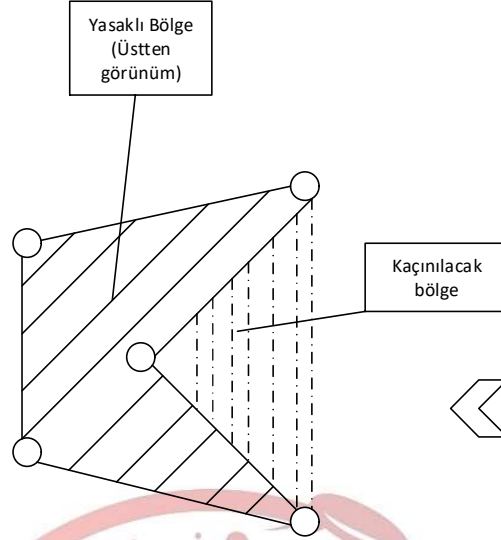
3.8. Yasaklı Bölge ve Çarpışmalardan Kaçınma Tasarım Çözümü

Görevler ifa edilirken senaryo dünyasındaki sabitlerle (*special_assets*) çarpışma yaşamamak adına YGK tarafından konum ve yükseklik bilgileri paylaşılan bu sabitlerin güvenli şekilde geçilebilmesi için çarpışma önleme metotları oluşturulmuştur.

Sabitlere yaklaşan İHA öncelikle kendi konumuyla hareket doğrultusundaki sabitlerin yüksekliklerini karşılaştırarak irtifası kurtarıyorsa seyrine devam edecek; aksi halde belirlenecek bir sınır dâhilinde yükselerek binayı aşma yoluna, yahut -etraftaki diğer sabitleri de dikkate alarak- etrafından dolaşma yoluna gidecektir.

Senaryoda verilecek uçuşa yasaklı bölge (*denied_zones*) köşe koordinatları geometrik olarak anlamlı hale getirilecek konveks yahut konkav olduğu anlaşılacak olan yükseklik kısıtsız bölge etrafından dolaşarak bu bölge/bölgeler geçilecektir.

Yasaklı bölgenin içbükey olması halinde İHA'ların manevra yaparak bu bölgeden kaçmalarının zor olacağı düşünülerek en dıştaki koordinat noktaları birleştirilecek, sanal bir engel yoluyla yasaklı alan genişletilecektir.



İç bükey yasaklı bölge örnek gösterim

Yasaklı bölgelerin yanında senaryo ortamında sürü üyelerinin hareket ettiği her an birbirleriyle ve senaryo ortamı sabitleriyle çarpışmalarının önüne geçilmesi adına güvenli mesafe kontrolü yapan kod bloğu sürekli devrede olacak ve uçuş kontrol modülü tarafından İHA'ların hız ve irtifa verilerine algoritma tarafından müdahalede bulunulması sağlanacaktır.



4. Referanslar

^[1] *Cavalry to the Rescue; Drones Fleet to Help Rescuers Operations over Disasters Scenarios*, November 2014

^[2] *Report of the Defense Science Board, Summer Study on Autonomy*, June 2016.

^[3] *Swarm of UAVs: Search & Rescue Operation in Chaotic Ship Wakes*, Master Thesis by Ehsan Ebrahimi-Oskoei, KTH Royal Institute of Technology, April 2014

Formasyon oluşturma modülünde faydalanılan kaynaklar:

A Hybrid Approach for 3D Formation Control in a Swarm of UAVs using ROS, December 2017

An Operation Time Simulation Framework for UAV Swarm Configuration and Mission Planning, 2013

Decentralized Cooperative Aerial Surveillance using Fixed-Wing Mi, July 2006

Distributed Algorithms Design for Zebro Swarming, August 2017[Book]

Yaralı kurtarma modülü tasarım çözümünde faydalanılan kaynaklar:

Cavalry to the Rescue; Drones Fleet to Help Rescuers Operations over Disasters Scenarios, November 2014

İletişim modülü tasarım çözümünde faydalanılan kaynaklar:

Network Topology Design for UAV Swarming with Wind Gusts

Sürü görev dağılımı tasarım çözümünde kullanılan kaynaklar:

Swarm Control of UAVs for Cooperative Hunting with DDDAS, 2013

