

TEKNOFEST İSTANBUL

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

SÜRÜ İHA SİMÜLASYON YARIŞMASI

ÖN TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: ANKA

**TAKIM ÜYELERİ: Emre Can AVCIL, Ali Rıza ERESE,
İremnur KULAKSIZ, Utku SAVAŞ**

DANIŞMAN ADI: Dr. Mustafa ÖZUYSAL

İçindekiler

1. Yönetici Özeti.....	3
2. Proje Yönetimi.....	3
2.1. Proje Organizasyonu.....	3
2.2. Takım Bilgilendirmesi.....	3
2.3. Proje Takvimi.....	4
3. Görev Gereksinimleri.....	4
3.1. Alan Tarama ve Kazazede Tespiti	5
3.2. Yaralı Nakil Problemi.....	5
3.3. Kazazede Telekomünikasyon Hizmeti.....	5
3.4. Yasaklı Bölgeler ve Yüksek Binalar	5
3.5. İHA Uçuş ve Yakıt Kontrolü.....	6
3.6. Formasyon Uçuş Görevi	6
4. Tasarım Çözümü.....	6
4.1. Alan Tarama ve Kazazede Tespiti	6
4.2. Yaralı Nakil Problemi.....	8
4.3. Kazazede Telekomünikasyon Hizmeti.....	9
4.4. Yasaklı Bölgeler ve Yüksek Binalar	9
4.5. İHA Uçuş ve Yakıt Kontrolü.....	10
4.6. Formasyon Uçuş Görevi	11
5. Referanslar.....	14

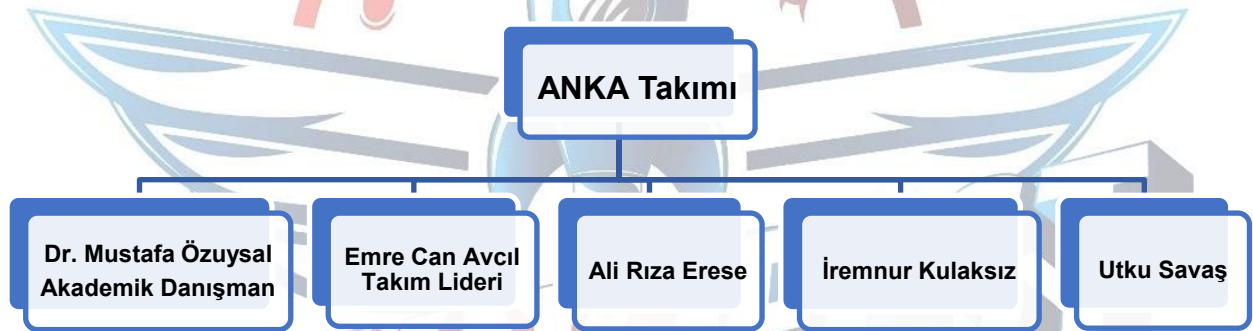
1. Yönetici Özeti

Bu rapor, 2019 TEKNOFEST İstanbul Sürü İnsansız Hava Aracı (İHA) Simülasyon Yarışması için ANKA ekibi tarafından hazırlanmıştır. Yarışma şartnamesi ve örnek rapor formatı kapsamında; Sürü İHA Simülasyon Yarışması için gerekli olan görev tanımları, görev gereksinimleri, literatür taramaları, güncel kullanım konseptleri, algoritma tasarım kararları, algoritma tasarım alternatiflerini sunmaktadır.

ANKA ekibi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nün bilgisayar mühendisliği ile elektronik ve haberleşme mühendisliği lisans öğrencilerinden oluşmaktadır. Takımın amacı, yarışmanın görev kapsamında belirlenmiş hususların gereksinimlerini karşılayacak ve sürü kabiliyetleriyle (görev paylaşımı, yedekleme ve birbirini tamamlama esaslı olarak) çalışan, İHA davranış modelleri geliştirmektir. Bu doğrultuda, uygun bir en iyileme konsepti oluşturmak, rapor ve İHA simülasyon görevlerinden en çok puanı almak olacaktır.

2. Proje Yönetimi

2.1. Proje Organizasyonu



Tablo 1: ANKA Takımı Proje Organizasyonu

2.2. Takım Bilgilendirmesi

Takımın akademik danışmanı, Mustafa Özuysal yüksek lisans derecesini ODTÜ Görü Laboratuvarı'ndan, doktora derecesini ise Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Bilgisayarla Görü Laboratuvarı'ndan aldı. Şuanda İYTE Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde doktor öğretim üyesidir.

Takım üyeleri ise, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde lisans eğitimi devam eden 4 öğrenciden oluşmaktadır. Bilgisayar Mühendisliği 3. sınıf öğrencileri İremnur Kulaksız ve Utku Savaş, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği 3. sınıf öğrencileri Emre Can Avcıl ve Ali Rıza Erese, yaklaşık 2 senedir insansız hava araçları hakkında donanımsal ve sürü insansız hava araçlarının koordinasyonu için yazılımsal projelerde yer almaktadır. Takımda yer alan İremnur Kulaksız ve Emre Can Avcıl geçen sene ilk kez düzenlenen 2018 TEKNOFEST İstanbul Sürü İHA üniversite ve üzeri kategorisinde 3.lük ödülü alan IZTECH OnAir takımında da yer almıştır. Ekip üyeleri makine öğrenmesi, görüntü işleme, görüntü anlamlandırma ve yapay zekâ konularında kendilerini geliştirmeye devam etmektedirler.

2.3. Proje Takvimi

	Şubat- Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Yarışma başvurusu							
Simülasyon Ortamının Kurulumu							
Algoritma Geliştirme							
Literatür taraması							
Raporlama - Video ve Kaynak Kod Teslimi							
Simülasyon Testleri							
TEKNOFEST Yarışması							

Tablo 2: ANKA Takımı Proje Takvimi

3. Görev Gereksinimleri

TEKNOFEST Sürü İHA Simülasyon Yarışması kapsamında istenilen ve kısıtlanan bazı durumlar aşağıda verilmiştir. İHA'lar için rota ve hareket karar algoritması oluşturulurken aşağıdaki hususlar da dikkate alınmıştır.

- Birden fazla sayıda İHA kullanılarak, İHA'lar arasında görev ve alan paylaşımı yapılmalıdır.
- Her bir İHA'nın tek seferde telekomünikasyon hizmeti verebileceği insan sayısı ve alanı kısıtlıdır.
- İHA'ların iletişim menzilleri kısıtlıdır. Bir İHA kendi iletişim menzilinin içinde kalan diğer İHA'ların verilerine yarışma YGK'sı üzerinden erişebilir. Bunun yanında kendi iletişim menzili içerisindeki İHA'lar vasıtası ile kendi iletişim menzili içerisinde olmayan İHA'ların bilgilerini ve hastane bilgilerini de yarışma YGK'sı üzerinden alabilir.
- İHA'lar, tek seferde yalnızca bir yaralıyı hastaneye taşıyabilir. Ama alamadıkları yaralıların bilgilerini kendi yerel depolama birimlerinde saklayıp, o konuma geri dönüp kalan yaralıları hastaneye taşıyabilir.
- İHA'ların yakıtları kısıtlıdır. Taranacak alan boyutları senaryoya göre değişkendir. Bu sebeple İHA'ların yakıt tüketimini optimize edecek şekilde uçuş rotaları belirlenmelidir.
- İHA'lar üzerindeki kameraların, görüş alanının kısıtlı olması ve arazide yüksek binaların bulunması irtifayı da önemli bir parametre haline getirmektedir.

3.1 Alan Tarama ve Kazazede Tespiti

Alan tarama probleminde amaç; boyutları bilinen bir arazide yasaklı bölgelerin üzerinden geçmeden, mümkün olduğunca çok kazazedenin koordinatlarını en kısa sürede tespit etmektir. Böylece İHA'ların hareketleri planlanırken İHA'ların bir kısmı kazazedelere telekomünikasyon hizmeti vermek için, bir kısmı da yaralı olan kazazedelerin civarda bulunan en yakındaki uygun hastaneye taşınması için görevlendirilir. Genel kapsamda, sürü İHA'lar için taranacak alanın kendi aralarında paylaştırılması ve güzergâhlar belirlenirken mümkün olduğunca birbiri ile kesişmeyen, zorunlu haller dışında taranmış bölgelerin en az sayıda tekrar edildiği, fakat görev sonucunda yasak bölgeler haricindeki tüm alanı taramaya yönelik algoritmaların oluşturulmasıdır.

3.2 Yaralı Nakil Problemi

Yaralı nakil problemindeki amaç sınırları belirlenmiş bir deprem bölgesinde kazazede araması yapıp, tespit edilen kazazedeleri en yakın hastane noktasına İHA yardımı ile götürmektir. Yaralı nakil problemindeki önemli noktalar, en kısa sürede ve en fazla sayıda kazazedeyi hastane noktalarına taşımaktır. Bu amacı gerçekleştirirken hastanenin doluluk oranı, İHA'nın yaralı taşıyıp taşımadığı ve İHA'nın hastaneye olan uzaklığı önemli birer kıstastır.

3.3 Kazazede Telekomünikasyon Hizmeti

Her İHA üzerinde bir baz istasyonu bulunmaktadır. İHA'lar deprem bölgesine girdikten sonra, onlardan kazazedelere telekomünikasyon hizmeti sağlıyor olması beklenir. Bir İHA'nın telekomünikasyon hizmeti verebileceği azami kazazede sayısı; oturma başlangıcındaki kazazede sayısının, oturma başlangıcındaki İHA sayısına oranının bir üstteki tam sayıya yuvarlanması ile bulunur. Yani her İHA kısıtlı sayıda kazazedeye anlık olarak telekomünikasyon hizmeti verebilir. Bir İHA'nın telekomünikasyon hizmeti için yetersiz kaldığı durumlarda, başka İHA'ların da o bölgede hizmet vermesi gerekir. Bununla beraber, İHA'ların irtifasının, senaryo başlangıcında belirtilmiş olan telekomünikasyon hizmeti adına asgari ve azami irtifalarının arasında olması gerekir. Tüm bunların yanında, arazi içindeki kazazede sayısı bilinmediği için bir İHA'nın telekomünikasyon hizmeti verebileceği azami kazazede sayısının, başka çıkarımlarla bulunması gerekir.

3.4 Yasaklı Bölgeler ve Yüksek Binalar

Alan taraması yaparken İHA'ların arazide dikkat etmesi gereken bölgeler bulunmaktadır. Bu bölgeler, yarışma kapsamında yasaklı bölge olarak belirlenmiş alanlar ve İHA'ların rotasını zorlaştıran yüksek binalardır. Yasaklı bölgeler, İHA'ların üzerinde uçmasının yasak olduğu alanları temsil eder; yüksek binalardaki sorun ise bu binaların İHA'ların güzergâhlarında olmaları durumunda çarpışma riski olmasıdır. İHA kaybetme lüksümüz olmadığı için yasaklı bölge ve yüksek binalardan kaçınma algoritması geliştirilmesi gerekmektedir.

3.5 İHA Uçuş ve Yakıt Kontrolü

İHA'lar görev süreleri boyunca yakıt sarf etmektedir. Anlık yakıt tüketim miktarı, İHA'ların anlık hız değerine göre değişmektedir. İHA'lar, yakıt rezervleri tükendiğinde düşecektir. Bu yüzden yakıtları tükenmeden önce havaalanına iniş yapmalıdır. Temelde senaryo süresini belirleyen ana etmen kalan yakıt miktarlarıdır. Görevlerin başarılı bir şekilde yerine getirilebilmesi için İHA'ların yakıtlarını en verimli şekilde kullanmaları gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için en iyileme algoritmaları kullanarak; İHA'nın görevi, stratejik durumu, anlık yakıt tüketimi, yarışma alanının boyutları, haberleşme ve telekomünikasyon menzil bilgileri de dikkate alınarak; en uzun görev süresi elde edilmelidir.

3.6 Formasyon Uçuş Görevi

TEKNOFEST Sürü İHA Simülasyon Yarışması kapsamında, İHA sürüsünün senaryo başlangıcında kılavuz hava aracını takip etmesi beklenmektedir. Bu takip esnasında İHA'ların "ok başı" veya "dikdörtgen prizma" olmak üzere iki farklı formasyonda uçabilmesi gerekir. Hangi formasyonda uçulacağına bilgisi, yarışma YGK'sı üzerinden "uav_formation" - "type" başlığı altında yayınlanır. Formasyon uçuşu boyunca İHA'ların formasyon değişimi sırasında, İHA'ların bulunması gereken koordinatlara olabilecek en kısa sürede varmaları ve bunu yaparken çarpışmalarını önemi birer husustur.

4. Tasarım Çözümü

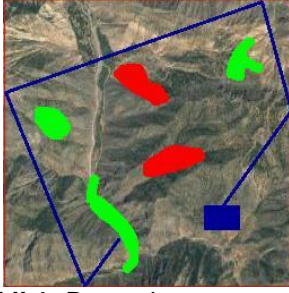
4.1 Alan Tarama ve Kazazede Tespiti

İHA'ların öncelikli görevi, kazazede konumlarını İHA'ların yakıt kapasiteleri ve çeşitli menzil kısıtlamaları kapsamında en kısa sürede tespit etmektir. Literatürde bu tarz hedef konumların İHA'larla tespit edilebilmesi için; mevcut alanı rastgele arama, hat tabanlı arama ve grid tabanlı arama gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. (Aydemir,2014)

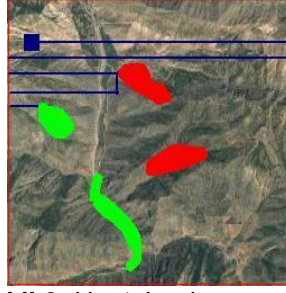
Rastgele arama yönteminde; İHA'lar giriş veri kümesinden rastgele üretilen kombinasyonlar ile kendilerine rastgele bir istikamet açısı seçer ve bu açıyla bölgenin sınırına kadar ilerler. Sınıra geldiklerinde yeni bir açı belirleyerek aramaya devam ederler. Kazazede tespit edilinceye kadar rastgele kombinasyon üretimi, açı seçimi ve tarama işlemi devam eder.

Hat tabanlı arama yönteminde; taranacak alan İHA'nın sensörden okuyabildiği yüzey genişliği kadarlık hatlara ayrılır. İHA'lar, birbirlerinin yol güzergâhları ile çakışmadan hatların merkez çizgisini takip ederek tarama işlemini yürütür.

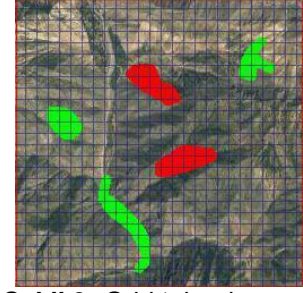
Grid tabanlı arama yönteminde; taranacak alan İHA'nın sensör genişliği kadarlık ızgaralara (gridlere) ayrılır. Grid yapılı ortamlarda, aynı sıra tabanlı strateji oyunlarında olduğu gibi İHA'ların bir birim zamanda aşağı, yukarı, sola, sağa veya yerine göre çapraz bir harekette bulunacağı değerlendirilmektedir.



Şekil 1: Rastgele arama yöntemi



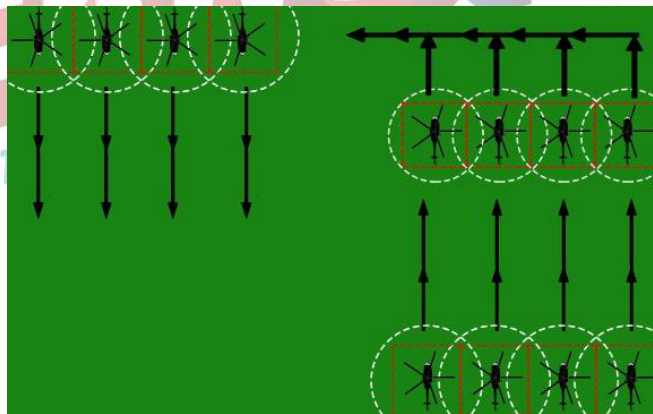
Şekil 2: Hat tabanlı arama yöntemi



Şekil 3: Grid tabanlı arama

Yukarıdaki arama yöntemleri temsillerinde; mavi renkli dikdörtgen alan İHA'lar için kalkış alanını, mavi renkli yollar İHA'ların temsili rota planını, yeşil renkli bölgeler temsili yoğun kazazede konumlarını, kırmızı renkli bölgeler ise İHA'lar için gidilmesi tehlikeli (yüksek irtifa, iletişim menzili dışı vb. alan) veya yasak bölgeleri temsil etmektedir. Aynı arazi için birden çok İHA'nın görev aldığı operasyonlarda, alan taramaya yönelik algoritmalar geliştirilirken İHA'lara daha öncesinde taradıkları bölgeden tekrar geçme/geçmeme izni verilebilir. Tekrar geçme izni verildiğinde, sanıldığı aksine genellikle algoritmaların görev için daha etkili sonuçlar oluşturduğu gözlemlenmiştir (Hazon & Kaminka, 2005).

TEKNOFEST Sürü İHA Simülasyon Yarışması kapsamında geliştirmiş olduğumuz algorithmada, İHA'lar formasyon uçuş bölgesinden çıktıktan sonra yatay ekseninde yan yana dizilir. Şekil 4'te sürünün alan tarama esnasındaki temsili konumlanması gösterilmiştir. Bu formasyon ile taranacak olan araziye, İHA sayısına göre hatlara ayırıp her bir İHA için ayrı tarama güzergâhları oluşturulur. Formasyonun iki uç kısmında kalan İHA'lar en az bir adet, diğer tüm İHA'lar en az iki adet İHA ile iletişim menziline olacak şekilde konumlandırılır. Alan tarama esnasında, İHA'ların telekomünikasyon ve kamera menzillerinden en fazla oranda yararlanılabilmesi için, İHA'lar birbirlerinin telekomünikasyon ve görüş menzilleri en az çakışacak şekilde paralel doğrular çizerek uçacaktır.



Şekil 4: Temsili sürü alan taraması

Ayrıca, sürü deprem bölgesinin sınırlarına geldiğinde, İHA'lar sınıra paralel bir doğrultu üzerinde bir sonraki hat kümesine geçerler, "heading" açısına 180 derece eklenir ve sürü bir sonraki sınıra gelene kadar yollarına devam eder. Sürünün deprem bölgesi sınırlarına geldiğinde nasıl bir hareket planı izleyeceği Şekil 4'te gösterilmiştir.

Alan tarama esnasında kazazede tespiti durumunda neler yapılacağı ise “Yaralı Nakil Problemi” ve “Kazazede Telekom Hizmeti” başlıklarında anlatılmıştır. Ayrıca yakıt kontrolü ve yasaklı bölge manevraları, ilgili bölümlerde anlatılmıştır.

4.2 Yaralı Nakil Problemi

Hat tabanlı arama esnasında İHA'lardan herhangi biri, yaralı bir kazazede görürse sürüden ayrılır. Ayrılan İHA, belli bir süre yatay eksenlerdeki hızlarını sıfırlar ve ortam parametresinden alınan "injured_pick_up_height" yüksekliğine alçalıp kazazedeyi bulunduğu yerden alır. Kazazedenin alınmasından sonra, İHA sahip olduğu hastane koordinatları içinden dolu olmayan ve ona en yakın olanını hedef koordinat olarak belirler ve rotasını o hastaneye doğru ayarlar. Hastaneye giderken bir yandan alan taraması yapmaya da devam eder. Böylece yol üstünde gördüğü başka kazazedeler hakkında da yaralı olma/olmama, koordinat ve tespit edilme zamanı gibi bilgileri yerel hafızasında depolar. Hastane noktasına ulaştığında "injured_release_height" yüksekliğine alçalıp, kazazedeyi hastane alanına bırakır. Yaralının alınması ve bırakılması için gereken süreleri de paylaşılan ortam parametrelerinden alınır. Eğer, en başta yaralı kazazedenin alındığı konumun yakınlarında başka yaralılar da varsa, İHA geriye dönerek diğerlerinin de hastaneye taşınmasını sağlar.

Sürü, tüm bunlar gerçekleşirken yoluna devam eder. Ayrılan İHA'nın, kol uçuşunda yanında uçuş yapan diğer iki İHA'dan biri onun yerini doldurur. Sonra bu yeri boşalan İHA'nın yeri bir diğer yanındaki İHA tarafından doldurulur ve böyle devam eder. Bu sayede bir İHA eksilmiş olsa da, hatlar arasında boşluk olmaz ve sürü yine de formasyonu biçimini korur.

İHA, görüş menzili içinde birden fazla sayıda yaralı kazazede tespit ederse; yaralıları hastaneye götürüp daha sonrasında iniş pistine geri dönebilecek miktardan daha fazla yakıtı sahip ise tüm bu yaralıları kendi başına taşır. Ancak bu yakıt miktarına sahip değilse yaralıyı almak için hemen "injured_pick_up_height" yüksekliğine alçalmaz. Öncelikle, kendisinin ve diğer sürü üyelerinin de bulunduğu yükseklikten 2 metre aşağı bir yüksekliğe konumlanır. Bir müddet bu yükseklikte bulunup sonra yaralıyı almak için bulunması gereken "injured_pick_up_height" yüksekliğine alçalır. Bu durumda, kol uçuşunda yanında uçuş yapan diğer iki İHA'dan biri onun yerini doldurur, bir diğeri ise onunla beraber yaralıları almak için yakın bir konumda "injured_pick_up_height" yüksekliğine alçalır. Yaralıların hastaneye taşınmasında birlikte görev alırlar. Sürüdeki diğer İHA'lar ayrılan bu iki İHA'nın yerini doldurarak, formasyona iki İHA eksik devam eder.

Yaralı kazazedeleri hastane noktalarına taşımak için sürüden ayrılan İHA'lar, geride taşıyacak yaralı bulunmadığında sürüye tekrar katılır. Bunun için tüm işlemleri boyunca geçen süreye bağlı olarak sürünün güncel olası konumunu hesaplar ve sürünün koşu yolunu hedef alarak sürüye doğru hareket eder. Bu hareket esnasında yaralı bir kazazede ya da telekomünikasyon hizmeti verebileceği kazazedeler görülürse, sürüye katılma görevi sekteye uğratılarak bu görevler icra edilir.

Sürüdeki bütün İHA'ların telekomünikasyon hizmetini vermemesi adına taranmamış bölgeye en yakın İHA, sadece yaralı taşıma görevine atanır.

Yaralı nakil problemindeki tüm bu kararlar verilirken her İHA bazında anlık olarak sahip olduğu yakıt rezervi göz önüne alınır, yasaklı alan ve yüksek binalardan kaçınma algoritmaları uygulanır.

4.3 Kazazede Telekomünikasyon Hizmeti

“THVKS_{azami}” bir İHA'nın anlık olarak telekomünikasyon hizmeti verebileceği azami kazazede sayısıdır. “THVKS_{azami}” 'nin hesaplandığı formülde, arazi içindeki toplam kazazede sayısı değişkeni bilinmemektedir. Bir İHA'nın kaç kazazededen sonra telekomünikasyon hizmeti için yetersiz kalacağını öngörebilmek için İHA'nın kamera görüntüsünden anlık tespit ettiği kazazede sayısı ve anlık telekomünikasyon hizmeti verdiği kazazede sayısı “telecom_served_people_count” karşılaştırılır. Eğer kameradan anlık tespit edilen kazazede sayısı, anlık hizmet verilen kazazede sayısından fazla ise telekomünikasyon hizmeti için ayrılmış olan İHA sayısı artırılır.

İHA'nın kamera görüntüsünden anlık tespit ettiği kazazede sayısı, anlık telekomünikasyon hizmeti verdiği kazazede sayısından küçük ya da eşitse ve daha önceden belirlenmiş bir eşik değerinden büyükse, bir İHA buradaki insan topluluğuna telekomünikasyon hizmeti vermek için yeterli varsayılır. Kamera görüntüsünden tespit etmiş olduğu kazazedelerin konumlarının merkez noktasını referans olarak kazazedelerin üstlerinde daire çizer. Bu sayede hem telekomünikasyon hizmeti verilmeye devam eder hem de anlık yakıt tüketimi azaltılır.

Sürü, tüm bunlar gerçekleşirken yoluna devam eder. Sürüden ayrılan İHA'nın, kol uçuşunda yanında uçuş yapan diğer iki İHA'dan biri onun yerini doldurur. Sonra bu yeri boşalan İHA'nın yeri bir diğer yanındaki İHA tarafından doldurulur ve böyle devam eder. Bu sayede bir İHA eksilmiş olsa da, hatlar arasında boşluk olmaz ve sürü yine de formasyon biçimini korur.

İHA'nın kamera görüntüsünden anlık tespit ettiği kazazede sayısı, anlık telekomünikasyon hizmeti verdiği kazazede sayısından büyükse, telekomünikasyon hizmet menzili içinde THVKS_{azami} değerinin %135'inden daha fazla sayıda kazazede görürse, sürüden ayrılır. Ayrılan İHA, belli bir süre yatay eksenlerdeki hızlarını sıfırlar, kendisinin ve diğer sürü üyelerinin de bulunduğu yükseklikten 1 metre aşağıdaki bir yüksekliğe konumlanır. İHA, bir müddet bu yükseklikte bulunur. Kamera görüntüsünden tespit etmiş olduğu kazazedelerin konumlarının merkez noktasını referans olarak kazazedelerin üstlerinde daire çizer. Bu durumda, kol uçuşunda yanında uçuş yapan diğer iki İHA'dan biri onun yerini doldurur, bir diğeri ise onunla beraber telekomünikasyon hizmeti vermek için aynı noktayı merkez olarak daire çizer. İki İHA'nın aralarındaki mesafe telekomünikasyon menzilinin çapı kadardır. Telekomünikasyon hizmetinde birlikte görev alırlar. Sürüdeki diğer İHA'lar ayrılan bu iki İHA'nın yerini doldurarak, formasyona iki İHA eksik devam eder.

Kazazedelere telekomünikasyon hizmeti vermek için alınan bu kararlar esnasında her İHA bazında anlık olarak sahip olduğu yakıt rezervi göz önüne alınır.

4.4 Yasaklı Bölgeler ve Yüksek Binalar

Yasaklı bölgelerden kaçınma için, senaryonun başlangıcında yasaklı alanların köşelerine ait X-Y koordinatları alınır. Bu koordinatlar kullanılarak İHA'ların üstünden geçmemesi gereken konkav çokgen alanlar belirlenir. Tedbir amaçlı çokgen alanının sınırları beşer metre genişletilir. İHA ile hedef konumu arasına yasaklı bir bölge girdiğinde; İHA ile hedef konum doğrultusunda, İHA'ya en yakın olan yasaklı bölge sınırındaki konum işaretlenir. İşaretli konum ile hedef konum arasında yasaklı bölge bulunmayıncaya kadar yasaklı bölge sınırında konumlar işaretlenir. İşaretli konum ile hedef konum

arasında yasaklı bölge bulunmadığında hedef konum işaretlenir. İHA, doğrudan gidebildiği (bulunduğu konumdan, başka işaretli konumlara uğramadan ulaştığı) en uzak işaretli konumu asıl hedef olarak belirler. İHA yasaklı bölgeye gelmeden önce ulaşmaya çalıştığı hedef konuma varıncaya dek bu işlemi tekrarlar. Bu sayede hem yasaklı alana girmemiş olur hem de daha kısa bir mesafe kat eder. Yukarıda anlatılmış olan karar yapısı **Şekil 5**'te gösterilmiştir. Şekil üzerinde, yıldız hedef konumu, kırmızı bölge yasak bölgeyi, beyaz kesikli çizgi İHA ile hedefi arasındaki kuş uçuşu doğrultuyu, beyaz çarpılar yasak bölge sınırında işaretlenmiş konumları ve mavi oklar hesaplanan sonucunda İHA'nın hedef konuma ulaşması için oluşturulmuş rotayı gösterir.



Şekil 5: Yasak bölge uçuşu

Yüksek binalardan kaçınma için, İHA'lar öncelikle rotasının keşiştiği binanın yüksekliğine bakar. Binanın yüksekliği ile İHA'nın o anki yüksekliği karşılaştırılıp kaçınma için uygun olan kaçınma algoritması belirlenir. Eğer İHA'nın binanın çevresinden dolaşması, binanın üstünden geçmesine göre yakıt bakımından daha tasarruflu olacak ise o rota seçilir. Eğer harcayacağı yakıt miktarı binanın etrafından dolaşmasına göre daha az yakıt harcayacak ise yükseklik artırıp-azaltma işlemi gerçekleştirir. İHA yüksek binadan kaçındıktan sonra eski rotasına devam eder.

4.5 İHA Uçuş ve Yakıt Kontrolü

Telekomünikasyon hizmeti ve yaralı taşıma görevlerinin en önemli keşişim noktası yakıt optimizasyonudur. Bu optimizasyonu sağlayabilmek için gidilmek istenen konum ile bulunan konum arasındaki mesafe ve "heading" açısı hesaplanır. **Şekil 7**'de bu hesaplamaların nasıl olacağı gösterilmiştir. İHA'nın "heading" açısı, gidilecek konuma çevrilir. Yakıt tüketimi karakteristiği ve **Şekil 6**'daki formül dikkate alınarak optimum hız değeri 60 olarak belirlenmiştir. Bu noktada İHA harekete başlamadan önce, kalan yakıtı ile görevi gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğini ve iniş pistine dönüp dönemeyeceğini hesaplar. Eğer yakıtı yeterliyse harekete başlar. Aksi takdirde farklı bir karar alınır.

$$f(v) = \frac{(v - 60)^2}{9} + 500$$

Şekil 6: Yakıt tüketimi formülü

```

2 """
3 @DEFINITIONS
4 n_x, n_y => gidilecek koordinatlar(new x, new y)
5 c_x, c_y => şu anki koordinatlar(current x, current y)
6 x_d, y_d, r_d => aradaki mesafeler (x distance, y distance, real distance)
7 t => İHA'nın yeni heading açısı
8 Uzaklık metre cinsinden alınmıştır
9 Hızlar m/sn olarak verilmiştir (Sonradan kontrol edilecek!)
10 """
11
12 import math
13
14 def calculate_distance(c_x, c_y, n_x, n_y):
15     return n_x - c_x, n_y - c_y, \
16         ((n_x - c_x)**2 + (n_y - c_y)**2)**0.5
17
18 def calculate_heading_and_speed(c_x, c_y, n_x, n_y):
19     x_d, y_d, r_d = calculate_distance(c_x, c_y, n_x, n_y)
20
21     t = y_d / x_d
22
23     if (r_d < 20):
24         return t, 0
25
26     return math.atan(t), 60

```

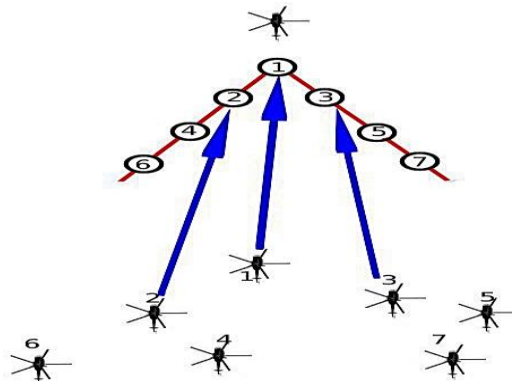
Şekil 7: "heading" değişkeni hesaplayıcısı

4.6 Formasyon Uçuş Görevi

Formasyon uçuş görevi, yarışmada başarılı olabilmek için gerekli ve önemli bir unsurdur. Başarılı bir formasyon uçuşu için, formasyon uçuşunda İHA'ların bulunması gereken koordinatlarının (düğüm noktaları) doğru şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için YGK'dan gelen formasyon parametreleri, İHA'ların konumları, kılavuz İHA'nın konumu, "heading"i ve hızı kullanılarak, formasyondaki düğüm noktalarının hesaplanmasına dair bir algoritma oluşturduk ve geliştirmeye devam ediyoruz.

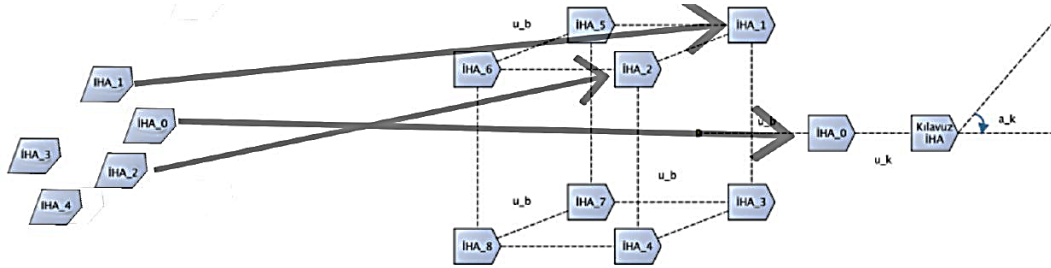
Geliştirilen bu algoritma, düğüm noktalarına hangi İHA'ların geleceğine karar verir. Bu algoritma her İHA'nın betiğinde ayrı ayrı çalışarak her İHA'ya, hangi İHA'nın hangi konumda olması gerektiği bilgisini döndürecektir.

- Formasyon parametreleri ve kılavuz İHA bilgileri ile sürü İHA'larının bulunması gereken düğüm noktaları hesaplanır.
- Ok başı formasyonu için düğüm noktaları arasından kılavuz İHA'ya en yakın olan nokta, "1" numara olarak etiketlenir ve sol öncelikli olarak her sıradaki düğüm numaralandırılmaya devam eder.



Şekil 8: Ok başı formasyonu temsili İHA konumları belirleme

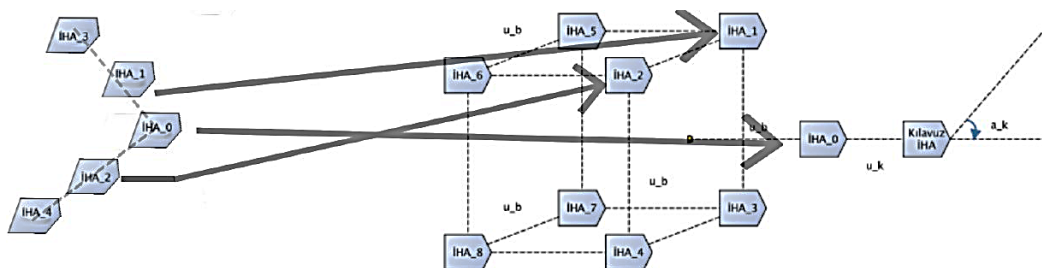
- Dikdörtgen prizma formasyonu için düğüm noktaları arasında kılavuz İHA'ya en yakın olan nokta, "1" numara olarak etiketlenir ve öncelik sıralaması sol üst-sağ üst-sol alt-sağ alt düğüm olacak şekilde her sıradaki düğüm numaralandırılmaya devam eder.
- Tek tek her bir düğüm noktası için, o düğüm noktasına en yakın olan İHA atanır.



Şekil 9: Dikdörtgen prizma formasyonu temsili İHA konumları belirleme

Ok başı formasyonundan dikdörtgen prizma formasyonuna geçiş yapılırken, ok başı formasyonunun başında bulunan İHA, "0" olarak numaralandırılır. Ok başındaki İHA'dan başlayarak her bir İHA'nın ok başındaki İHA'ya olan uzaklığı hesaplanır. Bulunan uzaklıklar u_b değerine bölünür, bölüm sonucu çıkan değerlere göre İHA'lar tek veya çift olarak sınıflandırılır. Tek sınıfına ait olan İHA'ların görevi, formasyon dönüşümü esnasında baştaki İHA'nın bulunduğu "altitude" değerinde $u_b/2$ değeri kadar yükselmektir. Çift sınıfına ait olan İHA'ların görevi ise baştaki İHA'nın bulunduğu "altitude" değerinden $u_b/2$ değeri kadar alçalmaktır.

Dönüşümü gerçekleştirmek için her bir İHA ait olduğu sınıfı belirler. Sınıflandırma bittikten sonra "0" numaralı İHA'ya olan uzaklığını (d_i) kullanarak hangi konumda bulunması gerektiğini bulur. Her bir İHA, d_i değerini kullanarak $(\text{floor}(((d_i - u_b)/(2 * u_b))) + 1) * u_b$ formülüne göre dikdörtgen formasyon uçuşunda bulunması gereken x koordinatını hesaplar. Gitmesi gereken y koordinatını hesaplamak için ok başında bulunduğu y koordinatından, "0" numaralı İHA'nın y koordinatını çıkarır. Çıkan değer negatif ise dikdörtgen prizma formasyon uçuşundaki "0" numaralı İHA'nın bulunduğu y koordinat değerinden $u_b/2$ değerini çıkarır. Eğer çıkarma işlemi sonucu pozitif ise dikdörtgen prizma formasyon uçuşundaki 0 numaralı İHA'nın bulunduğu y koordinatı değerine, $u_b/2$ değeri ekleyerek bulunması gereken y koordinatını hesaplar. Gitmesi gereken x ve y koordinatlarını hesapladıktan sonra bulunduğu sınıfa bağlı olarak $u_b/2$ değeri kadar alçalır veya yükselir.



Şekil 10: Formasyonlar arası İHA'ların temsili geçişi

Dikdörtgen prizma formasyonundan ok başı formasyonuna geçiş yapılırken, "0" numaralı İHA kılavuz İHA ile arasındaki u_k mesafesini korur, konumunu değiştirmez. "1" numaralı İHA ve "2" numaralı İHA sırasıyla 2. ve 3. düğüme gidecektir. Bunun için İHA'lar $u_b/2$ kadar alçalmalı ve buldukları konuma göre $\pm(u_b \cdot \sin(a_b) - u_b/2)$ kadar sağa veya sola, $u_b - u_b \cdot \cos(a_b)$ kadar da ileri gitmelidirler. "3" ve "4" numaralı İHA'lar ise 4. ve 5. düğüme gitmek için $u_b/2$ kadar yükselmeli, $2 \cdot u_b \cdot \cos(a_b) - u_b$ kadar geri gitmeli ve $\pm(2 \cdot u_b \cdot \sin(a_b) - u_b/2)$ kadar da yanlara ilerlemelidirler. Aşağıda belirtilen formüller uygulanıp tüm İHA'lar ok başı formasyonuna geçer.

$$\text{yanal} : \pm(n \cdot (u_b) \cdot \sin(a_b) - (u_b/2))$$

$$\text{ileri-geri} : \pm(n \cdot (u_b) \cdot \cos(a_b) - (u_b))$$

$$\text{yükseklik} : \pm(u_b/2)$$



5. Referanslar

Aydemir, H., 2014., İnsansız Hava Araçlarında Rotalama Problemi için Simülasyon Tabanlı Karar Destek Sistemi, Doktora tezi, Kara Harp Okulu, 2014.

Hazon N. and G. A. Kaminka, "Redundancy, Efficiency and Robustness in Multi-Robot Coverage," Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Barcelona, Spain, pp. 735-741, 2005.

