

DRONE FİLO OPTİMİZASYONU

Ensar Akbaş
Bilişim Sistemleri Mühendisliği
Kocaeli Üniversitesi
ensar.akbas@gmail.com
+90 546 230 87 07

Berkay Yüce
Bilişim Sistemleri Mühendisliği
Kocaeli Üniversitesi
berkay.yce10@gmail.com
+90 551 971 89 07

Ahmet Ertuğrul Tuğ
Bilişim Sistemleri Mühendisliği
Kocaeli Üniversitesi
ertugrultug54@gmail.com
+90 551 552 67 43

Özet—Bu proje, farklı öncelik ve ağırlıklara sahip teslimatların, çok sayıda drone ile verimli, hızlı ve kısıtlara uygun şekilde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Drone teslimat sistemlerinin karşılaştığı başlıca sorunlar arasında sınırlı batarya kapasitesi, taşıma kısıtları, zaman pencereleri ve uçuşa yasak bölgeler gibi dinamik çevresel faktörler yer almaktadır. Bu kapsamda geliştirilen sistemde; teslimat noktaları arasında grafik yapısı oluşturulmuş, A* algoritması ile en kısa rotalar hesaplanmış, kısıtların kontrolü için CSP (Constraint Satisfaction Problem) modeli kullanılmış ve genel filo performansını artırmak amacıyla genetik algoritma uygulanmıştır. Farklı senaryolar üzerinden test edilen model, tamamlanan teslimat yüzdesi, enerji tüketimi ve çalışma süresi gibi performans kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Keywords—A* algoritması, CSP, filo performansı, genetik algoritma

I. GİRİŞ

Günümüzde otonom hava araçlarının (drone'ların) lojistik sektöründe kullanımı hızla artmaktadır. Özellikle şehir içi teslimatlarda, trafik gibi engelleri aşarak hızlı ve doğrudan teslimat gerçekleştirebilmeleri, drone'ları cazip hale getirmiştir. Ancak gerçek dünyadaki uygulamalarda, drone'ların sınırlı batarya kapasitesi, taşıyabileceği yük miktarı, dinamik hava sahası kısıtlamaları (no-fly zones) ve teslimatların zaman hassasiyeti gibi birçok faktör, rota planlamasını karmaşık hale getirmektedir. Bu proje, bu zorluklara çözüm sunan çok katmanlı bir algoritmik yaklaşım geliştirmeyi hedeflemektedir. A* algoritması ile rota planlama, CSP ile kısıt kontrolü ve genetik algoritma ile genel optimizasyon sağlanarak, hem bireysel rotaların geçerliliği hem de toplam filo performansı iyileştirilmiştir.

II. AMAÇ

Bu projenin temel amacı, bir drone filosunun farklı öncelik, ağırlık ve zaman aralığına sahip teslimatları, en kısa sürede ve enerji verimliliğini gözeterek gerçekleştirmesini sağlayan bir optimizasyon sistemi geliştirmektir. Sistem, hem bireysel rotaların geçerli olmasına hem de tüm filonun ortak performansının maksimize edilmesine odaklanmaktadır. Özellikle kısıtlı batarya kapasitesi, taşıma ağırlığı sınırı ve uçuşa yasak bölgeler gibi faktörlerin dikkate alındığı bir yapay zeka destekli planlama yapısı hedeflenmiştir.

III. YÖNTEM

Proje kapsamında çok aşamalı bir algoritmik çözüm geliştirilmiştir. İlk olarak, teslimat noktaları arasındaki mesafeleri ve bağlantıları modelleyen bir graf yapısı oluşturulmuştur. Bu graf, her teslimat noktasını bir düğüm (node) ve drone hareketlerini bir kenar (edge) olarak temsil eder. Kenar maliyetleri, mesafe, taşıma ağırlığı ve teslimat önceliği göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Ardından A* algoritması kullanılarak, her bir teslimat için en uygun (en kısa ve geçerli) rota hesaplanmıştır. A* algoritmasında heuristik olarak, hedefe olan öklidyen mesafe ve uçuşa yasak bölgelerden geçme durumunda uygulanacak ceza değerleri kullanılmıştır.

Her rotanın geçerliliği, batarya kapasitesi, paket ağırlığı, teslimatın zaman aralığı ve aktif uçuş yasağı bölgeleri gibi kısıtlar kullanılarak CSP (Constraint Satisfaction Problem) modeli ile denetlenmiştir. Bu kontroller ile geçersiz rotalar elenmiştir.

Son olarak, drone filosunun tüm teslimatlar üzerindeki görev dağılımını optimize etmek için genetik algoritma uygulanmıştır. GA; birey (çözüm) üretimi, çaprazlama (crossover), mutasyon ve seçim adımlarını içermekte olup, her bireyin uygunluğu (fitness) CSP ve A* algoritmaları aracılığıyla değerlendirilmiştir. Sistem, farklı senaryolar için çalıştırılmış ve performans metrikleriyle analiz edilmiştir.

IV. ALGORITMA ANALİZLERİ

A. Algoritmaların Karşılaştırılması (A* vs. GA)

Bu projede iki farklı algoritma farklı görevlerde kullanılmıştır. A* algoritması, her teslimat için en kısa geçerli rotayı bulmak amacıyla tercih edilmiştir. Ancak bu yöntem yalnızca bireysel rota optimizasyonu sağlamakta, tüm sistemin verimliliğini garanti edememektedir. Bu nedenle, tüm teslimat-drone eşleşmelerini değerlendirerek sistem çapında görev dağılımını en iyi hale getiren **Genetik Algoritma (GA)** kullanılmıştır. Böylece hem lokal hem de global düzeyde bir optimizasyon sağlanmıştır.

A* Algoritması

Amaç: Tek bir dronun A noktasından B noktasına en kısa geçerli rotayı bulması

Kapsam: Lokal çözüm – yalnızca tek rotaya odaklanır

Girdi: Graf, başlama ve varış noktası

Kısıt Denetimi: CSP modülü aracılığıyla batarya, zaman penceresi, no-fly zone kontrolü

Verim: Hızlı

Karakter: Bilgiye dayalı (informed search) – her adımda toplam maliyeti (g + h) en düşük olan düğümü seçer.

Kullanım Senaryosu: Tekli rota planlaması

A* algoritması, hem geçmiş yol maliyetini (g(n)) hem de hedefe olan tahmini uzaklığı (h(n)) göz önünde bulundurarak en uygun düğümü seçer. Bu yönüyle ağırlıklı algoritmalar

farklı olarak, doğru heuristikle kullanıldığında optimal çözüme ulaşma garantisi vardır.

Genetik Algoritma (GA)

Amaç: Tüm drone filosu için genel görev dağılımını optimize etmek

Kapsam: Global çözüm (tüm teslimatlar ve drone dağılımı)

Girdi: Teslimat listesi, drone listesi, no-fly zone'lar vs.

Kısıt Denetimi: CSP fonksiyonları içsel olarak çağrılır.

Verim: Daha yavaş ama genel olarak daha optimum

Karakter: Evrimsel

Kullanım Senaryosu: Çoklu görev dağılımı ve filo kontrolü

“Evrimsel” karakteri, GA’nın **yeni çözümler üretmek için rastgelelik ve doğaçlama** kullanmasından gelir. Çözüm garantisi olmasa da geniş çözüm uzayında verimli sonuçlar üretebilir.

B. Zaman Karmaşıklığı Analizi

Algoritmaların verimliliğini anlamak için zaman karmaşıklığı analizi yapılmıştır.

A* Algoritması

A* algoritması, yönlendirilmiş graf üzerinde arama yapan deterministik bir yöntemdir.

Zaman karmaşıklığı:

- ✓ $O(E + V \log V)$
- V: düğüm (node) sayısı (örneğin teslimat noktaları)
- E: kenar (edge) sayısı (bağlantılar)
- $\log V \rightarrow$ priority queue (min-heap) kullanıldığı için düğüm sıralama işlemleri logaritmik süre alır

Genetik Algoritma

Genetik algoritma, popülasyon temelli bir yöntemdir ve çok sayıda çözümün iteratif olarak değerlendirilmesini içerir. Zaman karmaşıklığı:

- ✓ $O(G \times P \times E)$
- G: toplam nesil (generation) sayısı
- P: her nesildeki birey (çözüm) sayısı
- E: her bireyin değerlendirme maliyeti
 - Her birey için CSP kontrolleri yapılır.
 - Rota planlama için A* çağrılır.

V. SONUÇ

Bu proje kapsamında, farklı öncelik ve kısıtlara sahip teslimat görevlerinin bir drone filosu aracılığıyla, otomatik ve akıllı algoritmalar yardımıyla planlanabileceği başarıyla gösterilmiştir. Geliştirilen sistem; rota hesaplama (A* algoritması), kısıt denetimi (CSP) ve genel görev

optimizasyonu (Genetik Algoritma) bileşenlerini entegre ederek, hem bireysel rotalarda hem de sistem genelinde verimli çözümler üretmiştir. Dinamik uçuş kısıtları, zaman pencereleri ve enerji limitleri gibi gerçekçi senaryolar altında yapılan testler, sistemin işlevselliğini ve ölçeklenebilirliğini ortaya koymuştur. Gelecekte, sisteme hava durumu, dinamik şarj altyapısı ve gerçek zamanlı trafik verilerinin entegrasyonu ile daha akıllı, esnek ve adaptif bir yapı kazandırılması hedeflenmektedir.

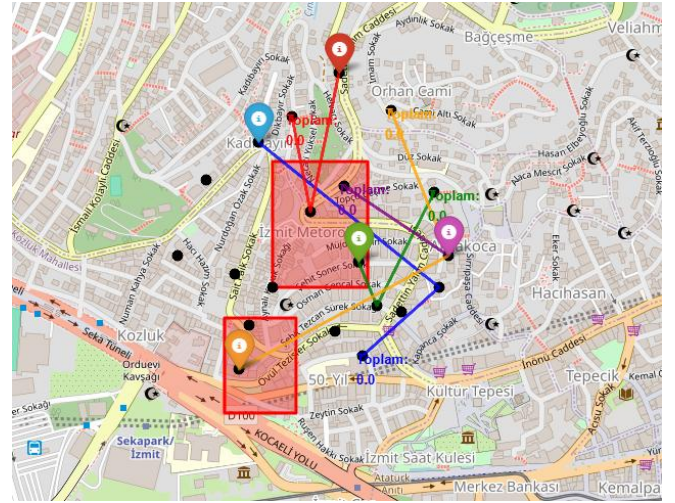
VI. ÖRNEK SENARYO

Senaryo 1: 5 drone, 20 teslimat, 2 no-fly zone.

Senaryo 2: 10 drone, 50 teslimat, 5 dinamik no-fly zone.



Görsel 1: Matplotlib kütüphanesi ile 1. Senaryonun görselleştirilmesi



Görsel 2: Folium(Leaflet.js) kütüphanesi ile 1. Senaryonun görselleştirilmesi

KAYNAKÇA

- [1] <https://medium.com/@adem.akdogan/a-yol-bulma-algoritmas%C4%B1-ve-python-ile-uygulamas%C4%B1-fd7d89f38cb1>
- [2] <https://efecanxrd.medium.com/genetic-algorithm-nedir-ne-i%C5%9FCC%87%C5%9F9Fe-yarar-cac86be1dea4>
- [3] <https://medium.com/@kanchanakanta/constraint-satisfaction-problems-csp-766f3ddeed3f>
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=gL5iw5cvy0M>
- [5] <https://python-visualization.github.io/folium/latest/>
- [6] <https://eecozenr.medium.com/pythonda-folium-harita-g%C3%B6rselle%C5%9Ftirme-1-temel-bilgiler-3d678e7a9627>
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=uQj5UNhCPuo>
- [8] <https://www.geeksforgeeks.org/genetic-algorithms/>
- [9] <https://www.geeksforgeeks.org/a-search-algorithm/>

