

Dinamik Kısıtlar Altında Drone Tabanlı Teslimat Rotalarının Optimizasyonu

Ahmet Barış YARDIMCI
Kocaeli Üniversitesi
Bilişim Sistemleri Mühendisliği
baris.yrd30@gmail.com

Emrullah DONSAK
Kocaeli Üniversitesi
Bilişim Sistemleri Mühendisliği
emrullahdonsak@gmail.com

Muhammet Ali KALYAS
Kocaeli Üniversitesi
Bilişim Sistemleri Mühendisliği
m.aliklys29@gmail.com

I. ÖZET

Bu proje, drone'lar ile teslimat operasyonlarını optimize etmek amacıyla geliştirilmiştir. Drone'ların uçuş rotalarını belirlerken enerji verimliliği, yük kapasiteleri, uçuş yasağı bölgeleri ve teslimat öncelikleri gibi dinamik ve gerçekçi kısıtlar göz önünde bulundurulmuştur. Geliştirilen sistemde A*, Genetik Algoritma ve Kısıt Memnuniyet Problemleri (CSP) algoritmaları kullanılarak farklı senaryolarda performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Simülasyon ve görselleştirme araçları ile sonuçlar detaylı olarak incelenmiş ve algoritmaların verimlilikleri değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Drone, A* algoritması, Genetik algoritma, CSP, rota optimizasyonu, enerji tüketimi, uçuş yasağı bölgeleri.

Abstract

This project aims to optimize delivery operations using drones by addressing dynamic constraints such as energy efficiency, payload capacities, no-fly zones, and delivery priorities. Different route-planning algorithms, including A*, Genetic Algorithms, and Constraint Satisfaction Problems (CSP), were implemented and compared across various scenarios. The outcomes were analyzed through simulations and visualizations, evaluating algorithmic efficiency comprehensively.

Key words: Drone, A* algorithm, Genetic algorithm, CSP, route optimization, energy consumption, no-fly zones.

II. GİRİŞ

A. Problem Tanımı

Son yıllarda drone teknolojilerinin lojistik alanında kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Ancak drone'ların etkili ve güvenli kullanımı, batarya kapasitesi, ağırlık taşıma limitleri, uçuş yasağı bölgeleri gibi karmaşık ve dinamik kısıtları beraberinde getirmektedir. Bu kısıtlar göz ardı edildiğinde hem maliyet hem de güvenlik açısından ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır.

B. Proje Amacı

Bu projenin temel amacı, drone teslimat rotalarının verimliliğini artırmak ve operasyonel maliyetleri azaltmak için enerji tüketimi, uçuş yasağı bölgeleri, yük kapasitesi ve teslimat öncelikleri gibi kısıtları dikkate alan etkin algoritmalar geliştirmektir. Üç farklı optimizasyon algoritmasının (A*, Genetik Algoritma, CSP) performansının incelenmesi ve karşılaştırılması hedeflenmektedir.

C. Kullanılan Teknolojiler

- Python programlama dili
- NumPy ve Matplotlib kütüphaneleri (veri işleme ve görselleştirme için)
- Algoritmalar: A*, Genetik Algoritma, Constraint Satisfaction Problem (CSP)
- Veri Seti

D. Literatür Taraması

Lojistikte drone kullanımına ilişkin birçok akademik çalışma yapılmıştır. A* algoritması genellikle rota bulma sorunlarında tercih edilirken, Genetik Algoritma karmaşık ve çok boyutlu optimizasyon problemlerinde kullanılmaktadır. CSP ise kısıtları net ve katı olan senaryolarda etkili çözümler sunmaktadır. Mevcut literatürde, özellikle drone rotalama problemlerinde bu algoritmaların bireysel ve karşılaştırmalı değerlendirmelerine sıklıkla rastlanmaktadır.

III. UYGULAMA ÖZELLİKLERİ

A. Drone Yönetim Sistemi

Drone'ların batarya kapasiteleri, maksimum yük taşıma kapasiteleri ve mevcut konumları detaylı şekilde modellenmiştir. Drone'ların enerji tüketimi mesafe ve ağırlık faktörlerine göre hesaplanmaktadır.

B. Teslimat Yönetimi

Teslimat noktaları için ağırlık, öncelik ve teslim edilmesi gereken zaman aralıkları gibi önemli parametreler tanımlanmıştır. Bu parametreler algoritmalar tarafından rota optimizasyonunda kritik öneme sahiptir.

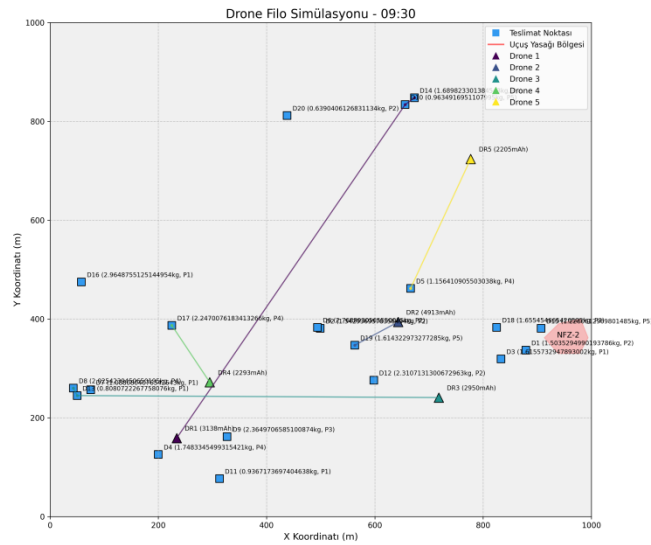
C. Uçuş Yasağı Bölgeleri

Proje kapsamında rastgele oluşturulan uçuş yasağı bölgeleri, drone'ların uçuş rotalarını belirlemede önemli kısıtlayıcılar olarak görev yapmaktadır. Her bölgenin aktif olduğu zaman dilimleri ve alan koordinatları detaylı şekilde modellenmiştir.

PDF önizleme özelliği [7]

D. Algoritma Performans Karşılaştırması

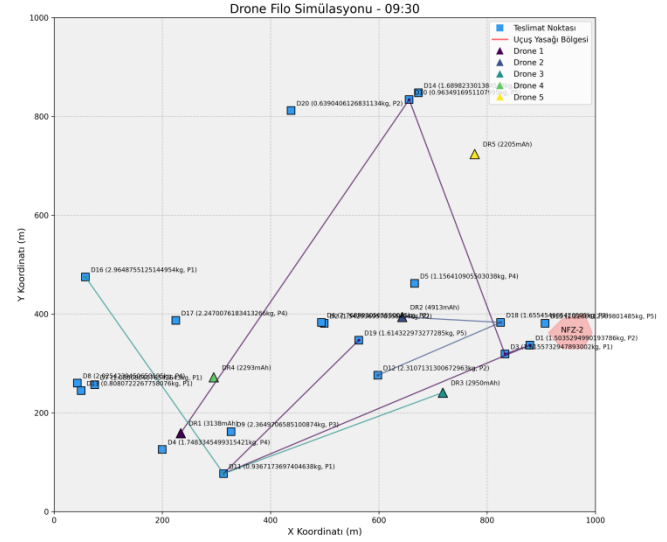
Projenin önemli özelliklerinden biri, farklı algoritmaların performanslarını detaylı biçimde karşılaştırmasıdır. A*, CSP ve Genetik algoritma uygulamalarının tamamlanan teslimat yüzdesi, ortalama enerji tüketimi ve algoritma çalışma süreleri açısından karşılaştırmaları kapsamlı şekilde yapılmıştır. Senaryo 1'de daha az sayıda drone ve teslimat noktası kullanılmış, Senaryo 2'de ise yoğun bir dağıtım ortamı simüle edilmiştir. Aşağıda her bir algoritmanın her iki senaryodaki görselleştirilmiş simülasyon sonuçları ve yorumları sunulmuştur.



Şekil 1

Şekil 1. Senaryo 1'de A algoritmasına göre planlanan drone teslimat rotaları. Drone'ların batarya seviyeleri, yük durumları ve uçuş yasağı bölgeleri ile etkileşimleri görsellenmiştir.*

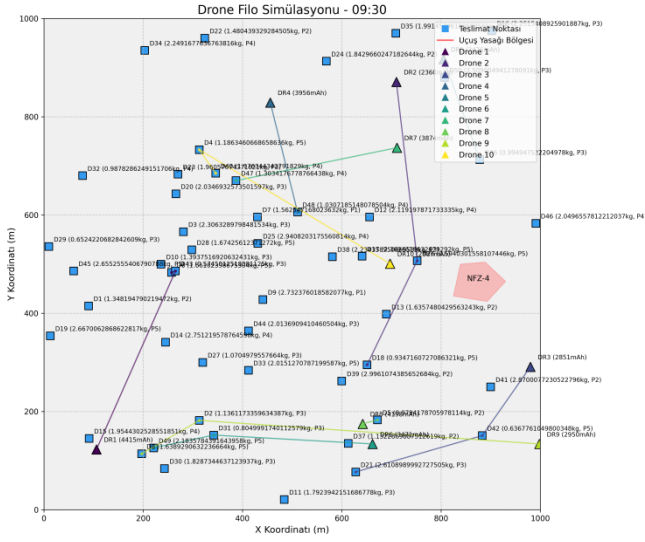
A* algoritması, uçuş yasağı bölgelerinden kaçınarak en kısa enerji maliyetli yolları üretmiştir. Gözlemlenen rotalar çoğunlukla doğrusallık barındırmakta olup, teslimat verimliliği yüksektir.



Şekil 2

Şekil 2. Senaryo 1'de Genetik Algoritma kullanılarak oluşturulan teslimat planları. Her drone'un rotası evrimsel optimizasyon sonucu belirlenmiş ve simülasyon anındaki konum, yük ve batarya bilgileri ile birlikte görselleştirilmiştir.

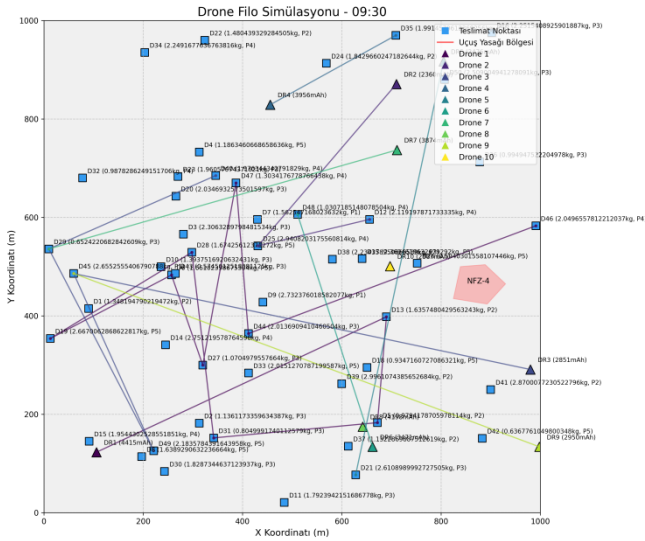
Genetik algoritma, çözüm uzayında geniş bir arama gerçekleştirerek alternatif rotalar üretir. Bu nedenle bazı rotalar A*'a kıyasla daha uzun ve dolambaçlıdır. Şekil 2'de görüldüğü gibi bazı drone'lar gereksiz yere daha uzun mesafeler katetmiş, bu da enerji tüketimini artırmıştır. Ancak algoritma, çeşitli olasılıkları değerlendirerek çözüme esneklik kazandırmaktadır.



Şekil 3

Şekil 3. A* algoritmasının daha yoğun bir senaryo olan Senaryo 2'deki uygulaması. Bu senaryoda drone sayısı ve teslimat noktası sayısı artırılmış, uçuş yasağı bölgeleri daha karmaşık hale getirilmiştir.

Bu senaryoda A* algoritması daha karmaşık veri setiyle test edilmiştir. Şekil 3'te A* algoritmasının hâlâ kısa ve optimize rotalar üretmeyi başardığı gözlemlenmektedir. Ancak bazı durumlarda uçuş yasağı bölgeleri nedeniyle rotalarda sapmalar görülmektedir. Buna rağmen teslimat verimliliği yüksek kalmıştır.



Şekil 4

Şekil 4. Genetik Algoritma'nın Senaryo 2'de oluşturduğu teslimat rotaları. Artan drone sayısı ve karmaşık teslimat ağı içinde üretilmiş rotalar detaylı biçimde gösterilmektedir.

Şekil 4'teki görsel, Genetik Algoritma'nın karmaşık senaryolarda geniş çözüm yelpazesi sunduğunu

göstermektedir. Bazı rotalar uçuş yasağı bölgelerinden uzaklaşarak daha uzun yollar izlese de, algoritmanın çeşitlilik yaratma kabiliyeti sayesinde teslimatlar tamamlanmıştır. Enerji tüketimi A* algoritmasına göre daha yüksektir, ancak bazı özel durumlarda avantajlı çözümler sunmuştur.

IV. GELİŞTİRME SÜRECİ

A. Proje Veri Üretimi

Drone'lar, teslimat noktaları ve uçuş yasağı bölgeleri rastgele üretilmiş ve gerçekçi senaryolar oluşturulmuştur. Veri üretimi aşamasında oluşturulan modeller, simülasyon için gerekli tüm parametreleri içermektedir.

B. Algoritma Uygulaması

Her bir algoritma ayrı ayrı uygulanmış ve modüler bir yapı içinde test edilmiştir. A* algoritması sezgisel fonksiyonlar ile desteklenirken, Genetik Algoritma popülasyon bazlı optimizasyon, CSP ise geri dönüşlü arama yöntemleri ile uygulanmıştır.

C. Simülasyon ve Görselleştirme

Tüm algoritmalar için gerçekleştirilen simülasyonlar, detaylı grafikler ve rota çizimleri ile görselleştirilmiştir. Böylece algoritmaların etkileri açıkça gözlenebilir hale getirilmiştir.

D. Performans Değerlendirmesi ve Karşılaştırma

Farklı senaryolar altında algoritmaların tamamlanan teslimat yüzdesi, enerji tüketimi ve çalışma süreleri analiz edilmiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve algoritmaların üstün ve zayıf yönleri ortaya konmuştur.

REFERENCES

- [1] Hart, P. E., Nilsson, N. J., & Raphael, B. (1968). A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics.
- [2] Goldberg, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley.
- [3] Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.
- [4] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). Introduction to Algorithms (3rd ed.). MIT Press.
- [5] Matplotlib documentation. (2021). Matplotlib: Visualization with Python. Retrieved from <https://matplotlib.org/>
- [6] A. Sharma et al., "Optimizing Drone Delivery Routes Using Genetic Algorithms", IEEEAccess, 2022.
- [7] <https://docs.python.org>