

# Drone Filo Optimizasyonu: Çok Kısıtlı Ortamlarda Dinamik Teslimat Planlaması

Ahmet Efe Tosun  
Bilişim Sistemleri Mühendisliği  
Kocaeli Üniversitesi  
Kocaeli, Türkiye  
ahefto@gmail.com

Umut Gülfidan  
Bilişim Sistemleri Mühendisliği  
Kocaeli Üniversitesi  
Kocaeli, Türkiye  
umutgulfidan41@gmail.com

Utku Genç  
Bilişim Sistemleri Mühendisliği  
Kocaeli Üniversitesi  
Kocaeli, Türkiye  
utkugenc2003@gmail.com

**Özet**—Bu çalışma, çok kısıtlı ortamlarda faaliyet gösteren drone filoları için dinamik teslimat planlaması sağlayan bir optimizasyon sistemini ele almaktadır. Projede, farklı hız, taşıma kapasitesi ve batarya ömrüne sahip birden fazla drone ile çok sayıda teslimat noktasının etkili şekilde eşleştirilmesi hedeflenmektedir. Sistem, A\* algoritması ile yol bulma, CSP (Kısıt Tatmin Problemi) ile kısıt kontrolü ve Genetik Algoritma ile filo optimizasyonu gerçekleştirmektedir. Teslimat süreleri, no-fly zone'lar, batarya kullanımı, taşıma kapasitesi ve zaman pencereleri gibi çok sayıda parametre dikkate alınarak rota planlaması yapılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler**—Drone optimizasyonu, A\* algoritması, Genetik Algoritma, CSP, rota planlaması, no-fly zone, Python

**Abstract**— This study presents an optimization system for dynamic delivery planning of drone fleets operating under highly constrained environments. The project aims to efficiently assign multiple drones—each with different speed, load capacity, and battery life—to a set of delivery points. It integrates A\* algorithm for pathfinding, Constraint Satisfaction Problem (CSP) for constraint validation, and Genetic Algorithm for optimization. The routing process considers various constraints such as delivery time windows, no-fly zones, battery consumption, and weight limits.

**Keywords**—Drone optimization, A\* algorithm, Genetic Algorithm, CSP, route planning, no-fly zone, Python

## I. GİRİŞ

Üniversitelerde Drone teknolojileri, özellikle teslimat sistemlerinde hız ve erişilebilirlik avantajları sayesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak çok sayıda drone'un aynı anda görev aldığı senaryolarda; rota planlama, görev atama ve kısıt yönetimi gibi konular karmaşık hale gelmektedir.

Bu projede geliştirilen sistem, drone'ların batarya ömrü, taşıma kapasitesi, zaman pencereleri ve no-fly zone gibi kısıtları dikkate alarak optimal teslimat planlaması yapılmasını hedeflemektedir. A\* algoritması ile rota oluşturma, CSP ile kısıt kontrolü ve Genetik Algoritma ile görev optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Kodlar Python dili ile modüler yapıda geliştirilmiş, görselleştirme ve performans analizi gibi destekleyici bileşenler entegre edilmiştir.

## II. KURULUM

Drone Filo Optimizasyonu projesi, Python programlama dili ile geliştirilmiştir. Sistemin çalıştırılabilmesi için kullanıcı bilgisayarında Python 3.10 veya üzeri bir sürümün yüklü olması gerekmektedir. Uygulama, çeşitli algoritmaları ve simülasyon modüllerini içeren modüler bir yapıya sahiptir.

Kurulum aşamasında ilk olarak proje klasörünün yerel ortama indirilmesi gereklidir. Ardından, proje içerisinde kullanılan üçüncü parti kütüphanelerin yüklenmesiyle birlikte sistem çalışmaya hazır hâle gelmektedir. Projenin başlatılabilmesi için herhangi bir veritabanı kurulumu ya da ek yapılandırma adımı bulunmamaktadır.

Teslimat ve drone verileri, proje içerisinde sağlanan hazır veri dosyaları üzerinden yüklenmekte; tüm hesaplamalar yerel olarak gerçekleştirilmekte ve sonuçlar görsel çıktı olarak sunulmaktadır. Detaylı kullanım yönergeleri ve örnek senaryolar, proje GitHub sayfasındaki açıklamalarda yer almaktadır.

## III. KULLANILAN TEKNOLOJİLER VE MİMARİ YAPI

Projede Python programlama dili kullanılmıştır. Sistem modüler bir yapıya sahip olup, çeşitli algoritma ve yardımcı bileşenlerle desteklenmiştir. Aşağıda sistemin temel bileşenleri ve teknolojik altyapısı numaralandırılmış şekilde verilmiştir:

- Python 3.10+:** Tüm uygulama Python dili ile geliştirilmiştir. Kod yapısı modülerdir ve kolayca genişletilebilir niteliktedir.
- A Algoritması\*:** Drone'ların teslimat noktalarına ulaşırken izleyecekleri en kısa ve geçerli rotaların bulunmasında kullanılmıştır. Rota çiziminde no-fly zone'lar dikkate alınır.
- CSP (Constraint Satisfaction Problem):** Her bir drone'un teslimat görevi alıp alamayacağı; batarya seviyesi, taşıma kapasitesi ve zaman penceresi gibi

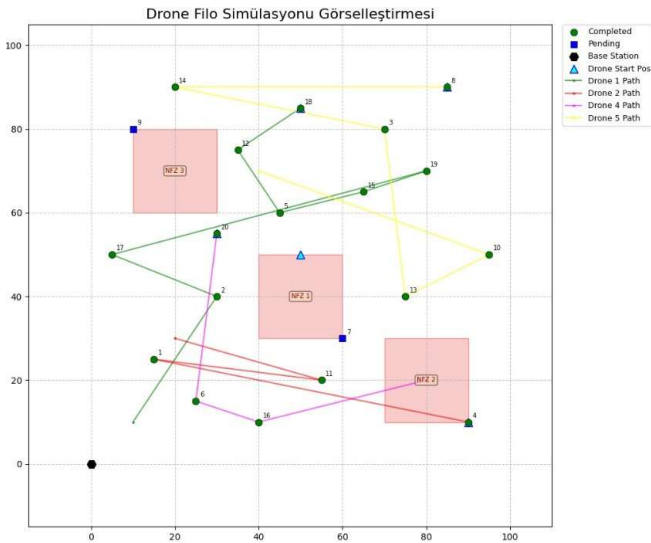
kısıtlara göre kontrol edilmektedir.

4. **Genetik Algoritma:** Uygunluk kontrollerinden geçen drone-teslimat eşleşmelerinin, genel sistem başarımını artıracak şekilde optimize edilmesini sağlar. Birey oluşturma, çaprazlama ve mutasyon adımlarını içerir.
5. **Matplotlib:** Rota planlarının, drone hareketlerinin ve teslimat konumlarının harita üzerinde görselleştirilmesi için kullanılmıştır.
6. **NumPy:** Vektörel hesaplamalar, matris işlemleri ve performans analizi gibi işlemlerde temel bilimsel kütüphane olarak görev alır.
7. **Shapely:** No-fly zone sınırlarının tanımlanması ve bu bölgelerle çakışan rotaların tespiti amacıyla kullanılmaktadır.
8. **Proje Yapısı:** Kodlar astar/, csp/, ga/, models/, graph/, simulation/, utils/ gibi klasörler altında işlevsel olarak ayrılmıştır.

Bu teknolojilerin entegre kullanımı sayesinde sistem; güvenli, optimize edilmiş ve esnek bir teslimat planlaması sunmaktadır.

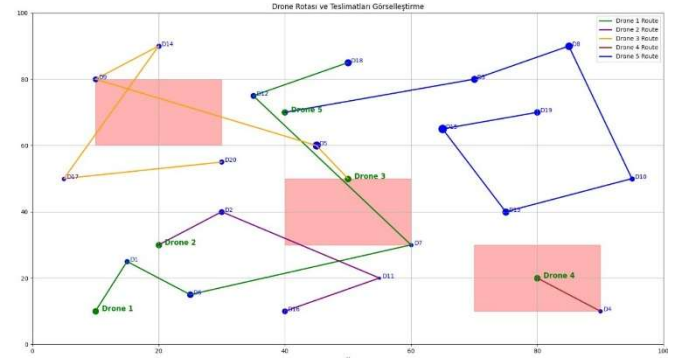
#### IV. GÖRSEL ÇIKTILAR VE SİMÜLASYON ÖRNEKLERİ

Bu bölümde, geliştirilen drone filo optimizasyon sistemi ile elde edilen örnek simülasyon çıktıları yer almaktadır. Görseller, sistemin rota planlama algoritmalarını, no-fly zone (uçuşa yasak bölge) denetimlerini ve teslimatların görselleştirilmesini içermektedir. Her simülasyon çıktısı, farklı senaryo koşullarına göre oluşturulmuş olup sistemin doğruluğu, görsel bütünlük ve işlevsellik açısından test edilmiştir.



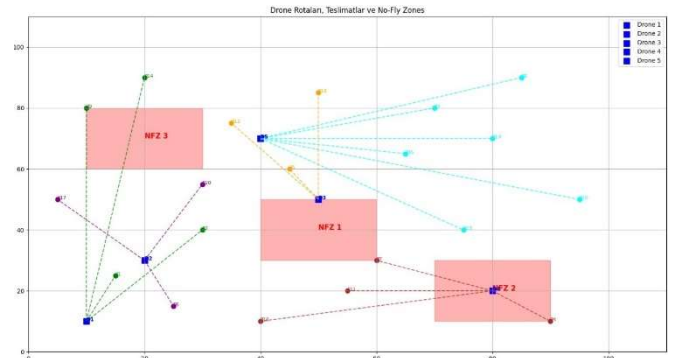
Şekil 1: Drone Filo Simülasyonu ve Genel Rota Planlaması

Bu görselde, her bir drone'un farklı renklerle gösterilen rotaları ve teslimat noktaları simgelenmiştir. Kırmızı dikdörtgenlerle ifade edilen bölgeler uçuşa yasak alanları (No-Fly Zone) temsil ederken; rotalar, bu bölgelerden kaçınacak şekilde planlanmıştır.



Şekil 2: Drone Rotaları ve Teslimatların Gösterimi

Bu simülasyonda, her bir drone'un başlangıç noktasından teslimat noktalarına izlediği yol detaylandırılmıştır. Drone konumları, teslimat noktaları ve rotaları koordinat düzleminde belirgin olarak yer almaktadır.



Şekil 3: Kalkış Noktasında Teslim Alma Senaryosu

Bu örnekte, teslimatların kalkış noktasında drone'lar tarafından alınması ve hedef noktalara ulaştırılması senaryosu simüle edilmiştir. Rotalar, drone'ların başlangıç konumuna olan uzaklığı ve uçuşa yasak bölgeleri dikkate alacak şekilde optimize edilmiştir.

#### V. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Drone Filo Optimizasyonu Sistemi, çok kısıtlı çevresel koşullar altında birden fazla drone'un, çeşitli teslimat noktalarına güvenli ve etkili bir şekilde yönlendirilmesini amaçlayan bütünsel bir yazılım çözümü olarak tasarlanmıştır. Projede; A\* algoritması ile rota planlama, Genetik Algoritma ile görev atama ve CSP (Constraint Satisfaction Problem) ile kısıt kontrolü gibi ileri düzey yapay zeka yaklaşımları entegre edilmiştir.

Uçuşa yasak bölgeler, batarya kapasitesi, taşıma limiti ve

zaman penceresi gibi gerçek dünya kısıtları sisteme başarıyla entegre edilmiş; görsel simülasyonlarla sistemin karar süreçleri şeffaf biçimde gösterilmiştir. Ayrıca, geliştirilen yapı Python tabanlı modüler bir mimariye sahiptir ve gerektiğinde farklı senaryolara kolayca adapte edilebilmektedir.

Bu alışma, drone tabanlı teslimat sistemlerinin kentsel ve sınırlı hava sahası koşullarında nasıl optimize edilebileceğine yönelik etkili bir örnek sunmaktadır. Uygulama, lojistik sektöründe kullanılabilecek gerçek zamanlı ve dinamik planlama çözümlerine altyapı sağlayabilecek niteliktedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] <https://medium.com/@ibrahimpuskullu44/pythonda-matplotlib-kütüphanesi-veri-görselleştirmenin-gücünü-keşfedin->
- [2] <https://www.geeksforgeeks.org/constraint-satisfaction-problems-csp-in-artificial-intelligence/>
- [3] <https://www.geeksforgeeks.org/a-search-algorithm-in-python/>
- [4] <https://pygad.readthedocs.io/en/latest/>
- [5] [https://github.com/elaamrani/Drone\\_Delivery\\_Optimization](https://github.com/elaamrani/Drone_Delivery_Optimization)

#### EKLER

Projenin GitHub Linki: [GitHub](#)