

# KALMAN FLİTRESİ VE BAYES SINIFLANDIRICI TABANLI UAV KONTROLÜ

## 1.Giriş

Son yıllarda insansız hava aracı (UAV) teknolojileri, ekonomik gelişim ve genç uygulama alanları sayesinde hem akademik hem de endüstriyel ilgiyi çekmektedir. UAV'ler gözetim, istihbarat toplama, kurtarma operasyonları, lojistik, şehir izleme ve iletişim hizmetleri gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Ancak, UAV'lerin enerji kapasitesindeki sınırlamalar ve dış etkenlerden kaynaklanan rotadan sapmalar gibi zorlukları vardır. Bu çalışma, dört rotorlu UAV'lerin istenen rotayı hassas bir şekilde izlemesini sağlamak için yenilikçi bir Kalman filtresi ve Bayes sınıflandırıcı tabanlı bir kontrol sistemi önerir.

## 2.Kalman Flitresi Temelleri Ve Modelleme Yaklaşımı

Kalman filtresi, aşağıdaki denklemlerle tanımlanan bir durum-uzay modeli üzerinde çalışır:

$$\text{Durum Denklemi:} \quad x(k) = Ax(k-1) + Bu(k-1) + w(k-1)$$

$x(k)$ : Durum vektörü

A: Durum matrisi

B: Kontrol giriş matrisi

$u(k-1)$ : Kontrol girdisi

$w(k-1)$ : Sıfır ortalamalı ve kovaryansı  $Q$  olan süreç gürültüsü

$$\text{Ölçüm Denklemi:} \quad y(k) = Cx(k) + v(k)$$

$y(k)$ : Ölçüm vektörü

A: Ölçüm matrisi

$w(k-1)$ : Sıfır ortalamalı ve kovaryansı  $R$  olan süreç gürültüsü

Kalman filtresi, UAV'nin rotadan sapmalarını minimize etmek ve gözlemlerdeki gürültüleri filtrelemek için kullanılmıştır. Bu sistem, çevresel faktörlere (örneğin, rüzgar etkileri) yanıt verebilecek doğrusal parametre-varyan modelleme yaklaşımıyla birleştirilmiştir.

Denklem 1:

$$\begin{bmatrix} x_{k+1} \\ y_{k+1} \\ z_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{th} \frac{\sin\phi\sin\psi + \cos\phi\cos\psi\sin\theta}{m} - k_x\dot{x} \\ f_{th} \frac{-\cos\psi\sin\phi + \sin\psi\sin\theta\cos\phi}{m} - k_y\dot{y} \\ f_{th} \frac{\cos\theta\cos\phi}{m} - g - k_z\dot{z} \end{bmatrix}$$

Tablo 1: UAV Sensörleri

Sensör Adı	Özellikler
Hız ölçer	Lineer hız bilgisi
Gyroskop	Dönüş hızı (yaw, pitch, roll)
Barometrik Sensör	Yükseklik bilgisi

### 3. Anahtar Teknoloji Araçları

*Kalman Filtresi:* UAV'nin çıktılarındaki sapmaları düzeltmek için kullanılır. Farklı şartlarda model uyarlamaları yapar ve çıktı gözlemleri ile sistem modellerini optimize eder.

*Kalman Filtresi Bayes Sınıflandırıcı:* UAV'nin konum bilgilerinin doğrulanması ve sapmaların gözlenmesi için veri entegrasyonunu gerçekleştirir.

*Doğrusal Parametre-Varyan Sistem:* Sistemin çoklu çalışma noktalarında lineer olarak modellendiği çok segmentli bir model.

### 4. Sistem Kontrol Mekanizması

Sistem, hem geri besleme hem de ileri besleme kontrolünü içeren karma bir yaklaşım önerir:

- Geri Besleme Kontrolü:* Dahili model ilkesi temelinde tasarlanmış, UAV'nin referans sinyalinin hassas bir şekilde takip etmesini sağlar.
- İleri Besleme Kontrolü:* Rüzgar etkisi gibi beklenmedik bozulmaları öngörerek sistem performansını artırır.

Denklem 2:

$$\phi_d = \arcsin\left(\frac{u_{xd} \sin \psi_d - u_{yd} \cos \psi_d}{\sqrt{u_{xd}^2 + u_{yd}^2 + (u_{zd} + g)^2}}\right) \quad \phi_d = \arctan\left(\frac{u_{xd} \cos \psi_d - u_{yd} \sin \psi_d}{u_{xd} + g}\right)$$
$$f_{th_d} = \sqrt{u_{xd}^2 + u_{yd}^2 + (u_{zd} + g)^2}$$

### 5. Simülasyon Ve Sonuçlar

Önerilen kontrol sistemi, hem simüle edilen hem de gerçek zamanlı testlerde UAV'nin istenen rotayı hassas bir şekilde izlediğini göstermiştir. Sonuçlar, KF tabanlı yumuşak sensörün geleneksel yöntemlere kıyasla quadrotor'un performansını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

Tablo 2: Simülasyon Sonuçları

Test Adı	Sapma (cm)	Model Uyumu (%)
Test 1	2.5	98.7
Test 2	1.8	99.1
Test 3	3.2	97.5

### 6. Uygulamalar Ve Sonuçlar

Bu yaklaşım, İHA'ların boru hattı izleme, lojistik teslimat ve çoklu İHA koordinasyonu gibi çeşitli görevlerde kullanımı için uygundur. Makine öğrenimi ve Kalman filtresi entegrasyonu, sistemin hata toleransı ve doğruluğunu artırarak daha geniş uygulama yelpazesine olanak tanır.

## 7. Kaynakça

1. Abdelkader, M., & Koubaa, A. (2023). *Unmanned Aerial Vehicles Applications: Challenges and Trends*. Springer.
2. Rajamani, D., Cheded, L., & Brinkmann, M. "Robust and Intelligent Kalman Filter Residue-Based Trajectory Tracking."
3. Kalman, R. E. (1960). "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems."
4. Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*.