

# **Dönem Ödevi – MTH-407**

## **Otomatik Hedef İzleme Temelleri**

Öğrenci Adı: **Deniz Kaan Şahiner**  
Okul Numarası: **090190357**

Project:

**Passive Sensor Ship Tracking Report**

İstanbul Teknik Üniversitesi  
Matematik Mühendisliği

## İçindekiler

|   |  |   |
|---|--|---|
| 1 | Problemin Tanımı ve Model Çıkartmaları                     | 2 |
| 2 | Başlangıç Tahmini: Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler (NLS) | 2 |
| 3 | EKF Uygulaması   | 2 |
| 4 | Simülasyon Detayları                                       | 3 |
| 5 | Analiz ve Görselleştirme                                   | 3 |
| 6 | Sonuç  | 3 |

## 1 - Problemin Tanımı ve Model Çıkartmaları

Bu projede, sabit hızla bir düzlemde ilerleyen geminin üç tane sensör aracılığıyla konumunu tahmin etmeye çalışıldı. Geminin üzerinde bulunan ve saniyede  $60^\circ/s$ 'lik tarama yapan radarın alanına giren sensörler aktive olarak ölçüm yapıyor. Sensörlerin ölçüm olasılığı 0.9 olarak belirlendi ve ölçümlere gürültü de eklendi.

### Geminin Hareketi (Durum Modeli):

Geminin konumu  $(x(0), y(0))$  ve hızı  $(v_x, v_y)$ 'nin bulunduğu durum vektörü şu şekilde:

$$x_0 = \begin{bmatrix} 100m \\ 200m \\ 5m/s \\ 3m/s \end{bmatrix}$$

Durum geçi matrisimiz (State-transition Matrix) ise  $\Delta t = 1$  saniye örnekleme aralığıyla şu şekilde:

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Süreç gürültü kovaryans matrisi (Process Noise Covariance) Q:

$$Q = \begin{bmatrix} \Delta t^4/4 & 0 & \Delta t^3/2 & 0 \\ 0 & \Delta t^4/4 & 0 & \Delta t^3/2 \\ \Delta t^3/2 & 0 & \Delta t^2 & 0 \\ 0 & \Delta t^3/2 & 0 & \Delta t^2 \end{bmatrix}$$

### Sensörden Gelen Ölçümler (Ölçüm Modeli):

Ölçüm modeli verildiği gibi:

$$z_i(k) = \text{atan2}(y(k) - y_i, x(k) - x_i) + v_i(k)$$

Burada  $(x(0), y(0))$  geminin pozisyonunu,  $(v_i(k) \sim N(0, \sigma^2))$  ise Gaussian noise değerini belirtiyor.

## 2 - Başlangıç Tahmini: Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler (NLS)

Geminin başlangıç pozisyonunu bulmak ve EKF uygulamasını yapmak için Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler (NLS) metodu kullanıldı. Sensör pozisyonları ve ilk üç ölçüm kullanarak MATLAB fonksiyonu (`nls_estimate`) geminin başlangıç pozisyonunu bulmayı hedefledim.

## 3 - EKF Uygulaması

Gemi takibi için **Genişletilmiş Kalman Filtresi (EKF)** kullandım. EKF, doğrusal olmayan sistemlerde durum tahmini yapmak için iki temel adımdan oluşur:

- **Tahmin (Prediction):** Geminin bir önceki durumunu ve hareket modelini kullanarak bir sonraki anki durumu ve bu tahmindeki belirsizliği öngermeyi hedefler. Bu adım her zaman gerçekleşir.
- **Güncelleme (Update):** Sensörden ölçüm geldiğinde, filtrenin öngördüğü ölçümle gerçek ölçümü karşılaştırır. Aradaki farkı kullanarak hem durum tahminini düzeltir hem de tahmindeki belirsizliği azaltır.

Eğer o anki zaman adımında sensör, radarın görüş alanına girmezse veya ölçüm alma olasılığı gerçekleşmezse (%10 olasılıkla), EKF'nin güncelleme adımı atlanır ve filtre sadece tahmin adımını gerçekleştirir.

#### 4 - Simülasyon Detayları

Simülasyonu 50 saniyelik bir sürede, 1 saniyelik adımlarla gerçekleştirdim. Gerçek gemi başlangıç konumundan (100m, 200m), (5m/s, 3m/s) hızla hareket ediyor. (0,0), (500,0) ve (250,400) konumlarına yerleştirilmiş üç adet sensörle ölçüm yapılıyor. Geminin üzerindeki radar her saniyede 60°'lik bir tarama yaparak 6 saniyede tüm çevresini tarıyor. Hangi saniyede hangi sensörün radarın görüş alanına girdiğini belirleyip o sensörden ölçüm almayı hedefledim.

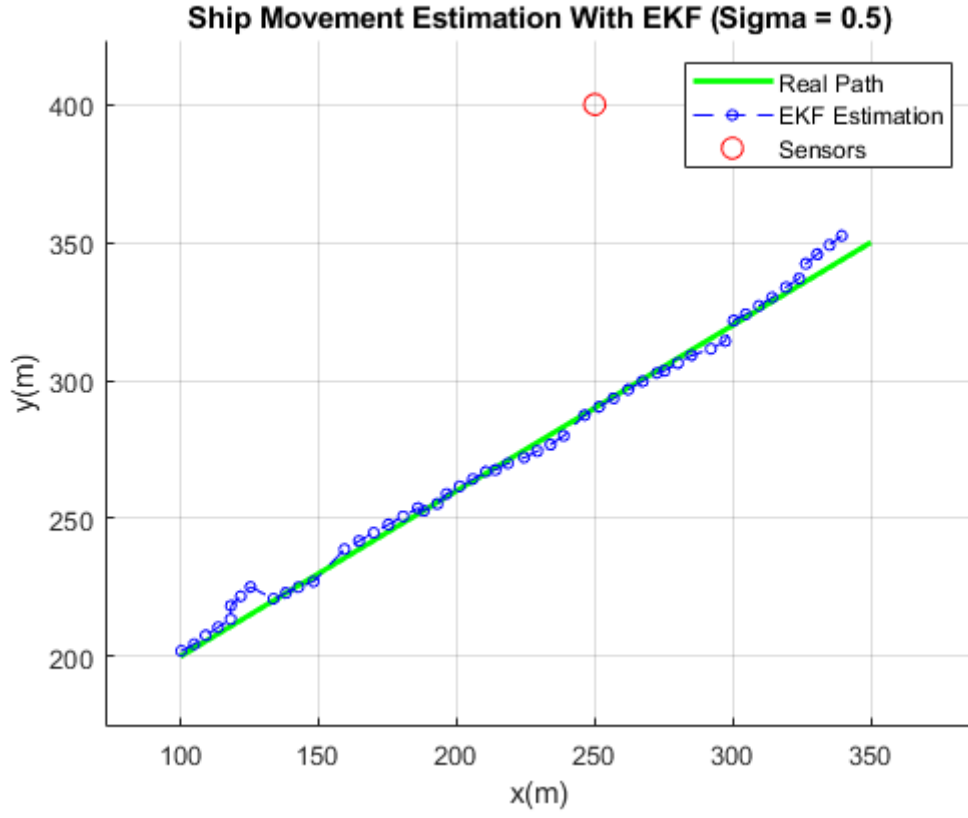
#### 5 - Analiz ve Görselleştirme

Simülasyon sonuçlarını anlamak için çeşitli grafikler ve metrikler kullandık.

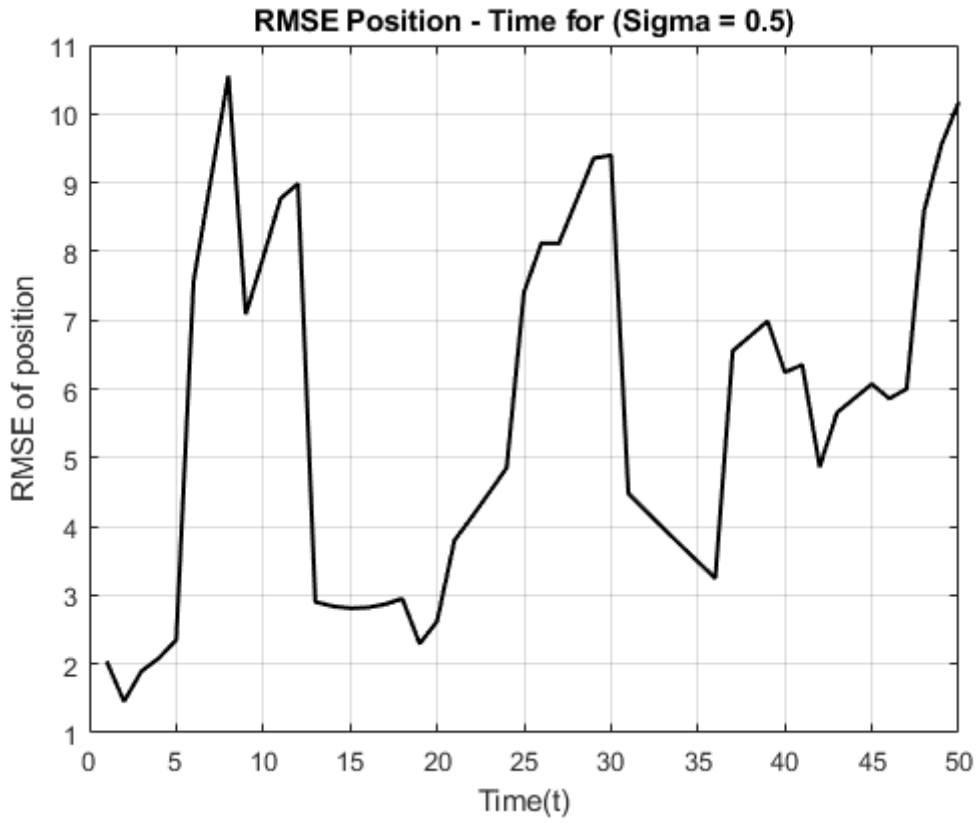
- **Yörünge Grafikleri:** Geminin **gerçek yolunu** (yeşil) EKF'nin **tahmin ettiği yolla** (mavi) karşılaştırdım. Grafikler, EKF'nin gemiyi oldukça başarılı bir şekilde takip ettiğini gösterdi.
- **RMSE (Kök Ortalama Kare Hatası) Eğrileri:** Konum tahminlerimizin ne kadar doğru olduğunu görmek için RMSE değerlerini hesapladım. Ayrıca, RMSE'nin zamanla nasıl değiştiğini gösteren grafikler çizdim. Radarların sensörü aktive etmesine göre ölçümler değiştiği için dengesiz bir sonuç çıktı.
- **Duyarlılık Analizi:** Ölçüm gürültüsünün (sensörden gelen hatanın) EKF performansını nasıl etkilediğini inceledim. Farklı gürültü seviyeleri için filtreyi tekrar çalıştırıp RMSE'leri kaydettim. Sonuç olarak, ölçüm gürültüsü arttıkça EKF'nin tahmin hatasının da arttığı görüldü. Bu da sensör kalitesinin ne kadar önemli olduğunu gösteriyor.

#### 6 - Sonuç

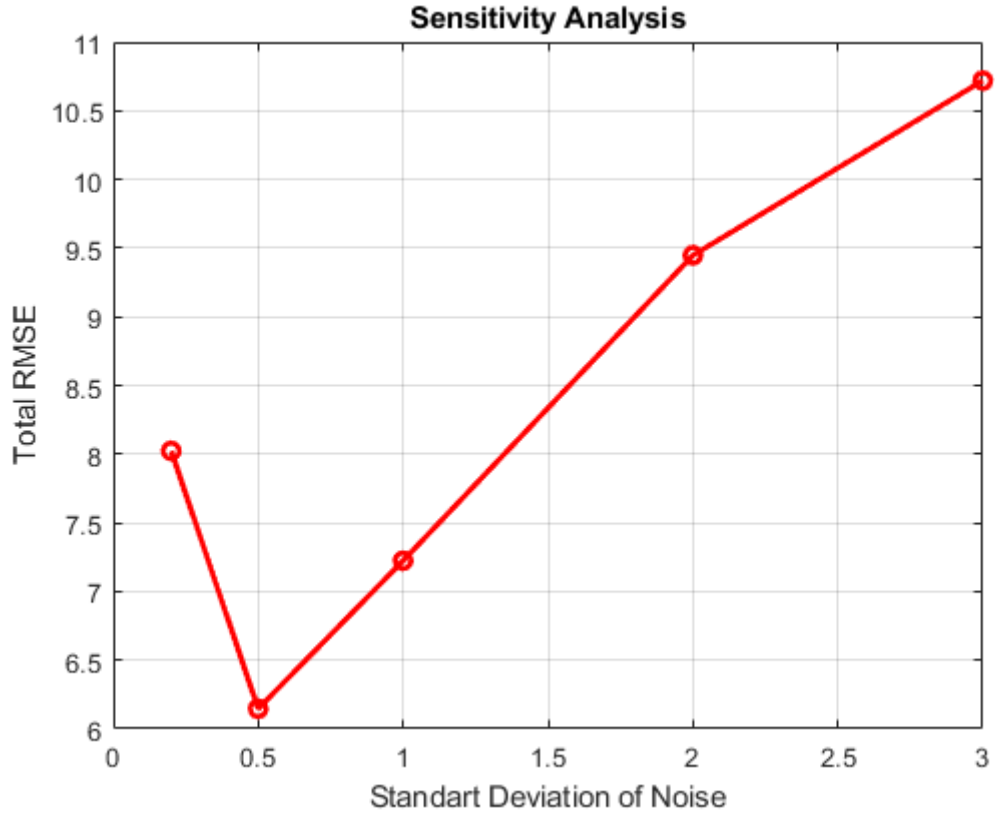
Bu projede, pasif sensörlerden gelen açı ölçümleriyle bir gemiyi takip etmek için NLS ile başlangıç tahmini yapıp EKF kullandım. Kodum, radar taramasını ve ölçüm kayıplarını da simüle ederek gerçekçi bir ortam sağladı. Simülasyonun sonuçları etkili olsa da, sensör gürültüsüne, radarın dönüş şekline ve tarama açısına göre oldukça değişkenlik göstermekte.



Şekil 1: Gemi Hareketi Tahmini.



Şekil 2: Zamana Göre Konum RMSE.



Şekil 3: Ölçüm Gürültüsü Duyarlılık Analizi.

## Referanslar

## Kaynaklar

- [1] ChatGPT, OpenAI.
- [2] Gemini, Google.
- [3] MTH 407 Dersi Ders Notları
- [4] Bar-Shalom, Y., Li, X. R., & Kirubarajan, T. (2001). *Estimation with Applications to Tracking and Navigation*. John Wiley & Sons.
- [5] MATLAB. MathWorks. <https://www.mathworks.com/>.