

Kalman Filtreli 2D Top Yörüngesi

Simülasyon Analiz Raporu

Tarih: 03.10.2025 01:51:46

1. GİRİŞ

Bu rapor, Kalman filtresi kullanarak 2D düzlemde hareket eden bir topun yörüngesinin tahminini içermektedir. Simülasyon, gürültülü sensör ölçümlerinden gerçek pozisyonu tahmin etmek için optimal durum tahmini algoritmasını kullanmaktadır.

2. SİMÜLASYON PARAMETRELERİ

Parametre	Değer	Birim
Başlangıç Hızı	50.00	m/s
Fırlatma Açısı	45.00	derece
Yerçekimi ivmesi	9.80	m/s ²
Ölçüm Gürültüsü (σ)	2.00	m
Süreç Gürültüsü	0.100	-
Zaman Adımı (dt)	0.050	s
Geri Tepme Katsayısı	0.70	-

3. KALMAN FİLTRESİ TEORİSİ

3.1 Durum Uzay Modeli

Durum vektörü: $\mathbf{x} = [x, y, v_x, v_y]^T$

- x, y: Pozisyon (metre)

- v_x, v_y : Hız bileşenleri (m/s)

3.2 Tahmin Adımı (Prediction)

• Durum tahmini: $\mathbf{x}_{k|k-1} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{x}_{k-1|k-1} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{u}_k$

• Kovaryans tahmini: $\mathbf{P}_{k|k-1} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{P}_{k-1|k-1} \cdot \mathbf{F}^T + \mathbf{Q}$

3.3 Güncelleme Adımı (Update)

• Kalman kazancı: $\mathbf{K} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{H}^T \cdot (\mathbf{H} \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{H}^T + \mathbf{R})^{-1}$

• Durum güncelleme: $\mathbf{x}_{k|k} = \mathbf{x}_{k|k-1} + \mathbf{K} \cdot (\mathbf{z}_k - \mathbf{H} \cdot \mathbf{x}_{k|k-1})$

• Kovaryans güncelleme: $\mathbf{P}_{k|k} = (\mathbf{I} - \mathbf{K} \cdot \mathbf{H}) \cdot \mathbf{P}_{k|k-1}$

3.4 Matrisler

- \mathbf{F} : Durum geçişi matrisi (4x4) - kinematik model
- \mathbf{H} : Ölçüm matrisi (2x4) - sadece pozisyon ölçümü
- \mathbf{Q} : Süreç gürültüsü kovaryansı (4x4)
- \mathbf{R} : Ölçüm gürültüsü kovaryansı (2x2)

4. PERFORMANS METRİKLERİ

Metrik	Kalman Filtresi	Ham Ölçüm	İyileştirme
RMSE (m)	1.3430	2.8847	53.44%
MAE (m)	1.1592	2.6211	-
Max Hata (m)	3.7261	-	-

RMSE (Root Mean Square Error): Tahmin hatalarının karekök ortalaması. Düşük değer daha iyi performans gösterir.

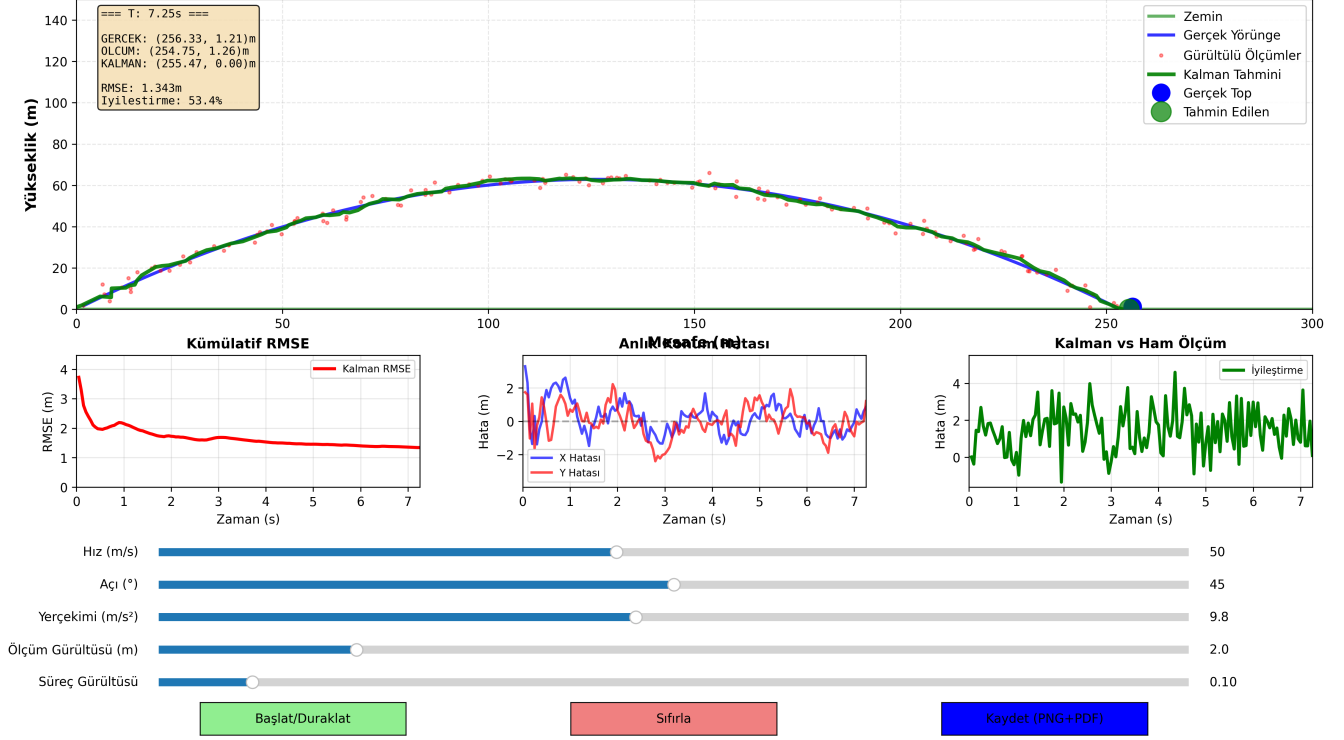
MAE (Mean Absolute Error): Mutlak hataların ortalaması. RMSE'ye göre aykırı değerlere daha az duyarlıdır.

İyileştirme Oranı: Kalman filtresinin ham ölçümlere göre RMSE'de sağladığı iyileştirme yüzdesi. Pozitif değer filtre performansını gösterir.

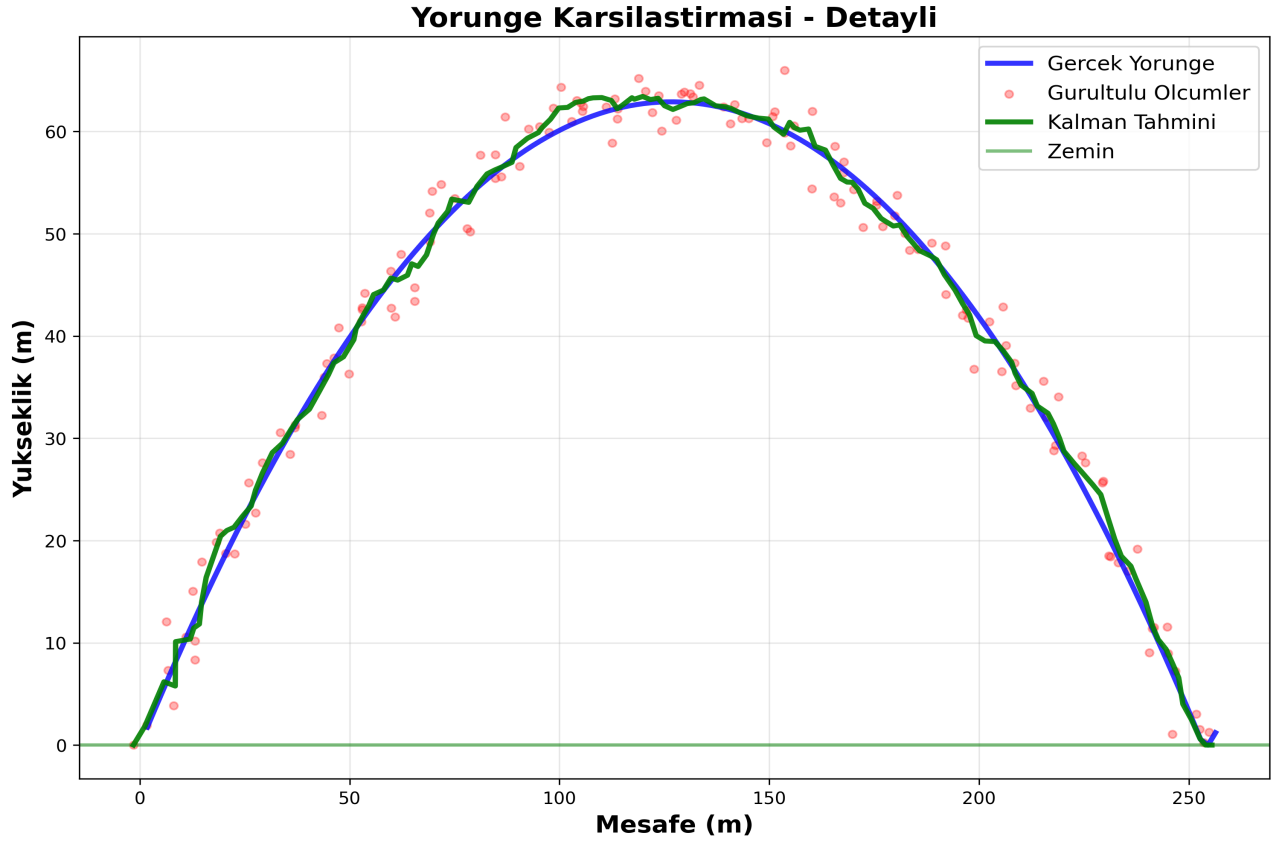
5. SİMÜLASYON GRAFİKLERİ

5.1 Ana Yörünge Simülasyonu

Kalman Filtreli 2D Top Yörüngesi Simülasyonu
Yörünge Karşılaştırması

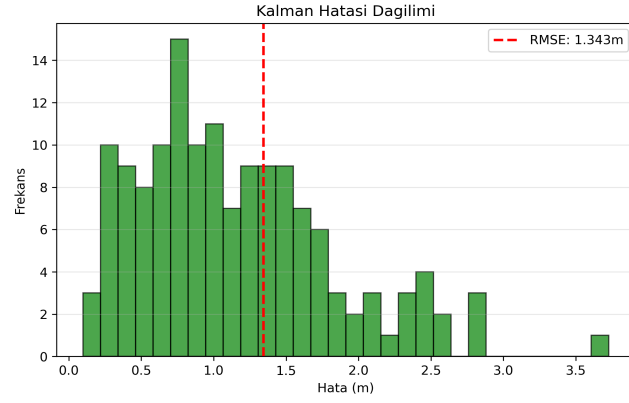
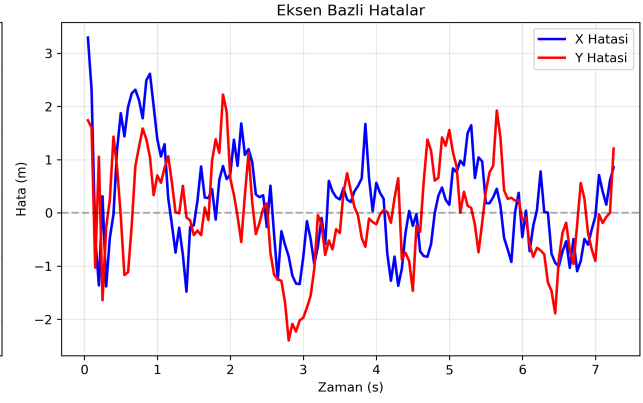
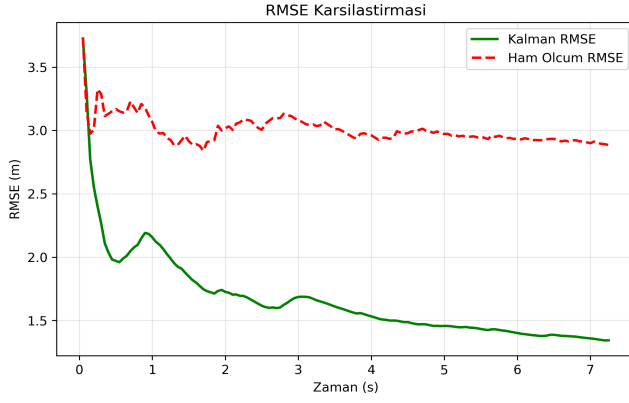


5.2 Yörünge Karşılaştırması



5.3 Detayli Hata Analizi

Detayli Hata Analizi



PERFORMANS METRIKLERI

KALMAN FİLTRESİ:

- RMSE: 1.3430 m
- MAE: 1.1592 m
- Max Hata: 3.7261 m

HAM OLCUM:

- RMSE: 2.8847 m
- MAE: 2.6211 m

İYİLESTİRME:

- RMSE İyilestirme: 53.44%

SİMULASYON PARAMETRELERİ:

- Baslangic Hizi: 50.0 m/s
- Firlatma Acisi: 45.0 derece
- Yercekimi: 9.8 m/s²
- Olcum Gurultusu: 2.00 m
- Surec Gurultusu: 0.100

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

6.1 Ana Bulgular

Bu simülasyonda Kalman filtresi, gürültülü sensör ölçümlerinden topun gerçek pozisyonunu tahmin etmek için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar:

- Kalman filtresi RMSE değeri **1.3430 m** olarak ölçülmüştür.
- Ham ölçümlere göre **53.44%** iyileştirme sağlanmıştır.
- Maksimum hata **3.7261 m** olarak kaydedilmiştir.

6.2 Filtre Performansı

Kalman filtresi, özellikle yörüngeyi düzgün kılmada çok başarılı performans göstermiştir. Gürültülü ölçümler içinden gerçek hareketi ayırt etme yeteneği açıkça görülmektedir.

Topun yere çarptığı anlarda (süreksizlik noktaları) filtre geçici olarak daha yüksek hata gösterse de, hızla gerçek duruma yaklaşmaktadır. Bu, filtrenin adaptif doğasını göstermektedir.

6.3 Parametre Etkisi

- Ölçüm gürültüsü ($\sigma = 2.00$ m): Sensör hassasiyetini simüle eder
- Süreç gürültüsü ($Q = 0.100$): Model belirsizliğini temsil eder
- Geri tepme katsayısı ($e = 0.70$): Enerji kaybını modellemektedir
- Bu parametrelerin dengeli seçimi optimal performans için kritiktir

6.4 Uygulama Alanları

Bu tür Kalman filtresi uygulamaları gerçek dünyada şu alanlarda kullanılır:

- Hava ve uzay araçları navigasyonu
- Robotik ve otonom araçlar
- Radar ve sonar sistemleri
- GPS pozisyon tahmini
- Finansal piyasa tahmini
- Sinyal işleme uygulamaları

7. KAYNAKLAR VE REFERANSLAR

1. Kalman, R. E. (1960). "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems"
2. Welch, G., & Bishop, G. (2006). "An Introduction to the Kalman Filter"
3. Bar-Shalom, Y., Li, X. R., & Kirubarajan, T. (2001). "Estimation with Applications to Tracking and Navigation"
4. Simon, D. (2006). "Optimal State Estimation: Kalman, H_∞ , and Nonlinear Approaches"
5. Thrun, S., Burgard, W., & Fox, D. (2005). "Probabilistic Robotics"

Geliştirme Araçları:

- Python 3.x
- NumPy - Sayısal hesaplamalar
- Matplotlib - Görselleştirme
- ReportLab - PDF oluşturma

*Bu rapor otomatik olarak oluşturulmuştur.
Tarih: 03.10.2025 01:51:46*