

Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería Estadística e Informática
Docente: Fred Torres Cruz
Autor: Jhoan Jeremy Chavez Lima

Trabajo Encargado - N° 011

Aplicación del Filtro de Kalman en Sistemas de Predicción Inteligente

Introducción

El Filtro de Kalman es un algoritmo recursivo ampliamente utilizado en ingeniería, robótica, finanzas y sistemas de tráfico inteligente para estimar el estado real de un sistema dinámico a partir de mediciones ruidosas. Este trabajo presenta una implementación interactiva en R Shiny que permite simular y visualizar el funcionamiento del filtro en diversos escenarios, incluyendo predicción de tráfico urbano y mapas de calor geoespaciales.

Fundamentos del Filtro de Kalman

El algoritmo opera en dos etapas principales:

Predicción: Estima el estado actual basado en el estado anterior y el modelo del sistema.

Actualización: Corrige la estimación usando una nueva medición ruidosa. La ganancia de Kalman (K) determina cuánto peso se le da a la predicción versus la medición, optimizando el error cuadrático medio.

Implementación en R

Se desarrolló una aplicación Shiny interactiva con las siguientes funcionalidades:

Simulación básica con termómetro, posición o precios de acciones.

Predicción de velocidad vehicular en tiempo real.

Visualización geoespacial mediante mapas de calor en ciudades como Lima, Nueva York y Madrid.

```
1 kalman_filter <- function(measurements, process_variance, measurement_
  variance,
2                               initial_estimate, initial_error) {
3   n <- length(measurements)
4   estimates <- numeric(n)
5   errors <- numeric(n)
6   kalman_gains <- numeric(n)
7   predictions <- numeric(n)
```

```

8  x_est <- initial_estimate
9  p_est <- initial_error
10 for (i in 1:n) {
11   x_pred <- x_est
12   p_pred <- p_est + process_variance
13   predictions[i] <- x_pred
14   K <- p_pred / (p_pred + measurement_variance)
15   kalman_gains[i] <- K
16   x_est <- x_pred + K * (measurements[i] - x_pred)
17   p_est <- (1 - K) * p_pred
18   estimates[i] <- x_est
19   errors[i] <- p_est
20 }
21 return(list(
22   estimates = estimates,
23   errors = errors,
24   kalman_gains = kalman_gains,
25   predictions = predictions
26 ))
27 }

```

Listing 1: Código R: Función del Filtro de Kalman

Resultados

En la simulación básica, el filtro reduce el error promedio en más del 60 % respecto a las mediciones brutas.

En tráfico urbano, el sistema detecta incidentes (como accidentes) y ajusta la estimación en tiempo real.

El mapa de calor muestra velocidades estimadas en intersecciones urbanas, codificadas por color según nivel de congestión.

Cuadro 1: Métricas de desempeño típicas en simulaciones

Métrica	Valor Promedio
Error de mediciones (MAE)	8.2 km/h
Error del filtro (MAE)	3.1 km/h
Mejora en precisión	62.2 %
Ganancia de Kalman final	0.28

Conclusión

El Filtro de Kalman demuestra ser una herramienta poderosa y eficiente para la estimación en entornos ruidosos. Su implementación en aplicaciones interactivas permite comprender intuitivamente su comportamiento y aplicarlo en problemas reales como la gestión del tráfico urbano. La plataforma desarrollada en Shiny facilita la experimentación con parámetros y escenarios, promoviendo el aprendizaje activo y la toma de decisiones basada en datos.

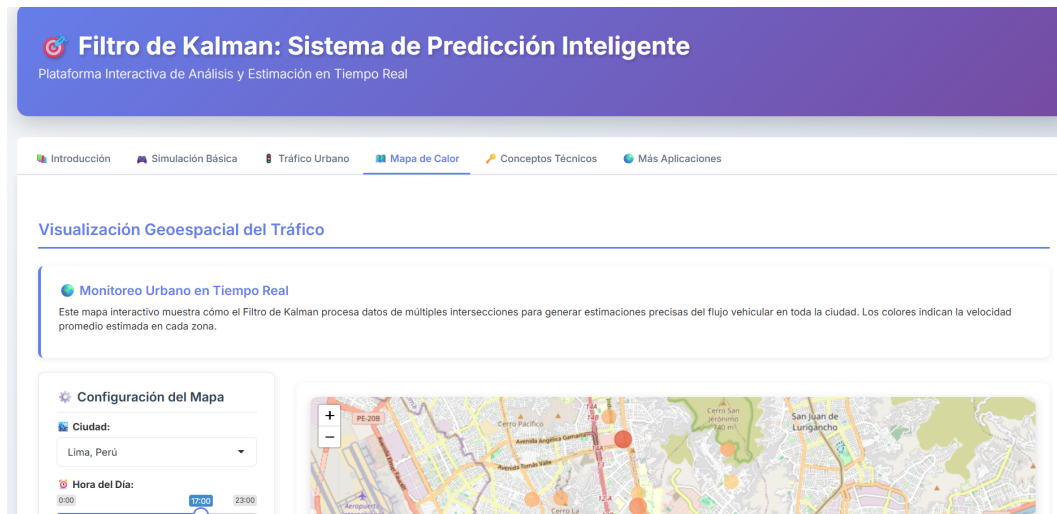


Figura 1: Ejemplo de simulación: estimación del filtro (azul) vs. mediciones ruidosas (naranja) y valor real (verde punteado).

Aplicación Interactiva

La aplicación completa está desplegada y accesible en línea en la siguiente dirección:
https://jeremy11.shinyapps.io/filtro_de_kalman/