

# Seguimiento de Animales usando YOLOv8 y Filtro de Kalman

## 1 Introducción

El seguimiento robusto de objetos en movimiento es una tarea clave en sistemas de visión por computadora. En este proyecto, se implementa un sistema de seguimiento para animales utilizando el modelo de detección YOLOv8 y filtros de Kalman para estimar posiciones futuras y mantener la identidad de los objetos a lo largo del tiempo, incluso cuando las detecciones son intermitentes.

## 2 Modelado del Filtro de Kalman

Para estimar la trayectoria de cada animal, se emplea un **Filtro de Kalman lineal** con el siguiente modelo:

### 2.1 Estado del sistema

El vector de estado está definido como:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix}$$

donde  $(x, y)$  representa la posición del objeto y  $(\dot{x}, \dot{y})$  su velocidad en los ejes horizontal y vertical, respectivamente.

### 2.2 Modelo de transición

Se asume un modelo de movimiento constante:

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

## 2.3 Modelo de observación

Como solo se observa la posición, la matriz de observación es:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

## 2.4 Covarianzas

- Covarianza inicial del estado:  $\mathbf{P} = 1000 \cdot \mathbf{I}_4$
- Ruido del proceso:  $\mathbf{Q} = \mathbf{I}_4$
- Ruido de observación:  $\mathbf{R} = 5 \cdot \mathbf{I}_2$

## 3 Detección de Objetos con YOLOv8

Para la detección se utilizó el modelo **YOLOv8n** (versión “nano”) de Ultralytics por las siguientes razones:

- **Rápido:** es adecuado para ejecutar en tiempo real en CPU sin GPU.
- **Suficiente precisión:** detecta animales comunes como aves, gatos, perros y caballos (clases 14–17 del dataset COCO).
- **Fácil de usar:** gracias a la integración con la librería `ultralytics` de Python.

Las detecciones se filtran por confianza (`conf=0.3`) y se extrae el centroide de cada caja para alimentar al filtro de Kalman.

## 4 Resultados y Análisis

### 4.1 Video de prueba

Se utilizó el video *“loro inteligente todo loro animales inteligentes funny.mp4”*, que presenta múltiples animales en movimiento. El sistema logró mantener el seguimiento aún con interrupciones en la detección gracias al modelo predictivo del filtro de Kalman.

### 4.2 Comportamiento observado

- Se asignan **IDs únicos** a cada animal.
- Se mantiene el seguimiento aunque un animal se oculte brevemente.
- La posición estimada se visualiza con un círculo verde y la caja detectada en azul.

**Imagen del video que se usó**



Figure 1: Figura 1. Loro en bicicleta.

## 5 Conclusiones

**Justificación del uso del Filtro de Kalman** El Filtro de Kalman es una herramienta matemática utilizada para estimar el estado de un sistema dinámico en presencia de ruido e incertidumbre. En el contexto del seguimiento de objetos en video, su aplicación es especialmente beneficiosa por las siguientes razones:

**Predicción y Corrección:** El filtro realiza una estimación predictiva de la posición futura del objeto basándose en su estado actual y luego corrige esta estimación utilizando las mediciones observadas. Esto permite mantener un seguimiento continuo incluso cuando las detecciones son intermitentes o ruidosas.

**Manejo de Oclusiones:** En situaciones donde el objeto se oculta temporalmente (oclusiones), el Filtro de Kalman puede predecir su posición durante la ausencia de detecciones, facilitando la reidentificación una vez que el objeto reaparece en la escena.

**Eficiencia Computacional:** Su naturaleza recursiva y lineal lo hace adecuado para aplicaciones en tiempo real, ya que requiere menos recursos computacionales en comparación con otros métodos más complejos.

**Reducción de Ruido:** Al considerar la incertidumbre tanto en el modelo del sistema como en las mediciones, el filtro suaviza las trayectorias estimadas, reduciendo el impacto de detecciones erróneas o fluctuaciones en las mediciones. Estas características hacen del Filtro de Kalman una opción adecuada para el seguimiento de animales en video, donde las condiciones pueden ser variables y las detecciones no siempre son consistentes.

**Justificación del uso de YOLOv8n** YOLOv8n es una versión optimizada del modelo YOLO (You Only Look Once) para la detección de objetos en imágenes y video. Su elección en este sistema se justifica por las siguientes consideraciones:

**Velocidad de Inferencia:** YOLOv8n está diseñado para ofrecer una alta velocidad de procesamiento, lo que es crucial para aplicaciones en tiempo real donde se requiere una respuesta rápida.

**Precisión Adecuada:** Aunque es una versión más ligera, mantiene una precisión aceptable para la detección de objetos comunes, como animales, en diversas condiciones de iluminación y fondo.

**Facilidad de Integración:** La disponibilidad de implementaciones preentrenadas y su compatibilidad con bibliotecas populares facilita su integración en sistemas existentes sin necesidad de un entrenamiento extenso.

**Flexibilidad:** Permite ajustar el umbral de confianza y otras configuraciones para adaptarse a las necesidades específicas del entorno de aplicación.

Estas ventajas hacen de YOLOv8n una herramienta eficaz para la detección de animales en video, proporcionando un equilibrio entre velocidad y precisión. Integración de Detección y Seguimiento La combinación de YOLOv8n para la detección de objetos y el Filtro de Kalman para el seguimiento proporciona un sistema robusto que puede:

- Detectar y localizar animales en cada cuadro del video.
- Mantener la identidad de cada animal a lo largo del tiempo, incluso en presencia de oclusiones o detecciones faltantes.
- Operar en tiempo real, lo que es esencial para aplicaciones prácticas como la vigilancia

o el monitoreo de fauna.

Esta integración permite un seguimiento coherente y eficiente de múltiples objetos en movimiento, adaptándose a las variaciones del entorno y las características del video.