

Sistema de Detección de Colisiones Vehiculares por Visión de Computadora

Ramirez Montaña, Andres Felipe
Universidad Nacional de Colombia
Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
andramirez@unal.edu.co

I. RESUMEN.

Para nadie es un secreto que el tráfico vehicular es una de las problemáticas estructurales que enfrentan cada día las ciudades, debido al crecimiento del parque automotor y mala gestión tanto en la seguridad y el monitoreo del mismo. En este documento se quiere presentar un sistema de detección de colisiones vehiculares usando inteligencia artificial, más específicamente la técnica de visión por computadora. El sistema analiza secuencias de video para identificar vehículos, mirar las trayectorias de las mismas y detectar colisiones a través de modelos de aprendizaje automático y patrones visuales. Como objetivo principal es ayudar a la planeación y gestión de la estructura vial, ya que al usar estadísticas con más accidentes será un punto de quiebre para tratar de mejorar y avanzar con el problema que influye cada día en la vida de las personas.

Palabras clave: Visión por computadora, colisión vehicular, monitoreo, seguridad, aprendizaje automático, inteligencia artificial.

Abstract— It is no secret that vehicular traffic is one of the structural problems that cities face every day, due to the growth of the vehicle fleet and poor management in both safety and monitoring. In this paper we want to present a vehicle collision detection system based on the computer vision technique. The system analyzes video sequences to identify vehicles, look at their trajectories and detect collisions through machine learning models and visual patterns. The main objective is to help the planning and management of the road structure, since using statistics with more accidents will be a break point to try to improve and move forward with the problem that influences people's lives every day.

Keywords— Computer vision, vehicle collision, monitoring, safety, machine learning, artificial intelligence.

II. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los sistemas de predicción/advertencia de colisiones en vehículos han adquirido cada vez mayor importancia para mejorar la seguridad vial. Estos sistemas pueden predecir colisiones inminentes y alertar a los conductores, dándoles tiempo para reaccionar y potencialmente evitar un accidente. Por lo tanto, se han convertido en una parte integral de los sistemas avanzados de asistencia al conductor [1].

En los últimos años, las técnicas de aprendizaje profundo han mejorado notablemente la visión por computadora hasta un nivel que casi alcanza las capacidades humanas en la percepción visual. Por lo tanto, no es sorprendente que los sistemas modernos de advertencia de colisión hayan adoptado técnicas de visión por computadora basadas en aprendizaje profundo [1]. Para este caso se pueden utilizar algunas herramientas tecnológicas que ya vienen con modelo preentrenados para detección de objetos como Yolo y análisis de tráfico [2] y detección de patrones importantes utilizando librerías como OpenCV utilizando el lenguaje de programación Python.

Ahora, con las causas de accidentes puede recurrir tanto a los errores humanos como la somnolencia, fatiga vial o algunas distracciones pero hay que tener en cuenta que las condiciones viales y ambientales también pueden causar accidentes de tránsito. Entre estos últimos se incluyen la falta de alumbrado público y las condiciones climáticas, como la niebla y la lluvia, que reducen la visibilidad y hacen que las carreteras sean resbaladizas. En estos casos, intervienen múltiples variables, tanto psicológicas como físicas. Factores como la falta de atención, la fatiga y el comportamiento inmaduro del conductor son algunas de las principales causas de accidentes de tránsito [3]. Según la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA), casi el 25 % de los accidentes reportados a la policía implican algún tipo de falta de atención del conductor: el conductor está distraído, fatigado, dormido o absorto en sus pensamientos [4]. Casi el 50 % de los accidentes que involucran falta de atención se deben a la distracción del conductor [4], [5].

En este artículo se propone el desarrollo de un sistema computacional capaz de utilizar algoritmos de detección y monitoreo para identificar patrones relacionados con colisiones vehiculares. La solución se basa en técnicas de procesamiento y análisis de imágenes, combinadas con mecanismos de almacenamiento de datos, con el objetivo de establecer una infraestructura inteligente para la gestión del tráfico mediante visión por computadora.

III. TRABAJOS RELACIONADOS

La aplicación de la inteligencia artificial en diversos sectores, como la reducción del impacto de los accidentes en las carreteras colombianas, busca ofrecer una herramienta específica, actualizada y precisa para detectar choques de manera exacta. Esto tiene como objetivo aumentar las probabilidades de una respuesta rápida por parte de los servicios de emergencia, acortar los tiempos de atención, prevenir consecuencias más graves y, al final del

día, salvar vidas. Además, esta herramienta puede proporcionar información valiosa para analizar y mejorar la seguridad vial, optimizando así la toma de decisiones en el ámbito institucional y gubernamental.

En la revista Y. Xu et al., "TAD: A Large-Scale Benchmark for Traffic Accidents Detection From Video Surveillance" [9] proponen unos algoritmos para hacer el monitoreo del tráfico donde según este artículo se proponen como:

- **Algoritmo de clasificación**
- **Algoritmo de detección de objetos**

Donde estos son los más populares para detectar objetos que poseen tanto como una formación o una posición característica en las imágenes de entrenamiento. Por ejemplo, el algoritmo de clasificación funciona como un clasificador binario para distinguir entre imágenes que contienen vehículos dañados como clase positiva y no como clase negativa y con respecto al algoritmo de detección de objetos se tiene que YOLOv4 posee más precisión con respecto la detección de objetos bajo condiciones climáticas fuertes. Además con la llegada de YOLOv9 refina más la infraestructura y procedimientos de entrenamiento y también aprovecha el escalado del modelo, la detección sin anclas y las estrategias de entrenamiento mejoradas para lograr mejores resultados en varios puntos de referencia.

Por otro lado en otro documento [11] se centra en técnicas previas para la detección y predicción de accidentes de tráfico, basadas principalmente en el seguimiento de vehículos mediante procesamiento de vídeo y análisis de trayectorias. Estas técnicas incluyen métodos clásicos como la detección de movimiento por diferencia entre frames y el uso de filtros de Kalman para predecir movimientos futuros. También se mencionan enfoques basados en modelos geométricos 3D que permiten estimar la posición y orientación de los vehículos para calcular posibles intersecciones de trayectoria. Otra línea abordada es el uso de redes neuronales autoorganizadas, especialmente las tipo Kohonen y sus variantes difusas, con el fin de agrupar y aprender patrones de comportamiento vehicular. Para la predicción de colisiones, se usan cálculos probabilísticos que combinan la probabilidad de que dos vehículos pertenezcan a ciertos patrones de movimiento y la probabilidad condicional de colisión entre ellos, ajustada temporalmente mediante una función gaussiana. Algunos trabajos también aplican análisis de distancia entre puntos críticos de las trayectorias para identificar riesgos inminentes. En general, los enfoques revisados integran técnicas de visión artificial, modelado espacial y razonamiento probabilístico para mejorar la capacidad de anticipación ante eventos anómalos o accidentes en entornos de tráfico complejos.

La metodología presentada en el artículo se enfoca en un sistema para detectar y analizar accidentes de tráfico a través del análisis de video de vigilancia. Combina técnicas de detección de objetos, seguimiento de vehículos y análisis de patrones en el tiempo y el espacio. Aquí tienes un resumen más claro:

El sistema inicia con la detección de vehículos usando el modelo YOLO v3, que permite identificar rápidamente los

vehículos en la escena. Este paso es crucial para localizar los vehículos que podrían estar involucrados en un accidente. Luego, se lleva a cabo un análisis del movimiento basado en la trayectoria antes de la colisión. Para esto, se utiliza una técnica de agrupamiento jerárquico que ayuda a recuperar las trayectorias completas de los vehículos antes del evento.

Una vez que se obtienen las trayectorias, el sistema examina patrones de movimiento inusuales y calcula la probabilidad de que ocurra un accidente. Este análisis incluye la comparación entre secuencias normales y atípicas, lo que ayuda a diferenciar entre eventos accidentales y situaciones cotidianas. Además, el sistema no requiere hardware especializado ni GPU, lo que lo hace eficiente y viable para su implementación en tiempo real.

En términos de rendimiento, el sistema supera a los métodos que se basan únicamente en aprendizaje profundo, logrando una mayor precisión y una menor tasa de falsas alarmas (FAR), especialmente en situaciones donde otros modelos suelen fallar. Esto se debe a la combinación de estrategias clásicas de procesamiento de video con técnicas avanzadas de agrupamiento y detección temprana de anomalías.

En resumen, la metodología combina la detección rápida de vehículos con YOLO v3, la reconstrucción de trayectorias mediante agrupamiento jerárquico y el análisis de patrones para identificar accidentes, logrando un balance entre precisión y eficiencia sin necesidad de recursos computacionales costosos.

III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

REFERENCIAS

- [1] C. Chitraranjan, V. Vipulanathan, y T. Sritharan, «Vision-Based Collision Warning Systems with Deep Learning: A Systematic Review», *Journal Of Imaging*, vol. 11, n.º 2, p. 64, feb. 2025, doi: 10.3390/jimaging11020064.
- [2] Y. Sui, S. Zhou, Z. Ju and H. Zhang, "A Vision-Based System Design and Implementation for Accident Detection and Analysis via Traffic Surveillance Video," in *IEEE Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 45, no. 2, pp. 171-181, Spring 2022, doi: 10.1109/ICJECE.2022.3154294.
keywords: {Accidents;Trajectory;Surveillance;Computational modeling;Estimation;Cameras;Artificial intelligence;Accident detection;speed estimation;target tracking;unbiased finite impulse response (UFIR) filter;vehicles},
- [3] A. Mukhtar, L. Xia and T. B. Tang, "Vehicle Detection Techniques for Collision Avoidance Systems: A Review," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 5, pp. 2318-2338, Oct. 2015, doi: 10.1109/TITS.2015.2409109.
keywords: {Vehicles;Laser radar;Radar tracking;Vehicle detection;Roads;Cameras;Driver assistance system (DAS);motorcycle detection;sensors;tracking;vehicle detection;Driver assistance system (DAS);motorcycle detection;sensors;tracking;vehicle detection},
- [4] T. A. Ranney, E. Mazzae, R. Garrott, and M. J. Goodman, "Driver distraction research: Past, present, and future," *Transp. Rese. Center Inc.*, East Liberty, OH, USA, Jul. 2000.
- [5] J. D. Lee, K. L. Young, and M. A. Regan, "Defining driver distraction (Chapter 3)," in *Driver distraction: Theory, Effects and Mitigation*, ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2008, p. 672.
- [6] S. K. Gehrig and F. J. Stein, "Collision Avoidance for Vehicle-Following Systems," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 8, no. 2, pp. 233-244, June 2007, doi: 10.1109/TITS.2006.888594.
keywords: {Collision avoidance;Remotely operated vehicles;Vehicle dynamics;Intelligent vehicles;Adaptive systems;Programmable control;Adaptive control;Control systems;Navigation;Actuators;Computer vision;intelligent vehicle;robotics;stereo vision}.
- [7] S. Ateş, H. Arumugam, O. Masoud, R. Janardan and N. P. Papanikolopoulos, "A vision-based approach to collision prediction at traffic intersections," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 6, no. 4, pp. 416-423, Dec. 2005, doi: 10.1109/TITS.2005.858786.
keywords: {Road accidents;Traffic control;Real time systems;Hidden Markov models;Intelligent transportation systems;Testing;Video sequences;Automotive engineering;Road vehicles;Vehicle detection;Collision prediction;machine vision;real-time systems;tracking;traffic control (transportation)},
- [8] M. Kilicarslan and J. Y. Zheng, "Predict Vehicle Collision by TTC From Motion Using a Single Video Camera," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 20, no. 2, pp. 522-533, Feb. 2019, doi: 10.1109/TITS.2018.2819827.
keywords: {Cameras;Roads;Radar tracking;Tracking;Merging;Vehicles;ADAS;TTC;collision avoidance;driving video;computer vision;motion profile;spatial-temporal filtering},
- [9] Y. Xu et al., "TAD: A Large-Scale Benchmark for Traffic Accidents Detection From Video Surveillance," in *IEEE Access*, vol. 13, pp. 2018-2033, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3522384.
keywords: {Accidents;Benchmark testing;Video surveillance;Feature extraction;Classification}

algorithms;YOLO;Visualization;Cameras;Traffic control;Prediction algorithms;Traffic accidents;large-scale;surveillance cameras;open-sourced},

[10] V. A. Adewopo and N. Elsayed, "Smart City Transportation: Deep Learning Ensemble Approach for Traffic Accident Detection," in IEEE Access, vol. 12, pp. 59134-59147, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3387972.

keywords: {Accidents;Road traffic;Smart cities;Traffic control;Feature extraction;Computer architecture;Cameras;Traffic control;Autonomous vehicles;Deep learning;Traffic surveillance;accident detection;action recognition;smart city;autonomous transportation;deep learning},

[11] Weiming Hu, Xuejuan Xiao, D. Xie, Tieniu Tan and S. Maybank, "Traffic accident prediction using 3-D model-based vehicle tracking," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 53, no. 3, pp. 677-694, May 2004, doi: 10.1109/TVT.2004.825772.

keywords: {Road accidents;Predictive models;Remotely operated vehicles;Intelligent vehicles;Traffic control;Trajectory;Surveillance;Road vehicles;Intelligent systems;Telecommunication traffic},

[12] Y. Sui, S. Zhou, Z. Ju and H. Zhang, "A Vision-Based System Design and Implementation for Accident Detection and Analysis via Traffic Surveillance Video," in IEEE Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 45, no. 2, pp. 171-181, Spring 2022, doi: 10.1109/ICJECE.2022.3154294.

keywords: {Accidents;Trajectory;Surveillance;Computational modeling;Estimation;Cameras;Artificial intelligence;Accident detection;speed estimation;target tracking;unbiased finite impulse response (UFIR) filter;vehicles},

[13]

[14]

[15]