

Sistema avanzado de asistencia al conductor para la detección de somnolencia utilizando puntos de referencia faciales

Advanced Driver Assistance System for the drowsiness detection using facial landmarks

Luis Darío Sinche Cueva

Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador
ldsinc@utpl.edu.ec

Jorge Cordero

Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador
jmcordero@utpl.edu.ec

Resumen — En este trabajo se presenta el desarrollo de una solución para detectar la somnolencia de un conductor en tiempo real y emitir alertas para evitar posibles accidentes de tránsito. Particularmente, se realiza un análisis de los métodos usados para la detección de somnolencia mediante visión por computadora, centrándose en la utilización de puntos de referencia faciales. La distracción, somnolencia, el cansancio, el exceso de velocidad y la fatiga, son las principales causas de accidentes y, precisamente, los sistemas avanzados de asistencia al conductor contribuyen a reducir estos graves errores humanos.

Palabras Clave — Puntos de referencia faciales; Visión por computadora; Detección de somnolencia.

Abstract — This paper presents the development of a solution to detect a driver's drowsiness in real time and issue alerts to avoid possible traffic accidents. In particular, an analysis of the methods used for the detection of drowsiness by computer vision is performed, focusing on the use of facial reference points. Distraction, drowsiness, tiredness, speeding and fatigue are the main causes of accidents and, precisely, advanced driver assistance systems ADAS help reduce these serious human errors.

Keywords — Facial landmark; Computer vision; Drowsiness Detection.

I. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos provocan accidentes de tránsito porque están distraídos, somnolientos, bajo sustancias psicotrópicas o por el simple hecho de ser malos conductores. A pesar de esto, el ser humano es el mejor sistema de control de percepción [1]. La somnolencia evita que la conducción sea segura, ya que reduce la velocidad de reacción del conductor, dando como resultado una probabilidad del 50% de causar muerte o lesiones graves en caso de impactos a alta velocidad [2].

Ante esta problemática, se desarrollan los Sistemas de Asistencia al Conductor (DAS), que ayudan al ser humano a

mantener una conducción segura. Los DAS informan sobre el estado del vehículo y el entorno al conductor, además, advierten al conductor sobre posibles riesgos que puede afectar al vehículo y así mismo. Dentro de los DAS, se tiene, por ejemplo: estabilidad de conducción, estacionamiento automático, control lateral, control de tracción, sistema antibloqueo, entre otros. En algunas operaciones los DAS requieren de un procesamiento complejo para realizar sus funciones como en el caso del control de cambio de carril o el soporte para mantener el carril, es así que se desarrollan los Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS, por sus siglas en inglés Advanced Driver Assistance System) [3].

En este artículo se describe el desarrollo e implementación de un ADAS, para la detección de somnolencia del conductor, utilizando puntos de referencia faciales. En la estructura del artículo, la sección II presenta los antecedentes que explican la problemática. En la sección III se describen estudios sobre métodos para la detección de somnolencia. La sección IV presenta la metodología y arquitectura del sistema. La sección V muestra los resultados preliminares. Finalmente, en la sección VI se describen las conclusiones y trabajos futuros.

II. ANTECEDENTES

En Ecuador, en el año 2019, el número de accidentes fue de 24595, causando 19999 personas lesionadas y 2180 fallecidos [4]. Según las estadísticas, el número de vehículos matriculados creció el 7,4% entre el año 2017 y 2018, llegando a un total de 2.403.651 vehículos a nivel nacional. En el año 2018, el 24.13% de los accidentes se debe a conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor), y el 1.38% a conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas (sueño, cansancio y fatiga) [5].

En la Tabla I se presenta los alarmantes valores de heridos y fallecidos, por año, a causa de los accidentes de tránsito en

Ecuador. Investigadores han puesto en marcha proyectos que permitan evitar accidentes de tránsito implementando ADAS.

TABLA I. ACCIDENTES EN EL PERIODO 2015-2019 EN ECUADOR

	2015	2016	2017	2018	2019
Accidentes	35.706	30.269	28.967	25.530	24.595
Heridos	25.234	21.458	22.018	19.858	19.999
Muertes	2.138	1.967	2.153	2.151	2.180

III. TRABAJOS RELACIONADOS

Existe en la literatura investigaciones que han desarrollado métodos para la detección de la somnolencia. Algunas han centrado sus estudios en analizar los rasgos faciales y el estado actual del conductor en tiempo real, para en caso de detectar fatiga, cansancio o somnolencia emitir alertas que permita al conductor establecer medidas de seguridad para sí mismo, para otros conductores y para los peatones, con el fin de evitar accidentes [6], [7].

En [8] se presentan tres categorías de medir la somnolencia del conductor, considerando patrones de conducción del vehículo, características psicológicas y técnicas de visión por computadora. Los patrones de conducción se basan en el monitoreo del movimiento del volante, series de tiempo de aceleración o salida de carril. Las técnicas que miden características psicológicas del conductor, se centran en bio-señales eléctricas como datos de Electroencefalografía (EEG), Electrocardiograma (ECG) y Electrooculograma (EOG) y ofrecen una precisión del 89.5% en detectar la somnolencia. Sin embargo, su desarrollo es menor debido a la intromisión de los diversos sensores que deben ser conectados al conductor. Por lo tanto, las técnicas de visión por computadora son más populares y se concentran en monitoreo del cierre de los ojos, los patrones de bostezo y en general analizar los rasgos faciales y movimiento de la cabeza.

En [9], los autores describen una revisión de las técnicas para detectar somnolencia, acentuando su análisis en las investigaciones basadas en visión por computadora: técnica de coincidencia de plantilla, parpadeo de ojos, PERCLOS y de bostezo. Estas técnicas de visión por computadora tienen la ventaja de no ser intrusivas y de fácil uso, aunque una desventaja son las condiciones de iluminación.

En [10], se propone un sistema que detecta la somnolencia y el cansancio de un ser humano, mediante el análisis de emociones utilizando redes neuronales convolucionales y seguimiento ocular. El sistema monitorea la actividad de la persona, es decir, el cambio de emoción, mediante una webcam y emite una alerta en caso de un comportamiento anormal.

El sistema propuesto en [11], mide el tiempo que los ojos están cerrados, y si lo están por más de 4 segundos, el sistema emitirá una alerta para advertir al conductor, al mismo tiempo emite una notificación (sms) del estado del conductor y su ubicación mediante GPS, a contacto designado para casos de emergencia. Este sistema es puesto a prueba con una cámara de celular y concluye que la distancia óptima entre la cámara y el conductor es entre 25 a 100 cm. Se determina también que la calidad de la imagen no debe ser tan alta para evitar atrasos en el procesamiento de imágenes y respuesta del algoritmo.

En [12], se crea un sistema de monitoreo de seguridad del conductor basado en IoT y visión por computador para predecir futuros riesgos. El sistema utiliza detectores de puntos de referencia faciales para detectar el marco de cara y ojos del conductor, cuando detecta somnolencia alerta y actualiza una base de datos del estado del conductor.

Las estadísticas indican la necesidad de sistemas confiable de detección de somnolencia que pueda alertar al conductor antes de que ocurra un accidente. En [13] se describe una revisión de literatura para determinar la somnolencia del conductor utilizando: (1) medidas basadas en el vehículo; (2) medidas de comportamiento y (3) medidas fisiológicas. Una revisión detallada de estas medidas proporcionará información sobre los sistemas actuales, los problemas asociados con ellos y las mejoras que deben hacerse para hacer un sistema robusto.

Muchas investigaciones han sido probadas en laboratorios y no en vehículos reales en movimiento, esto debido a la seguridad del conductor que tiene que estar en estado activo, en estado somnoliento y en estado distraído, con el sistema puesto a prueba, y puede ser muy peligroso. El inconveniente de realizar las pruebas en laboratorio, es que se omiten los retos que el medio ambiente y la carretera presentan, como la iluminación variable, el cambio de fondo y las vibraciones del vehículo [14]. En [15] se presenta un modelo industrial llamado “copilot”, que ha sido probado por conductores de camiones. Este sistema detecta los ojos y calcula el porcentaje de cierre del ojo para medir la somnolencia del conductor.

En este trabajo se presenta el desarrollo e implementación de un sistema avanzado de asistencia al conductor, para detectar en tiempo real la somnolencia del conductor, utilizando puntos de referencia faciales.

IV. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la solución, se propone usar la metodología Scrum, la cual posee un método de gestión de proyectos iterativo e incremental [16]. La arquitectura del sistema se presenta en la Figura 1, se inicia con la adquisición de imagen mediante la webcam. El procesamiento de la imagen comienza redimensionando la imagen y cambiándola a escala de grises. A continuación, se realiza la evaluación de la apertura del ojo, llegando a obtener el valor de la relación de aspecto del ojo (EAR, por sus siglas en inglés Eye Aspect Ratio). Finalmente se evalúa el parámetro obtenido de EAR con respecto al umbral mínimo permitido. Si el valor es menor durante cierto intervalo de tiempo la alarma sonará, caso contrario seguirá procesando continuamente el algoritmo.

A. Detección por algoritmo de Viola & Jones

Para la detección de la somnolencia, se pusieron a consideración los métodos más utilizados y precisos, como lo es el algoritmo de Viola & Jones [17]–[19]. Este algoritmo usa clasificadores en cascada basados en características Haar para la detección de objetos. La función en cascada se forma a partir de muchas imágenes positivas y negativas. Luego se usa para detectar objetos en otras imágenes [20].

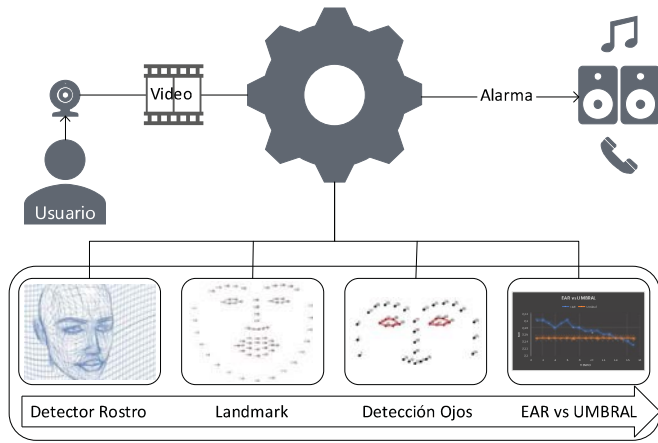


Figura 1. Arquitectura

En la Figura 2 se presenta el resultado de poner a prueba un algoritmo HaarCascade para la detección de rostro, seguido de un algoritmo HaarCascade para la detección de ojos. Por otra parte, al realizar algunas pruebas con una webcam y una cámara externa, se obtuvo resultados insatisfactorios, posiblemente a la variación de la luz. Particularmente, los recuadros verdes deberían ubicar únicamente los ojos, pero presenta errores, por lo tanto, se optó por utilizar puntos de referencia faciales.

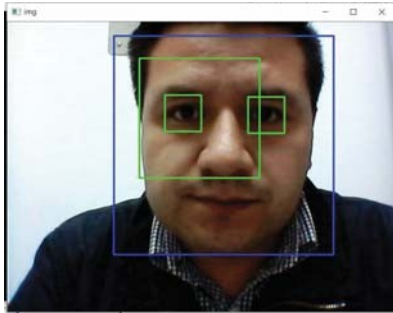


Figura 2. Prueba del algoritmo Viola & Jones

B. Detección de puntos de referencia faciales

Los puntos de referencia faciales se utilizan para localizar y representar regiones sobresalientes de la cara, tales como: ojos, cejas, nariz, boca.

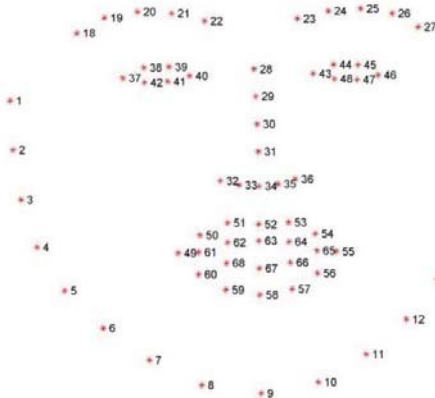


Figura 3. Puntos de referencia faciales [21]

En la Figura 3 se visualizan los índices de las 68 coordenadas (x, y) que se asignan a las estructuras faciales en la cara. Los puntos de referencia faciales se han aplicado con éxito a la alineación de rostros, la estimación de la postura de la cabeza, el intercambio de rostros, la detección de parpadeo y mucho más. [12]. El detector de puntos faciales pre-entrenado dentro de la biblioteca dlib se usa para estimar la ubicación de las 68 coordenadas.

C. Detección de ojos

Mediante la detección de puntos de referencia faciales, se extrae los puntos de referencia únicamente de los ojos (ver Figura 4). Cada ojo está representado por 6 (x, y) -coordenadas, comenzando en la esquina izquierda del ojo, y luego trabajando en sentido horario alrededor del resto de la región [22].

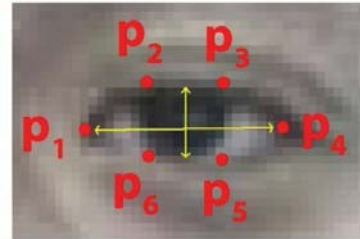


Figura 4. Puntos de referencia del ojo [21]

Existe una relación entre el ancho y el alto de estas coordenadas. En [22] se deriva una ecuación que refleja la relación de aspecto del ojo EAR. De acuerdo con los resultados se puede determinar límites del valor EAR para saber si una persona esta somnolienta.

$$EAR = \frac{\|p2-p6\| + \|p3-p5\|}{2\|p1-p4\|} \quad (1)$$

D. Evaluación de algoritmos

Para la evaluación de los algoritmos. Los algoritmos fueron implementados y evaluados en Python 3.6, para ello fue necesario implementar varias bibliotecas como OpenCV e imutils. Además, para la edición del código se utilizó Visual studio code.

El sistema fue desarrollado en una laptop Asus i7. La webcam incorporada trabajo al mismo nivel que una cámara ActiView, es decir, ambas dieron los mismos resultados.

El ambiente de trabajo fue en un salón de estudio, a diversas horas del día, pero manteniendo un ambiente luminoso casi regular, aunque con la cámara ActiView la intensidad de luminosidad aumentaba, los resultados seguían siendo los mismos. Se espera poner a prueba el sistema en un ambiente externo dentro de un vehículo a distintas horas del día y evaluar los resultados.

V. RESULTADOS PRELIMINARES

Los resultados obtenidos evaluando la detección de somnolencia mediante puntos de referencia faciales reflejan una precisión del 87%. El algoritmo soporta movimientos del rostro y de los ojos de distintas formas sin bajar la calidad de su detección. En la Figura 5 se observa el resultado de una persona

en un estado de somnolencia, dado que presenta un índice EAR de 0.12, por lo tanto, se activa una la alarma para despertar al conductor.



Figura 5. Puntos de referencia del ojo

VI. CONCLUSIONES

Se presenta la propuesta de desarrollo de un sistema avanzado de asistencia al conductor para la detección de somnolencia, donde el algoritmo basado en puntos de referencia faciales constituye un referente dado soporta los movimientos de la persona.

Los resultados de las pruebas preliminares realizadas en varias condiciones ambientales, son satisfactorios y reflejan una precisión del 87%.

El sistema propuesto permitirá detectar cuando un conductor esta somnoliento, de esta forma se podrá reducir el número de accidentes de tránsito.

Como trabajo futuro se implementará el sistema de detección de somnolencia en un ambiente real dentro de un vehículo, además, se implementará la detección de distracción del conductor en tiempo real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] WHO, "Driver Fatigue and Road Accidents Factsheet," *R. Soc. Prev. Accid.*, vol. Registered, no. August, pp. 3–5, 2017.
- [2] L. Fridman *et al.*, "MIT Autonomous Vehicle Technology Study: Large-Scale Deep Learning Based Analysis of Driver Behavior and Interaction with Automation," vol. 6, pp. 1–17, 2017.
- [3] M. Zhao, "Advanced Driver Assistant System: Theats, Requirements and Security Solutions," *Tech. White Pap.*, pp. 1–36, 2016.
- [4] Agencia Nacional de Tránsito, "Descargables - Accidentes2015 - Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador - ANT," *Agencia Nacional de Tránsito*, 2015. .
- [5] INEC, "Estadísticas de Transporte," 2019. .
- [6] J. Goncalves, E. Silva, and V. Carvalho, "Detection of sleep disturbances for road prevention," in *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2018, pp. 1–4.
- [7] K. Malecki, A. Nowosielski, and P. Forczmański, "Multispectral data acquisition in the assessment of driver's fatigue," in *International Conference on Transport Systems Telematics*, 2017, pp. 320–332.
- [8] B. Reddy, Y. H. Kim, S. Yun, C. Seo, and J. Jang, "Real-Time Driver

Drowsiness Detection for Embedded System Using Model Compression of Deep Neural Networks," *IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Work.*, vol. 2017-July, pp. 438–445, 2017, doi: 10.1109/CVPRW.2017.59.

- [9] M. Rizwan, M. Aslam, M. Imran, and M.-E. A. Maria, *Driver's Drowsiness Detection Through Computer Vision: A Review*, vol. 164. Springer International Publishing, 2015.
- [10] S. Nandyala, G. K. C. Bhushan, V. Gandhi, and M. Manalikandy, "Emotion Analytics for Advanced Driver Monitoring System," *SAE Tech. Pap. Ser.*, vol. 1, 2019, doi: 10.4271/2019-26-0025.
- [11] A. Syahirah, A. Bakar, G. K. Shan, G. L. Ta, and R. A. Karim, *Proceedings of the 10th National Technical Seminar on Underwater System Technology 2018*, vol. 538. Springer Singapore, 2019.
- [12] S. E. Shan, M. F. Faisal, S. Rezaul Haque, and P. Saha, "IoT and Computer Vision Based Driver Safety Monitoring System with Risk Prediction," *Int. Conf. Comput. Commun. Chem. Mater. Electron. Eng. IC4ME2 2018*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/IC4ME2.2018.8465617.
- [13] A. Sahayadhas, K. Sundaraj, and M. Murugappan, "Detecting driver drowsiness based on sensors: a review," *Sensors*, vol. 12, no. 12, pp. 16937–16953, 2012.
- [14] L. C. Jain, S. Patnaik, and N. Ichalkaranje, "Intelligent computing, communication and devices: Proceedings of ICCD 2014, volume 1," *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 308 AISC, no. VOLUME 1, pp. 737–743, 2015, doi: 10.1007/978-81-322-2012-1.
- [15] R. Grace and S. Steward, "Drowsy Driver Monitor and Warning System," no. August, pp. 64–69, 2017, doi: 10.17077/drivingassessment.1010.
- [16] K. Schwaber and J. Sutherland, "La guía de Scrum," *Scrumguides. Org*, vol. 1, p. 21, 2013.
- [17] Y.-Q. Wang, "An analysis of the Viola-Jones face detection algorithm," *Image Process. Line*, vol. 4, pp. 128–148, 2014.
- [18] D. C. Salazar, H. G. Alvarado, C. B. G. Maldonado, and L. Lanzarini, "Object detection application and Viola Jones algorithm for the development of a database in Alzheimer's patients," in *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pp. 1–7.
- [19] M. Kahlon and S. Ganesan, "Driver Drowsiness Detection System Based on Binary Eyes Image Data," in *2018 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT)*, 2018, pp. 209–215.
- [20] "OpenCV: Cascade Classifier." .
- [21] M. Oh, Y. Jeong, and K.-H. Park, "Driver Drowsiness Detection Algorithm based on Facial Features," *J. Korea Multimed. Soc.*, vol. 19, no. 11, pp. 1852–1861, 2016, doi: 10.9717/kmms.2016.19.11.1852.
- [22] T. Soukupova and J. Cech, "Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks," *Cent. Mach. Perception, Dep. Cybern. Fac. Electr. Eng. Czech Tech. Univ. Prague*, pp. 1–8, 2016, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.