



Visión artificial para control de estacionamiento vehicular

Artificial vision for vehicle parking control

Visão artificial para controle de estacionamento de veículos

Jonathan Victor Aguilar-Alvarado ^I
jaguilar@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0137-2618>

Wilmer Braulio Rivas-Asanza ^{II}
wrvivas@utmachala.edu.ec
<http://orcid.org/0000-0002-2239-3664>

Karina Elizabeth Garcia-Galarza ^{III}
kgarcia@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2425-8685>

Correspondencia: jaguilar@utmachala.edu.ec

Ciencias técnica y aplicadas
Artículos de investigación

***Recibido:** 16 de julio de 2021 ***Aceptado:** 30 de agosto de 2021 *** Publicado:** 20 de septiembre de 2021

- I. Ingeniero de Sistemas, Magíster en Tecnologías de la Información, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- II. Ingeniero de Sistemas, Magíster en Gestión de Tecnologías de la Información, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- III. Ingeniera de Sistemas, Magíster en Tecnologías de la Información Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Resumen

En la actualidad una de las causas por el aumento de congestión vehicular es la falta de disponibilidad de parqueo vehicular. La presente investigación se centra en el desarrollo de un sistema capaz de identificar plazas de estacionamiento disponibles mediante el análisis de imágenes y videos de parqueaderos usando la librería de visión artificial Open CV y el lenguaje de programación Python. Consiste en identificar y definir las coordenadas de la región de interés del espacio de estacionamiento (ROI). Usando visión artificial se realiza la detección de plaza libre u ocupada mediante la técnica de desenfoque gaussiano, luego convertir las imágenes de RGB a escala de grises. Posteriormente, se evalúan los ROI originales y el ROI de la imagen convertida y finalmente, calcular si la desviación estándar y el promedio son mayor y menor a un umbral.

La última actividad del presente trabajo de investigación se basa en la elaboración de cinco pruebas en diferentes entornos. A cada prueba se aplicó la matriz de confusión como herramienta de evaluación de testeos y las métricas: Exactitud (Accuracy), Sensibilidad (Recall) y Precisión (Precisión). La evidencia obtenida indica que el modelo propuesto permite detectar el estado de las plazas dentro de un parqueadero, con un grado de exactitud del 92%, precisión del 80% y una sensibilidad del 79% como promedio de las cinco pruebas realizadas. Estos resultados también evidenciaron que el éxito del modelo depende del ángulo de la cámara y factores de luz.

Palabras claves: Inteligencia artificial; OpenCV; Parqueo inteligente; Visión artificial.

Abstract

Currently one of the causes for the increase in traffic congestion is the lack of availability of vehicle parking. This research focuses on the development of a system capable of identifying available parking spaces by analyzing parking images and videos using the Open CV computer vision library and the Python programming language.

It consists of identifying and defining the coordinates of the parking space region of interest (ROI). Using artificial vision, the detection of free or occupied space is carried out using the Gaussian blur technique, then converting the images from RGB to grayscale. Subsequently, the original ROI and the ROI of the converted image are evaluated and finally, calculate if the standard deviation and the average are greater and less than a threshold.

The last activity of this research work is based on the development of five tests in different settings. The confusion matrix was applied to each test as a test evaluation tool and the metrics: Accuracy

(Accuracy), Sensitivity (Recall) and Precision (Precision). The evidence obtained indicates that the proposed model allows detecting the state of the parking spaces within a parking lot, with a degree of accuracy of 92%, precision of 80% and a sensitivity of 79% as an average of the five tests carried out. These results also showed that the success of the model depends on the camera angle and light factors.

Keywords: Artificial intelligence; OpenCV; Smart parking; Artificial vision.

Resumo

Atualmente uma das causas para o aumento do congestionamento do tráfego é a falta de disponibilidade de estacionamento de veículos. Esta pesquisa tem como foco o desenvolvimento de um sistema capaz de identificar vagas de estacionamento disponíveis por meio da análise de imagens e vídeos de estacionamento usando a biblioteca de visão computacional Open CV e a linguagem de programação Python.

Consiste em identificar e definir as coordenadas da região de interesse do estacionamento (ROI). Usando a visão artificial, a detecção do espaço livre ou ocupado é realizada usando a técnica de desfoque gaussiano, convertendo as imagens de RGB para tons de cinza. Posteriormente, o ROI original e o ROI da imagem convertida são avaliados e, por fim, calcule se o desvio padrão e a média são maiores e menores que um limite.

A última atividade deste trabalho de pesquisa baseia-se no desenvolvimento de cinco testes em diferentes ambientes. A matriz de confusão foi aplicada a cada teste como uma ferramenta de avaliação de teste e as métricas: Exatidão (Exatidão), Sensibilidade (Recuperação) e Precisão (Precisão). As evidências obtidas indicam que o modelo proposto permite detectar a situação das vagas de estacionamento dentro de um estacionamento, com grau de acerto de 92%, precisão de 80% e sensibilidade de 79% em média dos cinco testes realizados. Esses resultados também mostraram que o sucesso do modelo depende do ângulo da câmera e dos fatores de luz.

Palavras-chave: Artificial intelligence; OpenCV; Estacionamento inteligente; Visão artificial.

Introducción

El campo de la inteligencia artificial ha evolucionado a pasos agigantados en los últimos tiempos, existen una diversidad de aplicaciones que se le pueden dar a estas tecnologías, con la finalidad de ayudar a solucionar problemas comunes de la sociedad (Bichu et al., 2021).

Uno de los problemas que presentan las grandes ciudades, es la cantidad de vehículos que transitan por sus calles y a diario buscan plazas de estacionamiento, las cuales son escasas desde las primeras horas de la mañana (Vasquez et al., 2017). Los propietarios de los vehículos se sienten afectados al no conseguir una plaza disponible pues esto representa atrasos al ingresar a sus trabajos, estudios o realizar alguna actividad. Los gobiernos locales han implementado el estacionamiento tarifado (Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics et al., 2020), pero esto aún no es suficiente, pues es mucho el tiempo que se necesita para encontrar una plaza disponible en alguno de los parqueaderos de la ciudad.

En base a esta problemática han surgido algunas ideas innovadoras como el de diseñar un sistema inteligente de estacionamiento que permita conocer la plazas disponibles de manera eficiente (Fabian, 2008; ICICCS, 2018; International Conference on Trends in Electronics and Informatics et al., 2019), haciendo uso de cámaras y algoritmos de visión artificial, de esta manera los conductores y dueños de estacionamientos pueden conocer rápidamente la cantidad de plazas disponibles sin la necesidad de ingresar, esto representaría una gran ayuda para centros comerciales que disponen de estacionamientos que permiten hasta más de 150 vehículos cuyo conteo manual sería muy lento.

Los algoritmos de visión artificial permiten adquirir, procesar y analizar imágenes del mundo real mediante el uso de computadores (Chandrasekaran et al., 2021). Esta tecnología actualmente es consumida en diversos ámbitos como el desbloqueo de teléfonos por reconocimiento facial (Drimalla et al., 2021), seguridad entre otros. La presente investigación tendrá como objetivo desarrollar un sistema capaz de identificar plazas de estacionamiento disponibles mediante el análisis de imágenes y videos de parqueaderos haciendo uso de la librería de visión artificial Open CV y el lenguaje de programación Python.

Varias investigaciones se han interesado en esta problemática y han propuesto algunas alternativas. A este respecto se destacan los siguientes estudios relacionados con propuestas utilizando visión artificial:

(Shih & Tsai, 2014) implementan un sistema basado en imágenes tomadas con cámaras de gran angular (ojo de pez) de alta resolución. Utilizan filtros Hough y sustracción del fondo para la detección de espacios ocupados. (Stanislav Vitek & Petr Melničuk, 2017) proponen un sistema distribuido de cámaras inalámbricas que, a través de módulos Raspberry Pi, filtros HOG y clasificadores SVM, logran evaluar 10 slots por segundo con un 90% de precisión. (Paidi et al., 2018) destaca los aportes que el uso de visión artificial, redes neuronales, enfoques convolucionales y multiagente proporciona en la búsqueda de estacionamiento gratuito. (Masmoudi et al., 2015) hacen uso de las cámaras ya instaladas por los sistemas de vigilancia en las ciudades para localizar las ranuras abiertas y guiar al conductor. Utilizan un sistema de visión por computadora distribuido de múltiples agentes.

(Bibi et al., 2017) trabajan en video streaming tomados desde cámaras de alta vigilancia, enfatizan que el video debe estar segmentado, reduciéndolo a unas tomas estáticas que luego serán analizadas. (Martin Nieto et al., 2019) experimentan con un sistema basado en múltiples tomas, de diferentes cámaras, al que se le añaden varios tipos de pre procesamiento gráfico, demostrando que los sistemas basados en visión resisten diferentes condiciones ambientales, manteniendo un correcto funcionamiento.

(de Almeida et al., 2015) experimentan con descriptores de textura: Patrones binarios locales y, a través de un clasificador de máquina de vectores de soporte, declare buenos resultados de detección cuando las muestras provienen de la misma toma de cámara; en otros casos indican que la efectividad disminuye notablemente; como aporte adicional ponen a disposición una base de datos de imágenes de estacionamiento. Este último también lo hace (Zhang et al., 2018)

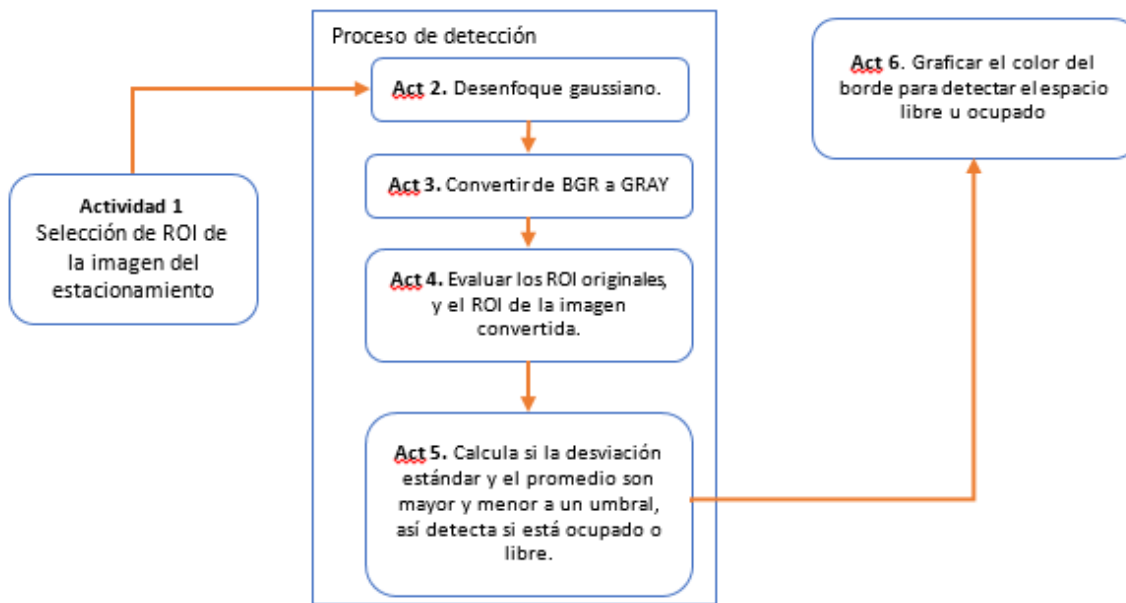
Además de las propuestas que utilizan Visión artificial hay otras que utilizan IoT y sensores integrados (ICICCS, 2018). Los sistemas que hacen uso de imágenes (Visión artificial) tienen como gran ventaja la mínima necesidad de infraestructura, lo que reduce significativamente los costos. Sin embargo, a pesar de existir algunos esfuerzos, la solución tecnológica utilizando Visión artificial todavía está en progreso, es por ello que el presente trabajo de investigación propone las siguientes contribuciones: (i) Proponer una modelo utilizando regiones de interés desarrollada mediante la herramienta YAML, además se utiliza técnicas de visión artificial como enfoque gaussiano. (ii) Evaluar con cinco pruebas en diferentes entornos y a través de métricas de evaluación determinar la Exactitud (Accuracy), Sensibilidad (Recall) y Precisión (Precisión) de

cada prueba. (iii) Determinar los factores que pueden afectar a la Exactitud (Accuracy), Sensibilidad (Recall) y Precisión (Precisión) de cada prueba.

Metodología

La Figura 1: resume las seis actividades principales consideradas para alcanzar la contribución (i) mencionada en la Introducción.

Figura 1. Proceso de detección



Fuente: Elaboración propia

La primera actividad consiste en seleccionar las regiones de interés (ROI) para ello se define coordenadas las cuales permitirán conocer el área a analizar, en este ejemplo las zonas serán rectangulares, esta actividad debe realizarse de manera manual en cada parqueadero donde se necesite implementar el modelo propuesto, esta selección consiste en dibujar mediante 5 puntos el área de interés, es decir graficar una por una cada plaza de aparcamiento, las plazas que no estén seleccionadas no serán contabilizadas por el algoritmo. La Figura 2 a continuación muestra el proceso de selección del ROI.

Figura 2. Selección de ROI



Fuente: Elaboración propia

Los puntos seleccionados serán guardados en un archivo en formato YAML, cada punto tendrá un valor para (X - Y) de esa manera tendremos cuatro coordenadas por cada plaza graficada como se muestra en la **Figura 1**.

Figura 1. Coordenadas del parqueo UTMACH

- id: 0	- id: 1
points:	points:
- - 152	- - 234
- - 262	- - 264
- - 225	- - 296
- - 262	- - 266
- - 195	- - 282
- - 331	- - 336
- - 135	- - 206
- - 322	- - 336

Fuente: Elaboración propia

Solo cuando se ha desarrollado la Actividad 1 se puede realizar la Actividad 2: consiste en aplicar técnicas de visión artificial como son los filtros de desenfoque Gaussiano el mismo que es un filtro de paso bajo, donde cada pixel en la imagen de salida es la suma ponderada del pixel correspondiente en la imagen original y los píxeles circundantes. En otras palabras, se elimina el ruido de alta frecuencia de la imagen provocando un desenfoque total en la imagen como se muestra a continuación en la Figura 4.

Figura 2. Desenfoque Gaussiano**Sin desenfoque****Con desenfoque gaussiano****Fuente:** Elaboración propia

Solo una vez concluida la actividad 2 se continúa con la Actividad 3 que consiste en la conversión de la imagen de BGR a GRAY que permite reducir de cierta medida la información de la imagen como estrategia para procesar las imágenes. Finalmente, la actividad 4, 5 y 6 se lleva a cabo una vez concluidas las actividades anteriores que consisten en evaluar los valores de ROI originales con los de la imagen de salida, el algoritmo crea una copia de dicha imagen para así poder compararla, esto luego permitirán calcular la desviación estándar y el promedio, si estos valores son mayor y menor a un umbral, se puede terminar si la plaza está ocupada o libre. En caso de que la plaza esté disponible se graficará un trazo de color verde y si está ocupada se realizará un trazo color rojo, tal como se muestra en la **Figura 3**.

La detección del estado del parqueadero se define principalmente cuando el algoritmo detecta un cambio entre los valores de ROI recogidos inicialmente y los cálculos al momento de analizar el vídeo o imagen en cuestión. Varios factores pueden influir en la predicción del mismo, tales como cantidad de luz, ángulo de visión, clima y manchas en las plazas de aparcamiento.

Figura 3. Trazo de plazas disponibles y ocupadas**Fuente:** Elaboración propia

a) Resultados

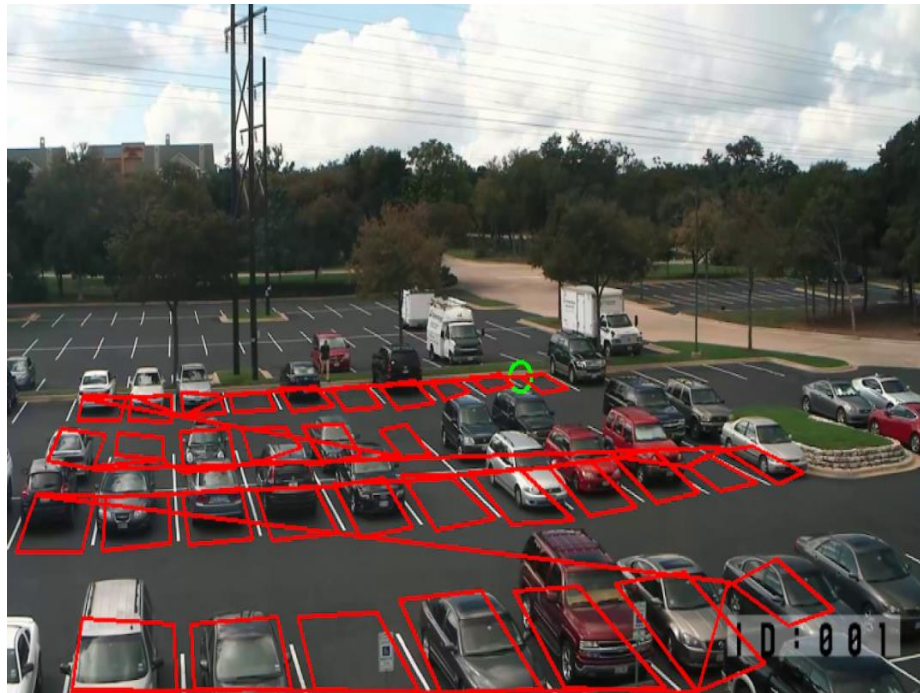
En esta sección se diseñan cinco pruebas de testeo en diferentes escenarios cuyo objetivo es alcanzar la contribución (ii) y (iii) mencionada en la Introducción.

Cada prueba muestra los resultados cuantitativos a partir de la determinación de la matriz de confusión. En esta matriz se presentan los valores de verdaderos positivos (plazas libres que el modelo propuesto predice que están libres), verdaderos negativos (plazas ocupadas que el modelo propuesto predice que están ocupadas), falsos negativos (plazas libres que el modelo propuesto predice que están ocupadas) y falsos positivos (plazas ocupadas que el modelo propuesto predice que están libres). Con los valores obtenidos en la matriz de confusión se obtienen los resultados a través de las métricas de evaluación como son la Exactitud (Accuracy), Sensibilidad (Recall) y Precisión (Precisión).

b) Prueba 1: Ejecución mediante video pregrabado 1

La presente prueba se llevó a cabo utilizando un video pregrabado obtenido desde internet. A continuación, y como primer paso se definieron 34 plazas marcadas con el ROI respectivo.

Figura 4. Plazas marcadas prueba 1



Luego de ejecutar el algoritmo, se obtuvo la siguiente imagen resultante.

Figura 5. Plazas disponibles y ocupadas prueba 1

La matriz de confusión nos permitió consolidar los resultados obtenidos en esta primera prueba observando que la totalidad de plazas marcadas como ROI resultaron como aciertos del modelo propuesto siendo 9 verdaderos positivos (plazas libres marcadas con líneas verdes y 25 verdaderos negativos (plazas ocupadas marcadas con líneas rojas).

Tabla 1. Resultado de predicción prueba 1

		Predicción	
		Libre (+)	Ocupado (-)
Situación Real	Libre (+)	VP	FN
		9	0
	Ocupado (-)	FP	VN
		0	25

Fuente: Elaboración Propia

c) Prueba 2: Ejecución mediante video pregrabado 2

La presente prueba se llevó a cabo utilizando un video pregrabado obtenido desde internet. A continuación, y como primer paso se definieron 5 plazas marcadas con el ROI respectivo.

Figura 8. Plazas marcadas prueba 1



Con la ejecución del algoritmo se obtuvo el siguiente resultado.

Figura 9. Plazas disponibles y ocupadas prueba 2



En esta ocasión la plaza número 3 que está disponible, es marcada como ocupada debido a que una persona se encuentra parada justo en la línea de selección, el algoritmo tiende a identificar como ocupado, cuando existe cualquier mínima diferencia entre el ROI inicial y el capturado en el momento. Este tipo de factores provocan inferencias en los resultados.

La matriz de confusión nos permitió consolidar los resultados obtenidos en esta prueba observando que de la totalidad de plazas marcadas como ROI cuatro resultaron como aciertos del modelo propuesto siendo 4 verdaderos negativos (plazas ocupadas marcadas con líneas rojas) y 1 resultó falso negativo debido a que el modelo predijo que está ocupado

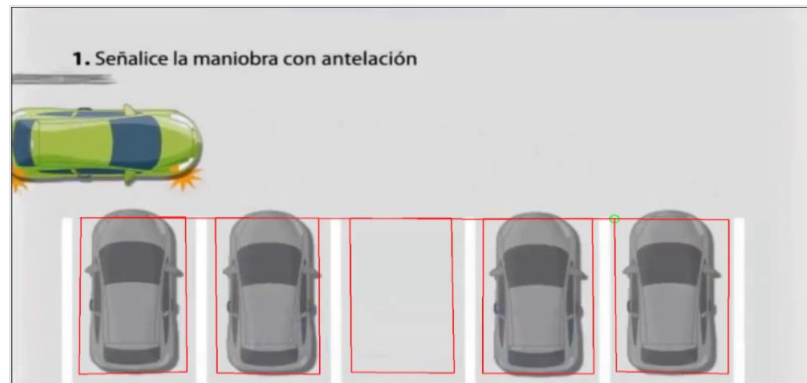
Tabla 2. Resultado predicción prueba 2

		Predicción	
		Libre (+)	Ocupado (-)
Situación Real	Libre (+)	VP	FN
		0	1
	Ocupado (-)	FP	VN
		0	4

Fuente: Elaboración Propia

d) Prueba 3: Ejecución mediante video pregrabado 3

La presente prueba se llevó a cabo utilizando un video animado obtenido desde internet. A continuación, y como primer paso se definieron 5 plazas marcadas con el ROI respectivo.

Figura 10. Plazas marcadas prueba 3

El algoritmo al ser puesto en marcha identificó lo siguiente:

Figura 11. Plazas disponibles y ocupadas prueba 3



Debido a la buena calidad de video y claridad, el algoritmo identificó fácilmente las plazas ocupadas y disponibles sin problema alguno.

La matriz de confusión nos permitió consolidar los resultados obtenidos en esta prueba observando que la totalidad de plazas marcadas como ROI resultaron como aciertos del modelo propuesto siendo 1 verdadero positivo (plazas libres marcadas con líneas verdes y 4 verdaderos negativos (plazas ocupadas marcadas con líneas rojas).

Tabla 3. Resultado predicción prueba 3

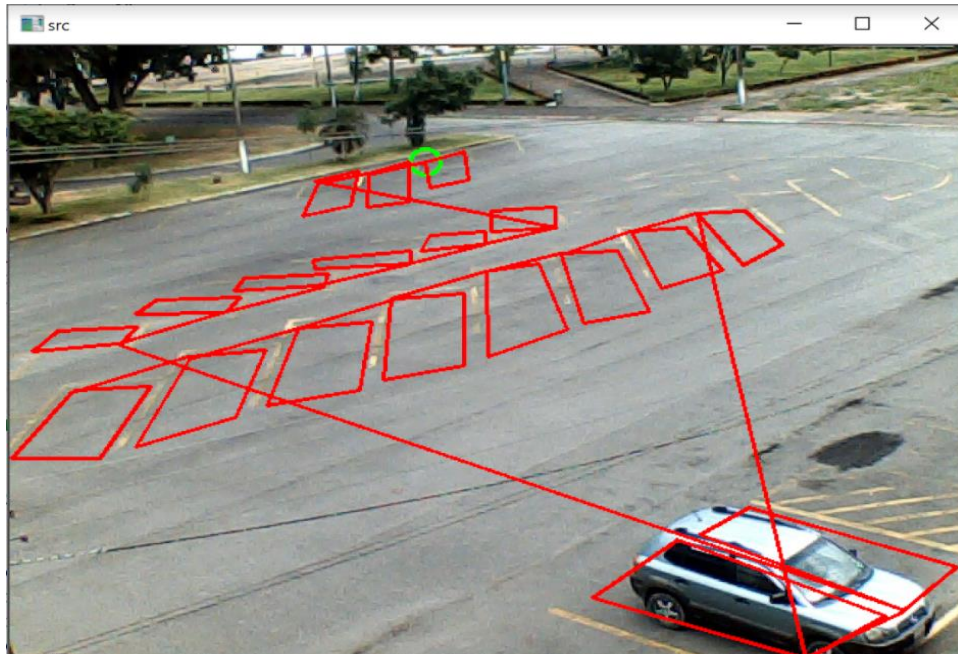
		Predicción	
		Libre (+)	Ocupado (-)
Situación Real	Libre (+)	VP	FN
		1	0
	Ocupado (-)	FP	VN
		0	4

Fuente: Elaboración Propia

e) Prueba 4: Ejecución mediante cámara USB (Universidad)

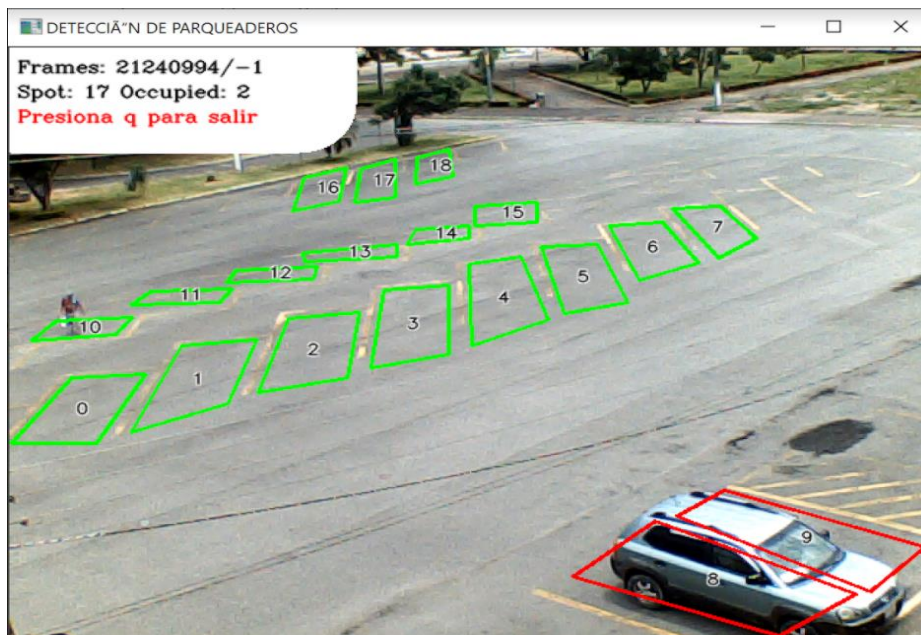
La presente prueba se llevó a cabo utilizando un video en tiempo real con un cámara USB donde capta el estacionamiento en una Universidad. A continuación, y como primer paso se definieron 19 plazas marcadas con el ROI respectivo.

Figura 12. Plazas marcadas prueba 4



Se procede a ejecutar el algoritmo para identificar las plazas disponibles y ocupadas.

Figura 13. Plazas disponibles y ocupadas prueba 4



En esta ocasión se ha considerado un nuevo ángulo para la obtención del video, donde no existan interferencias de poste de luz o arbustos, como se puede apreciar a continuación las plazas

disponibles están correctamente contabilizadas, salvo a excepción de las de la parte inferior de la imagen, esto se debe propiamente al ángulo en el que se encuentra ubicada la cámara.

La matriz de confusión nos permitió consolidar los resultados obtenidos en esta prueba observando que la totalidad de plazas marcadas como ROI resultaron como aciertos del modelo propuesto siendo 17 verdaderos positivos (plazas libres marcadas con líneas verdes y 1 verdadero negativo (plazas ocupadas marcadas con líneas rojas). A excepción de 1 error que predijo ocupada cuando está libre (FN).

Tabla 4. Resultado predicción prueba 4

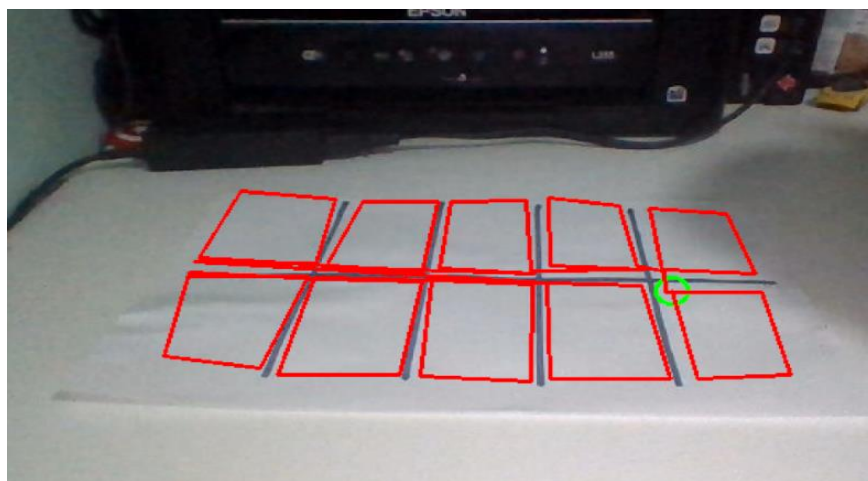
		Predicción	
		Libre (+)	Ocupado (-)
Situación Real	Libre (+)	VP	FN
		17	1
	Ocupado (-)	FP	VN
		0	1

Fuente: Elaboración Propia

f) Prueba 5: Ejecución mediante video real webcam (Maqueta)

Para la presente prueba se ha utilizado una maqueta que simula un estacionamiento, para ello se graficó líneas que asemejan las separaciones entre cada plaza de aparcamiento, tal como se muestra a continuación. Se definieron 10 plazas marcadas con el ROI respectivo.

Figura 14. Plazas marcadas prueba 5



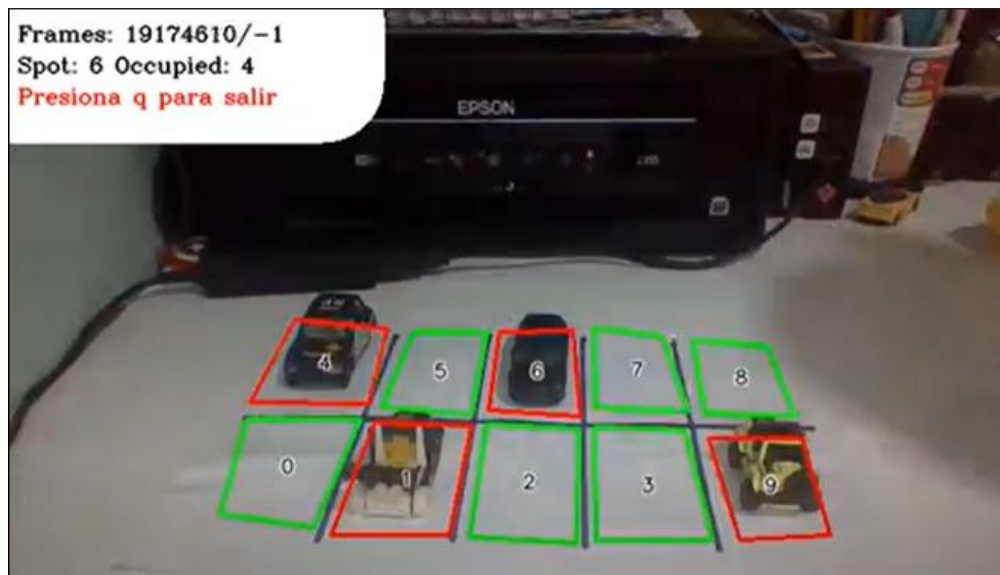
Se procede a ejecutar el algoritmo para identificar las plazas disponibles y ocupadas.

Figura 15. Plazas disponibles prueba 5



En la imagen se puede observar que en primera instancia reconoce las 10 plazas y las marca como disponibles (verde) a continuación se procederá a agregar vehículos para ver los cambios.

Figura 16. Plazas disponibles y ocupadas prueba 5



La matriz de confusión nos permitió consolidar los resultados obtenidos en esta prueba observando que la totalidad de plazas marcadas como ROI resultaron como aciertos del modelo propuesto

siendo 6 verdaderos positivos (plazas libres marcadas con líneas verdes y 4 verdaderos negativos (plazas ocupadas marcadas con líneas rojas).

Tabla 5. Resultado predicción prueba 5

		Predicción	
		Libre (+)	Ocupado (-)
Situación Real	Libre (+)	VP	FN
		6	0
	Ocupado (-)	FP	VN
		0	4

Fuente: Elaboración Propia

g) Métricas de evaluación.

h) Cálculo de Exactitud del modelo (Accuracy)

Los resultados obtenidos indican que el algoritmo tiene una precisión del 92%, lo cual es alto e indica que se está realizando una eficiente detección del estado de las plazas en los parqueaderos.

Tabla 6. Cálculo de Exactitud

Accuracy	
Prueba 1	1
Prueba 2	0,666666667
Prueba 3	1
Prueba 4	0,95
Prueba 5	1
Exactitud Total	0,92

Fuente: Elaboración Propia

i) Cálculo de Sensibilidad del modelo (Recall)

Los resultados obtenidos indican que el algoritmo tiene una sensibilidad del 79%, lo responde a las mínimas falencias que existen debido a factores como falta de luz y otros objetos en las plazas de parqueadero.

Tabla 7. Cálculo de Sensibilidad

Sensibilidad	
Prueba 1	1
Prueba 2	0
Prueba 3	1
Prueba 4	0,94444444
Prueba 5	1
Sensibilidad Total	0,79

Fuente: Elaboración Propia

j) Cálculo de Precisión del modelo (Precisión)

Los resultados obtenidos indican que el algoritmo tiene una precisión del 80%, y esto se ha comparado en las diversas pruebas donde la mayoría de los casos acierta correctamente.

Tabla 8. Cálculo de Precisión

Precisión	
Prueba 1	1
Prueba 2	0
Prueba 3	1
Prueba 4	1
Prueba 5	1
Precisión Total	0,80

Fuente: Elaboración Propia

Conclusión

Este estudio investigó la posibilidad de identificar las plazas libres y ocupadas en estacionamiento de vehículos usando un algoritmo basado en visión artificial y uso de regiones de interés. Los resultados de la evaluación cuantitativa indicaron que las plazas de estacionamiento libres y ocupadas pueden ser identificadas con un accuracy de 92%, sensibilidad 79% y precisión del 80%. Estos resultados obtenidos de este estudio sugieren que el algoritmo basado en visión artificial presenta un muy buen desempeño en la identificación y segmentación de las plazas disponibles y ocupadas. Las pruebas desarrolladas permitieron identificar que existen factores que pueden afectar dichos resultados, entre ellos tenemos:

Un cambio de luz puede provocar que el modelo se equivoque durante la predicción, la última casilla por tener una mancha al cambiar el enfoque de la luz predice ocupado, mientras que no lo está debido a que el modelo degrada y desenfoca cada ROI para predecir si está vacío u ocupado. Se debe dejar un margen entre cada ROI para los espacios de estacionamiento, ya que, si un carro se estaciona muy cerca de la línea y la cámara no se encuentra en un ángulo diagonal, puede variar la predicción del lugar de estacionamiento siguiente.

Finalmente, se indica que las pruebas fueron realizadas estimando diversos factores como la luz, ángulo de cámara y distancia, obteniendo resultados favorables en las variadas circunstancias.

Se puede concluir afirmando entonces que el algoritmo utilizado posee un 92% de exactitud al momento de identificar las plazas disponibles y ocupadas en parqueaderos. En trabajos futuros se espera minimizar este sesgo del 8% que es ocasionado por los factores de luz, ángulo de cámara y otros durante la obtención de video.

Referencias

1. Bibi, N., Majid, M. N., Dawood, H., & Guo, P. (2017). Automatic Parking Space Detection System. 2017 2nd International Conference on Multimedia and Image Processing (ICMIP), 11-15. <https://doi.org/10.1109/ICMIP.2017.4>
2. Bichu, Y. M., Hansa, I., Bichu, A. Y., Premjani, P., Flores-Mir, C., & Vaid, N. R. (2021). Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics: A scoping review. *Progress in Orthodontics*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s40510-021-00361-9>
3. de Almeida, P. R. L., Oliveira, L. S., Britto, A. S., Silva, E. J., & Koerich, A. L. (2015). PKLot – A robust dataset for parking lot classification. *Expert Systems with Applications*, 42(11), 4937-4949. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.009>
4. Drimalla, H., Baskow, I., Behnia, B., Roepke, S., & Dziobek, I. (2021). Imitation and recognition of facial emotions in autism: A computer vision approach. *Molecular Autism*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13229-021-00430-0>
5. Fabian, T. (2008). An Algorithm for Parking Lot Occupation Detection. 2008 7th Computer Information Systems and Industrial Management Applications, 165-170. <https://doi.org/10.1109/CISIM.2008.53>

6. ICICCS: 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems : 15-16 June 2017. (2018).
7. International Conference on Trends in Electronics and Informatics, SCAD College of Engineering and Technology, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2019).
8. Proceedings of the International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI 2019): 23-25, April 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=8851338>
9. Martin Nieto, R., Garcia-Martin, A., Hauptmann, A. G., & Martinez, J. M. (2019). Automatic Vacant Parking Places Management System Using Multicamera Vehicle
10. Detection. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 20(3), 1069-1080. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2838128>
11. Masmoudi, I., Wali, A., Alimi, A. M., & Jamoussi, A. (2015). Architecture of Parking Lots Management System for Drivers' Guidance. 2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2974-2978. <https://doi.org/10.1109/SMC.2015.517>
12. Paidi, V., Fleyeh, H., Håkansson, J., & Nyberg, R. G. (2018). Smart parking sensors, technologies and applications for open parking lots: A review. IET Intelligent Transport Systems, 12(8), 735-741. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2017.0406>
13. Shih, S.-E., & Tsai, W.-H. (2014). A Convenient Vision-Based System for Automatic Detection of Parking Spaces in Indoor Parking Lots Using Wide-Angle Cameras. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 63(6), 2521-2532. <https://doi.org/10.1109/TVT.2013.2297331>
14. Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Vnukova, N. M., Tokhtamysh, T. O., Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Yagolnitskiy, O. A., Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Hranko, K. B., & Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. (2020). Innovative Approach to Estimating Costs of Vehicle Parking Services. Science and innovation, 16(6), 94-103. <https://doi.org/10.15407/scine16.06.094>
15. Stanislav Vitek, & Petr Melničuk. (2017). A Distributed Wireless Camera System for the Management of Parking Spaces. Sensors, 18(2), 69. <https://doi.org/10.3390/s18010069>

16. Vasquez, O., Pitti, D., & Pinzon, C. (2017). Sistema inteligente visual para la gestión de plazas de estacionamiento. 2017 IEEE Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN), 1-6. <https://doi.org/10.1109/CONESCAPAN.2017.8277605>
17. Zhang, L., Li, X., Huang, J., Shen, Y., & Wang, D. (2018). Vision-Based Parking-Slot Detection: A Benchmark and A Learning-Based Approach. *Symmetry*, 10(3), 64. <https://doi.org/10.3390/sym10030064>

© 2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)