

# CONTEO DE LUGARES DISPONIBLES EN UN ESTACIONAMIENTO CERRADO UTILIZANDO HISTOGRAMA DE GRADIENTES ORIENTADOS Y MÁQUINAS DE VECTORES DE SOPORTE

Segovia Páez, Moisés Sebastián

Tutor: Romero Aquino, Nelson Marcelo

msegoviapaez@gmail.com; nmarceloromero@gmail.com

Facultad Politécnica

Universidad Nacional del Este

## RESUMEN

Una constante al momento de ingresar a ciertos locales de estacionamientos vehiculares es el que se asocia con gastos de desgaste motor, la inversión de tiempo y la frustración misma generada al momento de tratar de encontrar un lugar disponible para aparcar. En ciudades populosas existe una tendencia de incremento importante en tiempo empleado para aparcar vehículos. Para paliar esta situación, han surgido alternativas de solución relacionadas a control y monitoreo de estacionamientos a través de sensores. El objetivo de este trabajo es proveer una posible solución a la problemática de la detección y el conteo de lugares disponibles en un estacionamiento cerrado. Para esto, se plantea la aplicación de Histograma de Gradientes Orientados (HOG, por sus siglas en inglés Histogram of Oriented Gradients) como extractor de características y de Máquinas de Vectores de Soporte (SVM, por sus siglas en inglés Support Vector Machine) como clasificador, de modo a detectar figuras vehiculares de forma individual para cada lugar de estacionamiento cerrado. Debido a los costos que implica la instalación de cámaras en un local de estacionamiento real, fue utilizada una maqueta para realizar los experimentos. Los resultados del trabajo son satisfactorios. El abordaje basado en HOG y SVM ha proporcionado un porcentaje de acierto de 98.04%, constituyéndose en una alternativa válida, de bajo costo y capaz de proporcionar buenos resultados para el problema presentado.

**Palabras Claves:** visión computacional, Máquinas de Vectores de Soporte, Histograma de Gradientes Orientados.

## 1. INTRODUCCIÓN

La optimización del uso del tiempo a través de aplicaciones computacionales es una tendencia. La ciencia computacional se encuentra en continua evolución ofreciendo nuevas alternativas a procesos o actividades que impliquen inversión de tiempo o dinero. En este contexto, uno de los problemas recurrentes que es posible solucionar a través de alternativas computacionales está relacionado con la búsqueda de lugares libres en locales de estacionamiento.

Este es un problema cotidiano: el conductor de un vehículo accede a un estacionamiento y, dependiendo de las circunstancias, puede llegar a invertir una cantidad alta de tiempo en localizar un lugar disponible para estacionar. En caso que el tiempo invertido sea grande, existe un costo relacionado con el desgaste del motor y del uso de combustible que se traducen en la pérdida de dinero [1]. Por ende, la búsqueda prolongada de un lugar en un local de estacionamiento está relacionada directamente con la pérdida de tiempo y dinero.

El presente trabajo plantea una posible solución a esta problemática aplicando técnicas de visión computacional para la contabilización y disponibilización de información acerca de lugares disponibles

para aparcar en locales de estacionamiento cerrados. Para el desarrollo de la propuesta se ha empleado un algoritmo de extracción de características de imágenes denominado Histograma de Gradientes Orientados [2] en conjunto con el algoritmo de Máquinas de Vectores de Soporte [3].

Diversos trabajos dentro del área de Visión Computacional (VC) aplican la combinación de HOG y SVM para clasificar objetos en imágenes. Dalal y Triggs [2], por ejemplo, demuestran la robustez del uso de HOG en conjunto con SVM para la detección de seres humanos. Gracias al mismo la combinación de dichas técnicas puede considerarse como estado del arte para VC. En dicha investigación demuestran que HOG posibilitó la extracción de características de siluetas de personas reconociendo el contorno de hombros, cabezas y pies. De manera similar, Papageorgiou et al [4] describen un detector de peatones basado en un SVM empleando filtros Haar como descriptores. Por otro lado, Cruz [5] utilizó HOG y SVM, de una manera similar a [2], para reconocer peatones de modo a disminuir la probabilidad de accidentes de tránsito. HOG fue utilizado por su capacidad para adquirir las características de la imagen de un peatón con independencia de la iluminación del entorno. Tras la adquisición de características, los peatones

fueron clasificados a través de SVM. Según Cruz, el resultado fue satisfactorio, teniendo solo algunos errores en la etapa de extracción de características, ya que el clasificador identificaba algunos sectores de la imagen como peatones, pero en realidad no lo eran.

De esta manera, se plantea esta solución como alternativa a soluciones similares en las cuales se han empleado sensores para la verificación de lugares. Las técnicas de visión computacional ofrecen una ventaja en este sentido, ya que presentan una reducción de costos asociada a la compra de sensores.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Principal**

- Identificar lugares disponibles en un local de estacionamiento cerrado mediante un sistema informático que emplea técnicas de visión computacional.

### **2.2. Específicos**

- Construir una maqueta a escala de un local de estacionamiento cerrado que sirva como base para crear la base de imágenes del trabajo.

- Tomar fotografías de la maqueta del local de estacionamiento en distintas situaciones para formar la base de imágenes utilizada para entrenar y probar el modelo.

- Entrenar al sistema elaborado para detectar si un lugar de estacionamiento se encuentra libre.

- Probar la capacidad predictiva del sistema entrenado.

- Implementar una interfaz gráfica de usuario que posibilite aplicar el sistema entrenado para detectar lugares libres y ocupados en nuevas imágenes.

## **3. ANTECEDENTES**

### **3. 1. Histograma de Gradientes Orientados**

El Histograma de Gradientes Orientados es un descriptor de imágenes del tipo regional que emplea un conjunto de histogramas de gradiente orientado para describir una imagen. El descriptor posibilita detectar la apariencia y la forma de un objeto en una imagen mediante la distribución de la intensidad de gradiente o la dirección de los contornos.

El algoritmo se basa en dividir la imagen en áreas adyacentes de pequeño tamaño llamadas celdas. Este proceso se itera para obtener el mismo resultado con los píxeles que integran esa celda. Para mejorar los resultados, los histogramas locales se normalizan, y esto se vuelve a utilizar para obtener una normalización regional para todas las celdas del bloque. La normalización posibilita una mejor respuesta ante cambios de iluminación y sombras. Se ha demostrado

que el descriptor HOG es un método robusto de detección de humanos en un ambiente natural en combinación con clasificadores como SVM [2], [5].

### 3. 2. Máquinas de Vectores de Soporte

Con las SVM se busca la separación óptima de datos en clases a través de la utilización de un hiperplano. El hiperplano está construido de tal forma que su distancia más cercana  $n$  a patrones del conjunto de datos sea maximizada. Estos patrones son conocidos como *vectores de soporte*.

Si los datos no son linealmente separables, una función *kernel* es aplicada para mapear los datos originales a un espacio de alta dimensionalidad. Este *truco de kernel* es el que posibilita separar las clases empleando un hiperplano óptimo, una tarea que de otra manera no podría ser alcanzada en el espacio original de características. Sin embargo, para algunos problemas los datos pueden no ser linealmente separables aun después de ser aplicada la función *kernel*. Para encargarse de este problema, el algoritmo SVM aplica una función de penalización que representa la clasificación incorrecta y busca minimizar dicha función.

## 4. METODOLOGÍA

Este trabajo propone el uso de HOG y SVM para detectar lugares disponibles en un estacionamiento cerrado. La figura 1 presenta una visión de conjunto de la metodología empleada.

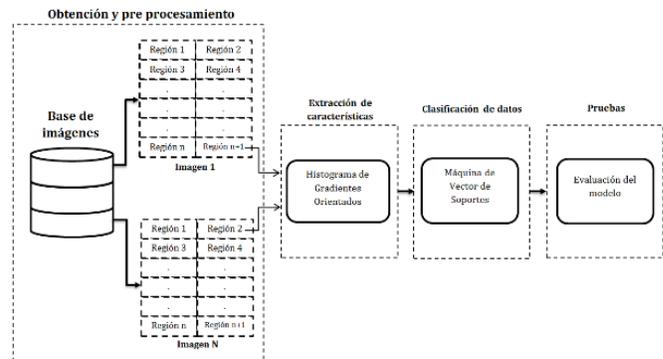


Figura 1. Flujo de procedimientos aplicados en este trabajo.

### 4. 1. Obtención y pre-procesamiento de imágenes

La primera etapa del trabajo consistió en la obtención y pre-procesamiento de imágenes. Primeramente un modelo de local de estacionamiento a escala fue construido. Posteriormente se ha realizado la captura de imágenes del local conteniendo lugares ocupados y desocupados. Las imágenes obtenidas fueron la base utilizada en este trabajo. A pesar que las imágenes obtenidas abarcan el estacionamiento en su totalidad, el clasificador ha sido entrenado para detectar si existe un vehículo o no en un lugar en particular. Debido a esto, la imagen fue

dividida en regiones, en donde cada región corresponde a un lugar de estacionamiento.

#### 4. 1.1. Base de Imágenes

Se tomaron fotografías de un prototipo de local de estacionamiento cerrado a escala en diferentes situaciones de modo a obtener una muestra lo más cercana a un entorno real. Las fotografías fueron tomadas dentro de un entorno con iluminación controlada y cámara fija, de modo a mantener homogéneo el área de interés dentro de cada una de las imágenes capturadas. Finalmente se obtuvieron 384 imágenes en condiciones de adquisición similares, pero con una variante fundamental en todas ellas: la ubicación de los vehículos.

#### 4. 1. 2. Regiones

Una vez obtenida la base de imágenes, éstas fueron pre-procesadas de modo que tuviesen el mismo tamaño. A partir de allí se procedió a dividir las imágenes en regiones, que luego serían extraídas con el descriptor HOG. La Figura 2 presenta una imagen de local de estacionamiento vacío dividido en 16 regiones, una región por lugar vacante para estacionar.



Figura 2. Imagen de un local de estacionamiento con cada región marcada y numerada. Cada región representa un lugar disponible para estacionar.

#### 4. 2. Extracción de Características y Clasificación

La segunda etapa, consistente en la extracción de características y clasificación respectivamente, se basó en el uso de HOG+SVM para extraer características relacionadas con la dirección de los gradientes de cada lugar del estacionamiento y clasificar si existe o no un vehículo en ese lugar. Para esto, una parte de la base de imágenes ha sido usada para entrenar el clasificador y otra para probar su capacidad de clasificación. Se emplearon 231 ejemplos (cada ejemplo corresponde a una imagen de una región) para entrenar el modelo y 153 muestras para probar su capacidad predictiva.

### 4.3. Evaluación del sistema.

La última etapa consistió en la evaluación del sistema desarrollado utilizando una parte de la base de datos con la que el mismo no ha sido entrenado. La métrica de evaluación utilizada es el porcentaje de acierto, que es calculado dividiendo la cantidad de ejemplos correctamente clasificados  $C$  entre el número total de ejemplos  $N$ ,  $Acc = C/N$ .

## 5. RESULTADOS

Para realizar los experimentos descritos en la Sección anterior se empleó un entorno de programación científica técnica. La función 'extractHOGfeatures' ha sido utilizada para aplicar HOG, mientras que la función 'fitsvm' ha sido utilizada para entrenar el modelo SVM. Ambas funciones fueron aplicadas utilizando los parámetros predeterminados del lenguaje.

### 5.1. Desempeño de entrenamiento y prueba del modelo

Los resultados han sido satisfactorios. Se ha obtenido 100% de acierto en todas las muestras durante el entrenamiento, como se presenta en la tabla 1. Para los ejemplos de pruebas, 150 ejemplos han sido clasificados correctamente por el sistema entrenado y 3 han sido erróneos, dando como error 1.96%, lo cual refleja la robustez de la combinación HOG+SVM para clasificar imágenes.

Tabla 1. Resultados obtenidos para el entrenamiento y para la prueba del sistema.

Datos	Número de Ejemplos	Predicciones Correctas	Acierto (%)
Entrenamiento	231	231	100.00
Prueba	153	150	98.04

El método empleado ha demostrado unos resultados muy satisfactorios en cuanto a la detección de lugares disponibles en locales de estacionamiento hechos a escala con entorno lumínico controlado, y el mismo podría también ser empleado para la resolución de problemas en locales de estacionamiento reales con entornos no controlados.

### 5.1. Desempeño de entrenamiento y prueba del sistema.

Como parte del sistema desarrollado, también se ha desarrollado una Interfaz Gráfica de Usuario (IGU) de modo a demostrar que la solución es fácilmente aplicable a situaciones del mundo real. La IGU ha sido desarrollada utilizando el mismo lenguaje de programación. La interfaz contiene una ventana que posibilita visualizar una imagen, un botón que carga a la imagen que se pretende analizar, otro botón que aplica el modelo entrenado para detectar los lugares disponibles automáticamente, y un cuadro de texto que expone qué lugares se encuentran disponibles. La figura 3 presenta la interfaz generada que posibilita que el usuario

interactúe para seleccionar la imagen que desea analizar, posterior a eso puede seleccionar la opción de calcular los lugares.

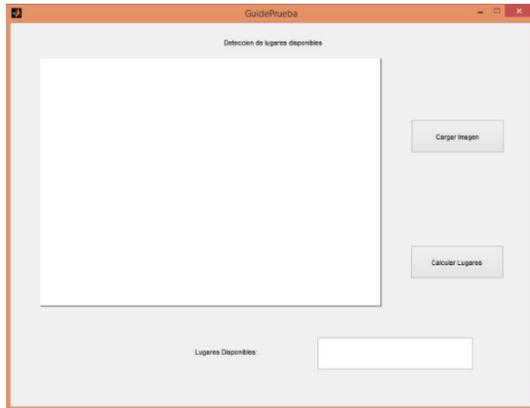


Figura 3: Interfaz de usuario que calcula los lugares disponibles.

La figura 4 presenta la configuración de la interfaz una vez seleccionada la imagen a ser analizada, la cual se muestra en la región izquierda de la ventana. La flecha blanca de contorno rojo indica el botón que se ha presionado para poder seleccionar la imagen, la misma se selecciona a través de una ventana emergente normal del sistema operativo.

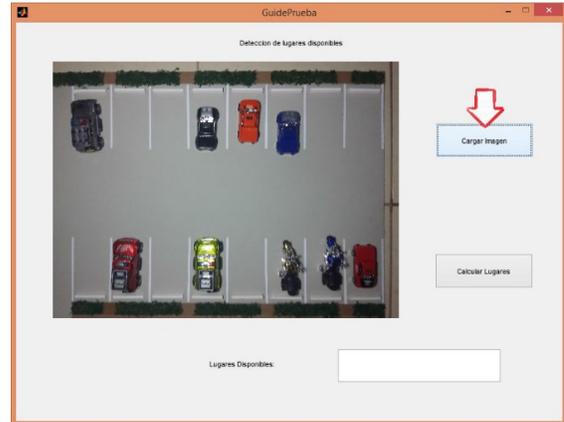


Figura 4: IGU luego de seleccionar una imagen para el cálculo de lugares disponibles.

Finalmente, la figura 5 presenta la configuración final de la IGU cuando esta se encuentra mostrando los resultados del programa. En la imagen seleccionada, los lugares libres para aparcar son los correspondientes a las regiones 2, 3, 7, 8, 9, 11 y 13. Efectivamente, al seleccionar la opción 'Calcular lugares', el programa arroja el resultado obtenido en forma de texto en el cuadro de texto señalado. Se puede observar que el resultado obtenido coincide con la realidad.

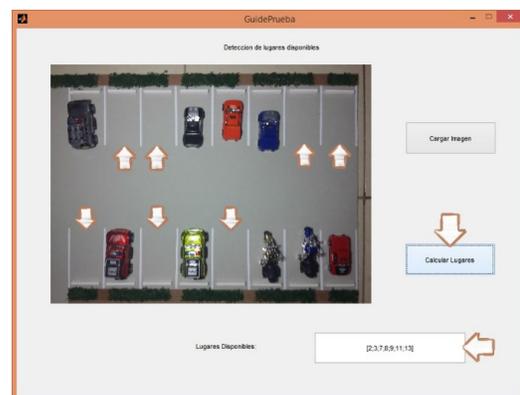


Figura 5: IGU tras realizar la detección de lugares disponibles.

#### 4. CONCLUSIONES

El objetivo del presente trabajo ha sido detectar y contabilizar lugares disponibles en un estacionamiento cerrado, el cual ha sido logrado utilizando técnicas de visión computacional, concretamente un abordaje basado en el uso de HOG como extractor de características y SVM como clasificador. Esta metodología fue seleccionada debido a que la literatura reciente hace referencia a mejores resultados para detección de objetos en imágenes cuando se emplea el HOG+SVM, en comparación con otros métodos tradicionales conocidos.

Los resultados obtenidos indican que el método desarrollado es capaz de producir resultados muy satisfactorios, obteniendo un 100% de acierto para los datos de entrenamiento y 98.04% para los datos de prueba (es decir, para las imágenes de prueba). 150 imágenes fueron clasificadas correctamente y solo 3 lo fueron de manera incorrecta.

Futuros trabajos pueden contemplar aplicar el método propuesto en otros tipos de locales de estacionamiento o incluso en entornos reales. Además, puede considerarse la posibilidad de automatizar el proceso de

salida de información para potenciales usuarios finales, esto ya sea a través de disponibilizar paneles digitales, avisos u otros, antes de ingresar al local de estacionamiento. Otra aplicación posible es la de agregar capacidad de detección de tipos de vehículos que están ocupando un determinado lugar. Finalmente, otra opción de continuidad en esta línea del trabajo es la incorporación de más clasificadores al momento de detectar si un lugar está libre, con el objetivo de obtener una mejor capacidad de clasificación. Es decir, aplicar un esquema basado en votación de varios clasificadores para producir un resultado final.

#### REFERENCIAS

- [1] Shoup, Donald. (2007). Cruising for Parking. 10/06/2017, de UCLA. Sitio web: <http://shoup.bol.ucla.edu/CruisingForParkingAccess.pdf>
- [2] N. Dalal y B. Triggs. (2005). Histograms of oriented gradients for human detection. Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Computer Society Conference, tomo 1, vol. 1., págs. 886 - 893.
- [3] CORTES, Corinna y VAPNIK, Vladimir. Support Vector Networks. En: Machine Learning, tomo 20, no 3, 1995, págs. 273 - 297. 3.4.1, 4.3

[4] C. PAPAGEORGIU y T. POGGIO. A trainable system for object detection. IJCV, 38(1):15 - 33, 2000.

[5] Natalia Moran Cruz. (S/F). Desarrollo de un sistema avanzado de asistencia a la conducción en tiempo real para la detección de peatones en entornos urbanos complejos. 2016, de S/A. Sitio web: <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/17162>

[6] José Luis Delgado Montiel. (S/F). Reconocimiento de placas Vehiculares. 2016, de S/A. Sitio web: <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9880/1/221.pdf>