

## SISTEMA DE MONITOREO DE LUGARES DISPONIBLES EN UN ESTACIONAMIENTO UTILIZANDO VISION POR COMPUTADORA

M. A. González Contreras, A. Barreto Flores, S. E. Ayala Raggi

Facultad de Ciencias de la Electrónica

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Av. San Claudio y 18 Sur C.U. Edificio 129. Col. San Manuel. Puebla, Pue. C.P. 72570

Tel: (222) 229 5500 ext. 7411

e-mail: [magcx\\_18@hotmail.com](mailto:magcx_18@hotmail.com), [abarreto@ece.buap.mx](mailto:abarreto@ece.buap.mx), [saraggi@ece.buap.mx](mailto:saraggi@ece.buap.mx)

### RESUMEN.

Los sistemas de monitoreo de estacionamientos permiten resolver diversos problemas dentro de los mismos como puede ser la seguridad, control de acceso, conteo de lugares disponibles, etc. En este trabajo se implementan tres soluciones en software para el monitoreo de los lugares disponibles en un estacionamiento [6], el primer método empleado es una técnica para reconocimiento de imágenes llamado eigenfaces, el segundo método es un clasificador llamado máquina de vectores de soporte, el método final consta de la utilización de la transformada surf y el clasificador máquina de vectores de soporte. A partir de la implementación de dichos algoritmos se obtiene un resultado para cada uno de los lugares con los que cuenta el estacionamiento ya sea que se encuentre libre u ocupado.

**Palabras Clave:** sistema de monitoreo de estacionamiento, eigenfaces, máquina de vectores de soporte, transformada surf.

### ABSTRACT.

Monitoring parking systems allow solve various problems within them such as security, access control, parking space available and so on. In this paper three methods are implemented in software for monitoring the places available in a parking lot [6], the first method is a technique used for image recognition called eigenfaces, the second method is a classifier called support vector machine and the final method consisting of the use of surf transform and the classifier support vector machine. Since the implementation of these algorithms a result for each of the places that count the parking spaces if this it is free or busy.

**Keywords:** parking monitoring system, eigenfaces, support vector machine, surf transform.

### 1. INTRODUCCIÓN

Un sistema de administración de estacionamiento permite el monitoreo y control de diversos parámetros propios de un estacionamiento, como pueden ser: el acceso al mismo, ubicación de lugares disponibles y ocupados, seguridad dentro y fuera de la instalación, cobro de estacionamiento, entre otros. En la actualidad los sistemas de administración de estacionamiento se han automatizado mediante una implementación utilizando hardware, software o una combinación de ambos.

Con el constante aumento de la población, la cantidad de espacios para estacionarse se han vuelto insuficientes, por lo cual encontrar un lugar disponible resulta más complicado. En este trabajo se propone el uso de tres algoritmos que permitan a los usuarios conocer: la ocupación actual de los estacionamientos, además de mostrar la ubicación de los lugares disponibles mediante un panel a la entrada [5]. Al conocer dicha información, los usuarios podrán tomar la decisión de ingresar al estacionamiento, así como de dirigirse de forma rápida al lugar que se encuentre disponible, evitando una localización mediante una inspección visual por parte de los usuarios.

En Kairoek [9] se utiliza la técnica de sustracción de fondo de las imágenes, mediante la cual se reconoce parte de la escena que es constante y así determinar cuándo se encuentra un objeto ubicado en la zona del espacio de estacionamiento. En el artículo Sheng [8] proponen una solución mediante el uso de la detección del color de los vehículos y hacer una diferencia con el color constante del lugar para estacionarse.

La implementación se realiza mediante software utilizando tres algoritmos: Eigenfaces, Máquina de Vectores de Soporte y el tercer método utiliza la transformada SURF y el clasificador Máquina de Vectores de Soporte [1], [3], [7]. Para cada uno de los algoritmos es necesaria una etapa de entrenamiento con la cual se le enseña a reconocer el objeto de interés para la aplicación que en este caso serán los vehículos.

En los algoritmos se obtiene el resultado para cada uno de los espacios para estacionarse, se obtiene una marca para cuando se encuentra disponible y otra marca para cuando se encuentren ocupados. Así mismo se muestra la cantidad de lugares disponibles y ocupados.

### 2. METODOLOGIA

La adquisición de las imágenes se realizó mediante la implementación de un algoritmo en el software Matlab, este permite adquirir imágenes en intervalos de tiempo definidos. Se utilizó una cámara IP la cual tiene una resolución de 640\*480 pixeles, de cada imagen se seleccionan las regiones de cada uno de los lugares para estacionarse con los que se cuenta, estas

regiones tienen un tamaño de 30\*30 pixeles como se muestra en la figura 1.



Fig. 1. Ejemplo de Áreas de interés.

Las regiones obtenidas son las de interés para todo procesamiento que se realiza en las dos etapas de cada método: entrenamiento o en la detección de los vehículos. La selección de estas regiones se hizo de forma manual y cada región está ubicada de forma que abarque uno de los cajones para estacionarse.

## 2.1. Eigenfaces.

Eigenface es una herramienta que fue desarrollada para el reconocimiento de rostros humanos, pero se puede utilizar para el reconocimiento de cualquier objeto. En el algoritmo implementado se reconoce si se encuentra un vehículo en el espacio para estacionarse o si se encuentra disponible [2].

A continuación se hace uso de la herramienta PCA (Análisis de Componentes Principales) con el cual se reduce la cantidad de datos a un mínimo que representa de forma adecuada a los datos de entrenamiento. El conjunto de entrenamiento consta de 80 imágenes de vehículos, estas imágenes representan a las eigenfaces, las cuales contienen las características propias de los automóviles y son utilizadas por el algoritmo para la representación de la imagen a procesar y determinar de qué objeto se trata lo que se está observando.

La implementación solo hace uso de una clase para el entrenamiento la cual está formada por los vehículos, por lo que el algoritmo solo es capaz de decir que el objeto que se está observando se trata de un vehículo o se trata de cualquier otro objeto, lo que se toma como un espacio disponible es precisamente cuando el algoritmo no reconoce el objeto como un vehículo.

La comparación se realiza de la imagen a clasificar y la imagen obtenida de la reconstrucción que realiza el algoritmo a partir de las eigenfaces; la comparación de dichas imágenes esta proporcionada por una correlación de ambas, si el resultado obtenido de la comparación es cercano a uno se determina que el objeto se trata de un vehículo, de lo contrario el objeto observado se describirá como un espacio disponible para estacionarse. La correlación es una herramienta matemática que permite determinar qué tan semejantes son dos variables, en imágenes el resultado es un valor numérico que va del 0 al 1, mientras más se acerque al 1 las imágenes serán mayormente semejantes.

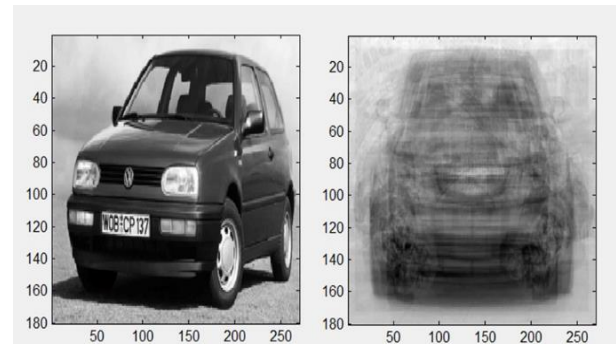


Fig. 2. Ejemplo reconstrucción de un vehículo.

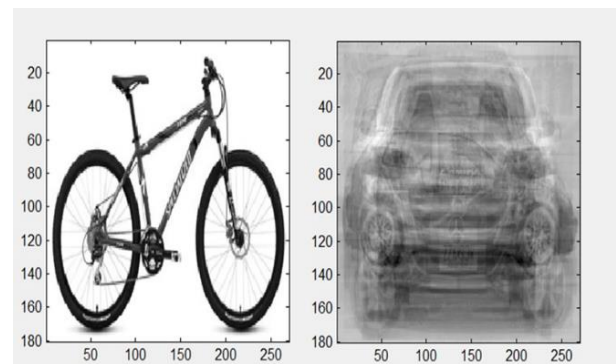


Fig. 3. Ejemplo reconstrucción un objeto que no se reconoce como vehículo.

En la figura 2 y 3 se observan ejemplos de la reconstrucción de un vehículo y una bicicleta respectivamente, el algoritmo compara las imágenes de entrada y la reconstrucción para determinar qué tan similares son y así concluir si el objeto observado es un vehículo o cualquier otro objeto.

## 2.2. Máquina de Vectores de Soporte (MVS).

Máquina de Vectores de Soporte es un algoritmo de aprendizaje supervisado que permite la clasificación entre dos o más categorías [4]. Para el entrenamiento se utilizaron 100 imágenes de las cuales 50 corresponden a vehículos y las otras 50 a espacios disponibles. De cada imagen se obtuvieron las características tales como el promedio, desviación estándar, contraste, energía y homogeneidad [10], el promedio aporta la información sobre el brillo de la imagen, la desviación estándar, contraste y homogeneidad proporcionan una medida que se puede representar como una posible existencia de más de un objeto en la imagen, esto es importante ya que al tener un fondo constante es un buen indicador de la presencia de un vehículo y la energía mide la cantidad de niveles de gris contiene la imagen.

Este conjunto de medidas son las que se utilizan para el entrenamiento del clasificador, así como del posterior proceso de clasificación, para cada imagen de entrenamiento se tienen estas 5 características las cuales son agrupadas en un vector que representa un dato para el clasificador.

Para cada vector se agrega una etiqueta que lo identifique como un vehículo o un espacio disponible, a esta separación se le conoce como clases, el entrenamiento del clasificador lleva este conjunto de datos: el vector de características y su respectiva etiqueta, a partir de estos datos se obtiene un hiperplano que separe a las dos clases. El hiperplano es el que permitirá definir a las imágenes a procesar a cuál de las dos clases pertenece.

El resultado de la clasificación es un índice con el cual mediante un umbral se toma la decisión ya sea que el lugar se encuentre disponible u ocupado.

## 2.3. Transformada SURF y MVS.

La transformada SURF es una herramienta de procesamiento de imágenes que permite obtener los puntos de interés de la misma, estos puntos permiten reconocer los objetos contenidos de dicha imagen en otras imágenes, dicho reconocimiento es invariante a la escala de los objetos, rotación así como a la iluminación [7].

La implementación de la transformada SURF en el algoritmo solo hace uso de la parte de la extracción de los puntos de interés, los puntos obtenidos de los vehículos representan las esquinas contenidas en el chasis y en los parabrisas, a partir de estos puntos se genera una relación que permita reconocer la clase “vehículo”; para la clase “espacio disponible” los puntos obtenidos representan los extremos de las líneas de división de cada lugar.

Se utilizaron 50 imágenes de vehículos y 50 imágenes de espacios disponibles, las cuales forman el conjunto de entrenamiento utilizado para el entrenamiento del clasificador.

El conjunto de datos obtenidos para las dos clases son introducidos al clasificador Máquina de Vectores de Soporte, el

uso de este clasificador en la implementación permite encontrar una relación entre cada una de las clases así como también de determinar una función que diferencie entre las clases.

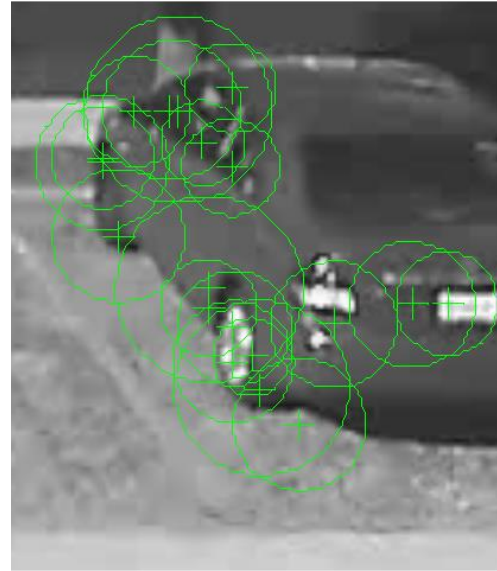


Fig. 4. Ejemplo de puntos de interés mediante el uso de la SURF

En la figura 4 se observa la extracción de los puntos de interés del objeto a través de la transformada SURF, de los cuales se seleccionan los 5 puntos con mayor peso para uso del entrenamiento y de la misma clasificación.

## 3. RESULTADOS.

Para verificar el funcionamiento de los algoritmos se realizaron pruebas con cada uno en diferentes condiciones de iluminación, estas pruebas fueron realizadas para un total de 5 lugares para estacionarse. En total se realizaron 50 pruebas para cada uno de los algoritmos. Las imágenes tienen condiciones de iluminación de día, en un intervalo de las 7:00 a 16:00 horas, las condiciones cuentan son de día soleado, nublado y lluvioso.

Las pruebas realizadas consistieron en la captura de una imagen del estacionamiento a través de una cámara IP, dicha captura fue procesada por cada uno de los algoritmos, se fue evaluando el desempeño de los algoritmos en cada ocasión, los resultados obtenidos se observan en la siguiente Tabla 1.



Tabla 1. Precisión de los Algoritmos

Método	Eigenface	MVS	SURF y MVS
Clases	1	2	2
Numero de Imágenes	80	50-50	50-50
Precisión	91 %	93 %	98 %

A continuación se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos para cada uno de los algoritmos. En las figuras 2, 3 y 4, se coloca una marca L de color verde donde se localice un lugar disponible y una marca O en color rojo cuando este se encuentre ocupado.



Fig. 5. Ejemplo de resultados Eigenfaces.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos para el algoritmo Eigenface, este algoritmo permite reconocer de buena forma adecuada cuando un lugar se encuentra libre, pero se presentan errores al encontrarse lugares ocupados y marcarlos como disponibles, además de tener una sensibilidad alta a la variación en las condiciones de iluminación principalmente cuando la cantidad de luz se disminuye.



Fig. 6. Ejemplo de resultados MVS.

En la figura 6 se observan los resultados obtenidos del algoritmo Máquina de Vectores de Soporte, su desempeño se ve afectado cuando las condiciones de iluminación de mucha luz.

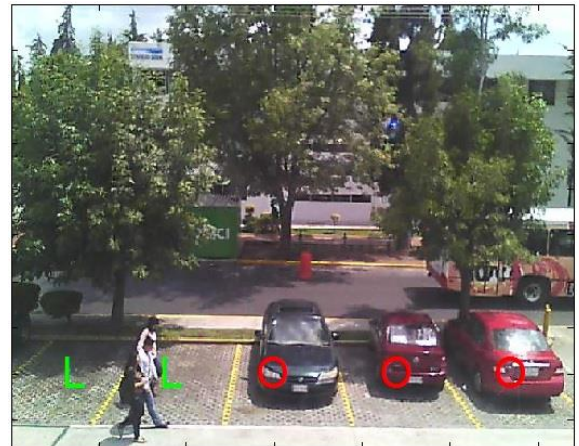


Fig. 4. Ejemplo de resultados Transformada SURF.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos para el algoritmo SURF, este algoritmo permite tener una precisión muy alta para reconocer los vehículos a pesar de las condiciones de luz.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados mostrados en la Tabla 1 evalúan el desempeño de cada algoritmo, estos datos permiten determinar cuál es el mejor de los tres para resolver el problema propio de la aplicación.

El método que utiliza la transformada SURF es el que tiene un mejor desempeño, esto es gracias a las características propias

del algoritmo de la transformada el cual tiene invariancia a la rotación, escala e iluminación de los objetos.

Los algoritmos de Eigenfaces y Máquina de Vectores de Soporte tienen problemas a los cambios de iluminación, esto reduce su desempeño para la aplicación.

## 5. REFERENCIAS.

- [1] Wei Wang, Yulong Shang, Jinzhi Guo, Zhiwei Qian. Real-time vehicle classification based on eigenface. Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), International Conference on (2011).
- [2] Shiji, S.K. Biometric prediction on face images using eigenface approach. Information and Communication Technologies (ICT), IEEE Conference on (2013).
- [3] Hui Li, Zengfang Zhang, Wangming Chen. Detection for Vehicle's Overlap Based on Support Vector Machine. Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, International Conference on Volume: 4 (2009).
- [4] Bo Cui, Tongze Xue, Kuihe Yang. Vehicle Recognition Based on Support Vector Machine. Intelligent Information Technology Application Workshops, IITAW '08. International Symposium on (2008).
- [5] Thong Peng Hong, Che Soh, A., Jaafar, H., Ishak, A.J. Real-Time Monitoring System for Parking Space Management Services. Systems, Process and Control (IC-SPC), IEEE Conference on (2013).
- [6] Chen, Li-Chih, Hsieh, Jun-Wei, Wei-Ru Lai, Chih-Xuan Wu, Shin-Yu Chen. Vision-Based Vehicle Surveillance and Parking Lot Management Using Multiple Cameras. Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP), Sixth International Conference on (2010).
- [7] Bay, H., Tuytelaars, T., Gool, L.V. SURF: Speeded Up Robust Features. Proceedings of the NINTH European Conference on Computer Vision (2006).
- [8] Sheng-Fuu Lin, Yung-Yao Chen, and Sung-Chieh Liu. A Vision-Based Parking Lot Management System. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (2006).
- [9] Kairoek Choeychuen. Available car parking space detection from webcam by using adaptive mixing features. 9th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (2012).
- [10] Serra, Jean. Image analysis and mathematical morphology. Academic press (1982).