



SISTEMAS DE DETECCIÓN VEHICULAR PARA SEMAFORIZACIÓN ADAPTATIVA EMPLEANDO CÁMARAS DE VIDEO Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES ¹

Romina Andrea Hoff²; Javier Ernesto Kolodziej³; Sergio Alberto Garassino⁴; Ricardo Andrés Korpys⁵

¹Trabajo de Investigación

²estudiante becario, roandru92@gmail.com

³codirector, javierkolodziej@gmail.com

⁴director, garassino@fio.unam.edu.ar

⁵integrante, korpys@fio.unam.edu.ar

Resumen

El sistema de detección vehicular es un componente fundamental de un sistema de semaforización adaptativa. En este trabajo, se analizan los distintos métodos de detección vehicular en las vías interrumpidas por las indicaciones de un semáforo, empleando para ello cámaras de video vigilancia. El objetivo principal es optar por el sistema más conveniente en cuanto a precisión y costo computacional. De cada uno de los métodos analizados se observan las ventajas e inconvenientes para luego desarrollar un script en el programa de simulación Matlab® que proporcione soluciones a estos y logre mejores resultados empleando detección de vehículos mediante procesamiento de imágenes.

Palabras Clave:

procesamiento de imágenes – cámaras de video – densidad vehicular – tráfico – semaforización adaptativa

Introducción

En la provincia de Misiones, numerosos municipios poseen un trazado vial que responde a una arquitectura caracterizada por una vía de circulación rápida, avenida principal, interceptada por numerosas calles secundarias de tránsito lento. Ejemplo de ello son Eldorado, Puerto Rico, Monte Carlo, Aristóbulo del Valle, Campo Grande, etc.

Para lograr una circulación fluida del tránsito y aumentar la seguridad vial, clásicamente se instalan semáforos convencionales, de temporización fija, que ayudan a ordenar la circulación pero provocan muchas veces esperas innecesarias.

A nivel nacional, varias empresas proponen soluciones basadas en extensos sistemas de semaforización inteligente, estructurados a partir de un centro de procesamiento, lo que implica en costos sumamente elevados para ser asumidos por municipios de nuestra provincia. Por ello, se propone investigar una solución más económica, desarrollada en la provincia, que resulte en semáforos que se adapten a las necesidades reales de circulación, tomando decisiones de forma



local y comunicando informaciones de sincronismo y operación a otros semáforos.

Para hallar dicha solución, fue necesario investigar primeramente los distintos métodos de detección vehicular. Como resultado de esta primera etapa se optó por emplear cámaras de video vigilancia como la mejor alternativa. A partir de esta decisión, comienza la etapa de investigación acerca del software que permita determinar la cantidad de vehículos, a partir del procesamiento de imágenes (o video) captado por la cámara.

Es necesario aclarar que un video está compuesto por una sucesión de imágenes (*frames* o *cuadros*), por lo tanto cuando hablamos de procesamiento de imágenes en este trabajo, nos referimos a cada uno de los cuadros que componen el video.

Tomando como base métodos publicados en la literatura científica, se proponen modificaciones y se desarrolla un algoritmo en Matlab® para determinar la cantidad de vehículos a partir de las imágenes tomadas del video captado por la cámara de vigilancia.

Metodología

Se realizó un análisis bibliográfico de los distintos métodos de detección vehicular mediante procesamiento de imágenes, encontrando inconvenientes en cada uno de ellos, especialmente en la determinación de la densidad vehicular. La densidad vehicular es un parámetro importante, ya que en base a esto se calculará el tiempo de habilitación de cada carril. Tomando estos métodos como base y se propone un nuevo método pretendiendo lograr mejores resultados

Resultados y Discusión

En la bibliografía especializada, normalmente se encuentra que para determinar la densidad de vehículos, se toman sucesivas imágenes de video de un carril cuando este posee luz roja del semáforo y por lo tanto, los automóviles se encuentran detenidos sobre ese carril. En un paso posterior, se procesan estas imágenes, para lo cual existen muchos métodos. A seguir, se presentan algunos métodos, resaltando su metodología e inconvenientes. En [1], mediante funciones que posee el programa de simulación Matlab® se convierte la imagen a blanco y negro y luego se determina la cantidad de vehículos en función de la cantidad de píxel blancos que hay en la imagen. El inconveniente de este método es que los vehículos de colores oscuros y negros son convertidos en píxeles de color negro, por lo que no son detectados por este método. Teniendo al final un conteo erróneo de la cantidad de autos. El método propuesto en [2], detecta el contorno del objeto, pero como los automóviles tienen una diversidad de formas y tamaños, además requiere un esfuerzo computacional elevado, este método no es viable.

En [3], con funciones de Matlab®, se realiza una conversión de la imagen en color a escala de grises. Luego se requiere una imagen de la calzada sin vehículos (como referencia o fondo) y se la resta a la imagen con vehículos detenidos en el semáforo. Finalmente se promedian los píxeles



resultantes de la resta y se obtiene la densidad o concentración vehicular. Este método se ha tomado como referencia para desarrollar un nuevo algoritmo, el cual se detalla a continuación.

Método de detección propuesto:

Para realizar la detección de vehículos mediante procesamiento de imágenes, se emplea el software de programación y simulación Matlab®, ya que el mismo posee un toolkit dedicado al procesamiento de imágenes.

Para los ensayos del algoritmo propuesto, se utilizó un video tomado desde un puente aéreo, justo detrás de un semáforo, pudiendo así capturar imágenes con una perspectiva similar a la de una cámara que se encuentre montada a la altura de un semáforo, tal como se aprecia en la figura 1



Figura 1: imagen tomada del video captado por la cámara desde un puente aéreo

Con el algoritmo propuesto se busca determinar la densidad o concentración vehicular donde la densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km).

La densidad de cada carril será calculada por el script en el momento que tenga luz roja del semáforo, por lo tanto los vehículos estarán detenidos, además se tomará una sucesión de imágenes a medida que lleguen más automóviles para obtener un valor promedio.

Descripción del algoritmo utilizado:



Como se mencionó anteriormente, matlab nos brinda la posibilidad de trabajar con videos e imágenes. Por lo tanto, primeramente se debe cargar el video al script, para ello se utiliza el siguiente comando:

```
Video1 = VideoReader('video_prueba.avi');
```

Luego es necesario obtener una imagen de referencia, de la calzada sin vehículos, y convertirla a escala de grises, tal como se observa en la figura 2, con el comando:

```
Imagen_referencia = rgb2gray('im_refe')
```



Figura 2: Imagen de referencia, calzada vacía tomada de día

Esta imagen es utilizada como referencia del fondo, la cual se resta con las imágenes tomadas cuando el semáforo esta en rojo para esa calzada. Esta imagen fue tomada durante el día, con luz natural. La misma imagen se debe actualizar para las distintas condiciones climáticas y de iluminación, debido a que el color de la misma cambia para las diferentes situaciones. Para que el procesamiento no contenga errores, la imagen de referencia deberá ser actualizada varias veces a lo largo del día, para ello la cámara deberá detectar cuando no hay vehículos y el script tomará esa imagen como nueva referencia.

Una vez determinada la imagen de referencia, se toman las sucesivas imágenes de la calzada con vehículos (probablemente), cuando esté en rojo el semáforo para estos. También se realiza a conversión de la imagen en RGB a escala de grises con el comando ya mencionado. Prosiguiendo, se resta cada una de estas imágenes con la imagen de referencia (también convertida a escala de grises). El resultado de esta operación se aprecia en la figura siguiente,



donde se tiene una imagen con automóviles y el resultado de la resta, logrado con el siguiente comando:

$$\text{Resta_imagenes} = \text{imdif}('im_refe,imagen_1')$$



(a)



(b)

Figura 3: (a)imagen de la calzada con vehículos;(b)resultado de la resta entre la imagen (a) y la de referencia.

Para realzar el valor de cada pixel diferente a cero (que corresponde al color negro) luego de la resta, mediante un proceso iterativo se compara el valor de cada pixel de la imagen resultante, y todos aquellos mayores a un valor base se los convierte a blancos es decir se les da el valor de 255 (que corresponde al blanco en la escala RGB). Los valores inferiores al valor base son convertidos en negro, es decir 0. Como resultado de esta operación tenemos la imagen que se aprecia en la figura 4.

Con este procedimiento los automóviles de colores oscuros o negro son detectados por que al realizar la resta con un fondo más claro, el resultado no es cero. A pesar de que sean valores pequeños (próximos a cero o negro) son convertidos a blanco, como se muestra a continuación. La concentración de vehículos calculada a partir de la resta de imágenes es de 2,53. Luego de pasar a blanco y negro la imagen, resulta de 6,27

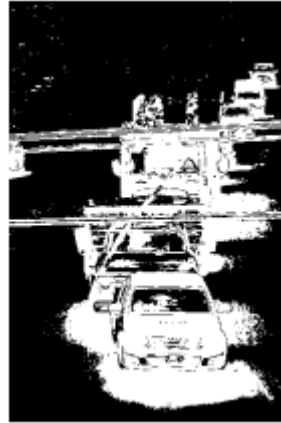


Figura 4: imagen convertida a blanco y negro luego de la resta con la referencia de fondo

Prosiguiendo con el desarrollo del script y el procesamiento de imágenes, nos encontramos con el inconveniente de efecto óptico tipo embudo que posee la lente de la cámara, este efecto hace que los vehículos que se encuentren más alejados del lente poseen en la imagen un tamaño mucho menor que el mismo objeto que esté cerca de la misma. Por tal motivo se realizó una división logarítmica de las imágenes con automóviles y la referencia, seccionándola en 3 partes, en forma horizontal. Se comprobó que la suma de las 3 concentraciones es igual a la concentración de la imagen completa. Luego de esto se aplica un factor de ponderación mayor a la concentración del sector más lejano de la imagen, y un factor menor a la parte intermedia de la imagen. Solucionando de esta manera el efecto óptico introducido por el lente de la cámara.

Cabe mencionar que se han realizado simulación secciones de videos con diferentes números de vehículos detenidos, tanto de día con luz natural, como de noche con luz artificial, logrando resultados comparables.

Conclusiones

Con el método elegido y el script desarrollado se han logrado resultados satisfactorios y representativos de la concentración vehicular en el momento en que se encuentra en rojo el semáforo para una calzada. Se han encontrado inconvenientes en otros métodos propuestos en la bibliografía consultada y se han desarrollado soluciones para los mismos. Logrando un algoritmo con una buena capacidad de detección vehicular y estimación de la concentración de los automóviles.

Referencias



[1] T. Royani, J. Haddadnia and M. Pooshideh, "A simple method for calculating vehicle density in traffic images," *2010 6th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing*, Isfahan, 2010, pp. 1-4.

[2] Olivia Mendoza, Patricia Melin, Guillermo Licea, "A New Method for Edge Detection in Image Processing Using Interval Type-2 Fuzzy Logic", *GRC*, 2007, 2013 IEEE International Conference on Granular Computing (GrC), 2013 IEEE International Conference on Granular Computing (GrC) 2007, pp. 151.

[3] A. Kanungo, A. Sharma and C. Singla, "Smart traffic lights switching and traffic density calculation using video processing," *Engineering and Computational Sciences (RAECS), 2014 Recent Advances in*, Chandigarh, 2014, pp. 1-6.