

Trabajo Practico final de CPDSI

Detección de sombras en imágenes a color

Haimovich, David

Ojeda, Juan

Rychter, Damian

INTRODUCCIÓN

Las sombras en imágenes digitales pueden causar la pérdida total o parcial de la información en las áreas afectadas y, consecuentemente, provocan una mayor dificultad o incluso la imposibilidad de aplicar procesos de análisis de imágenes tales como la detección y reconocimiento de objetos, la detección de cambios temporales, la reconstrucción de escenas 3D. (ver figura 1). Por otro lado podemos aprovechar la ventaja que proporcionan las sombras considerando la información que facilitan para inferir la estructura 3D de la escena, basada en la posición y la forma de la sombra proyectada, por ejemplo para la detección de edificios, delineación y estimación de alturas. Es clara por lo tanto, la ventaja que la detección precisa de las áreas ensombrecidas en las imágenes de satélite aporta a la restauración de las áreas afectadas y a la generación de información 3D. La detección de sombras ha recibido en los últimos años gran atención dentro del campo de la visión por computador, aunque no se han desarrollado muchos trabajos destinados a la aplicación de esos resultados a las imágenes de satélite de alta resolución disponibles recientemente. Este artículo describe los principales enfoques que se dan para detectar sombras en imágenes y analiza su idoneidad para ser aplicados a imágenes en color.



Figura 1

De forma muy breve, el método propuesto se basa en la detección de sombras a través de un procedimiento de crecimiento de regiones que fundamentalmente consiste en dos fases:

1. Se seleccionan como semillas de regiones de sombras a pequeños grupos de píxeles que muy probablemente forman parte de sombras. Estos grupos se obtienen del entorno vecino del máximo local en la componente c_3 del espacio de color $c_1c_2c_3$. Cada área de sombra se caracteriza entonces por una distribución gaussiana de los valores c_3 de los píxeles que se encuentran dentro de esta región.

2. Desde estas semillas se extiende recursivamente la forma de la región de sombra mediante la adición de píxeles adyacentes que son consistentes con la distribución previamente mencionada. Para detectar el área sombreada de la forma más precisa posible, este proceso tiene en cuenta la información sobre la frontera de la región que proporciona el detector de bordes. Uno de los problemas que se presentan cuando se utiliza la componente c_3 es su inestabilidad para ciertos valores de color, lo que nos lleva a una incorrecta clasificación de píxeles de zonas no sombreadas como pertenecientes a zonas sombreadas (falsos positivos).

Esto ocurre para píxeles con bajo nivel de saturación y para píxeles con valores de intensidad extremos (altos y bajos). Para evitar esto, se tienen en cuenta algunos componentes de los espacios HSV y RGB que son revisados en las dos fases anteriores. El método presentado ha sido probado con éxito con imágenes adquiridas bajo diferentes condiciones de iluminación tomadas en diferentes estaciones y con diferentes ángulos de elevación de sol sobre áreas tanto de naturaleza urbana como rural.

MÉTODOS BASADOS EN IMÁGENES

Este enfoque hace uso de ciertas propiedades de las sombras de las imágenes como el color (o intensidad), estructura de la sombra (hipótesis de *umbra* y *penumbra*), bordes, etc., sin ningún tipo de suposición sobre de la estructura de la escena. Más aún, aunque ninguna de esas informaciones estén disponibles, estos métodos pueden ser usados para mejorar el rendimiento en el proceso de detección. Algunas formas habituales de explotar las características de las sombras son:

- El valor de los píxeles en las sombras deben ser bajos en todas las bandas *RGB*. Las sombras son, en general, más oscuras que las regiones de alrededor por lo que tienen que estar delimitadas por bordes perceptibles (límites de sombras).
- Las sombras no cambian la textura de la superficie. Las marcas a lo largo de la superficie no tienden a cambiar en los límites de las sombras bajo condiciones generales de observación.
- En algunos componentes de colores (o combinaciones de ellos) no se observan cambios con independencia de si la región está sombreada o no, es decir, que son invariantes a las sombras. Cuando se dispone de alguna información sobre la escena, esta puede ser usada en combinación con los procedimientos anteriores. Algunos ejemplos de como aplicar esta información son:
 - Uno o más bordes de la sombra proyectada están orientados exactamente en la dirección de la luz.
 - Los tamaños de las sombras dependen de la dirección de la fuente de la luz y de la altura del objeto.

Nuestra técnica para la detección de sombras es un método completamente basado en imágenes, puesto que exclusivamente aplicamos propiedades de la imagen. En particular, explotamos tanto las componentes invariantes de las sombras como la información de bordes para segmentar las regiones sombreadas. A continuación describimos los diferentes espacios de color y analizamos su idoneidad para ser aplicados a la detección de sombras en imágenes de satélite de alta resolución en color.

ESPACIOS DE COLOR INVARIANTES

Los colores se pueden representar en una variedad de espacios tridimensionales tales como *RGB*, *HSV*, *XYZ*, *l1l2l3*, *YCrCb*, *Lab*, *Luv*. Cada espacio de color se caracteriza por una serie de propiedades que los hacen especialmente apropiado para aplicaciones específicas. Entre estas propiedades destacamos las características invariantes. Por ejemplo, algunos espacios de color son invariantes a los cambios en las condiciones de la imagen incluyendo la dirección de visualización, la orientación de la superficie del objeto, las condiciones de iluminación, y las sombras. Los espacios de color tradicionales como el *RGB* normalizado (*rgb*), color y saturación (*HSV*) y más recientemente, *c1c2c3* son representaciones de color que revelan la existencia de alguna propiedad invariante a las sombras. El espacio que mejor comportamiento presenta en este sentido es el *c1c2c3* el cual ha sido utilizado con éxito por para extraer sombras en imágenes sencillas con pocos objetos de colores únicos y fondo plano (sin textura). Obviamente estas premisas no pueden ser asumidas en imágenes de satélite en color de alta resolución donde las escenas observadas presentan muchas texturas, los objetos tienen colores muy diferentes y la escena, en general, es muy compleja. Pruebas empíricas han demostrado la idoneidad de la componente *c3* para identificar regiones sombreadas, las cuales producen una respuesta más alta que las regiones no sombreadas. La banda *c3* se calcula a partir de la representación *RGB* mediante la siguiente transformación no lineal:

$$c_3 = \arctan\left(\frac{B}{\max\{R, G\}}\right)$$

Ecuación 1

Donde *R*, *G*, y *B* son iguales a los componentes rojo, verde y azul respectivamente de cada píxel en la imagen.

PROBLEMAS

- La banda c_3 es bastante ruidosa lo que puede provocar una clasificación errónea de los píxeles de sombras como no sombreados (verdaderos negativos) además de falta de precisión en los límites de las sombras.
- La ecuación (1) llega a ser inestable debido a los valores bajos de saturación (S) llegando a causar clasificaciones erróneas de píxeles pertenecientes a zonas sin sombra como píxeles sombreados (falsos positivos).
- Los colores cercanos al blanco (altos valores de V) y al azul (altos valores de B) son erróneamente detectados como sombras (falsos positivos).

Para superar los problemas citados en nuestro enfoque hemos incorporado las siguientes dos actuaciones:

- Para minimizar el efecto de ruido, suavizamos la imagen c_3 y utilizamos la imagen gradiente para delimitar con mayor precisión las áreas de sombra.
- Analizamos las componentes S , V (del espacio HSV) y B (del RGB) y no clasificamos un píxel como sombra si se cumple alguno de los problemas mencionados arriba. Esto puede dar lugar a pequeños huecos en una región de sombra que constituyen un precio pequeño a pagar por evitar los falsos positivos, especialmente si pensamos que estos pequeños huecos pueden ser fácilmente rellenados con un filtro morfológico. A continuación describimos el método desarrollado que está basado en la segmentación de la imagen suavizada c_3 a la par que se tienen en cuenta las consideraciones anteriores.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO

En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques del método propuesto que comprende las tres fases que se describen a continuación.

FASE DE PREPROCESAMIENTO

La entrada al sistema es una imagen RGB de la cual se calculan las siguientes componentes: c_3 , saturación (S) e intensidad (V). La imagen c_3 se convoluciona con un kernel de promediado de 5×5 para minimizar los efectos del ruido) y la magnitud de gradiente de la imagen de intensidad (V) se calcula mediante la aplicación de un detector Sobel 5×5 .

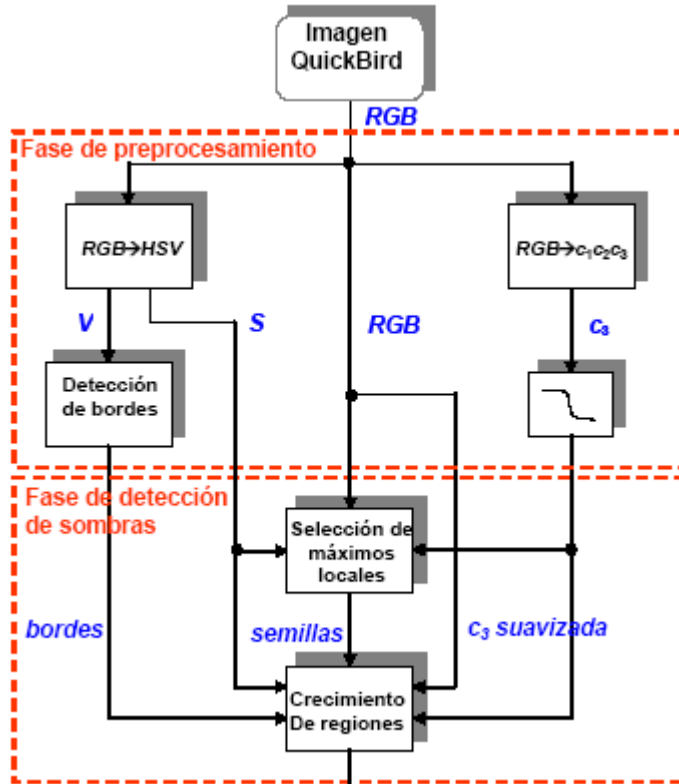


Figura 2

FASE DE DETECCIÓN DE SOMBRAS

En esta fase se realiza un proceso genérico de crecimiento de regiones en el que se comienza a partir de un pequeño grupo de píxeles (llamado región semilla) al que se añaden de forma recursiva vecinos que cumplen ciertas reglas de pertenencia. Esta técnica es particularmente adecuada para nuestro problema ya que en la imagen pueden existir muchas regiones de sombra y cada una de ellas pueden tener perfiles radiométricos muy diferentes (la intensidad o fuerza de la sombra de la sombra puede variar de una zona de la imagen a otra). Obviamente uno de los puntos clave de esta técnica consiste en la correcta colocación de las semillas en la imagen que debe ser de al menos una por región (no pasa nada si hay más de una) y ninguna en píxeles que no son sombra. A continuación se describe nuestra implementación de la técnica en profundidad.

Selección de semillas

Una semilla es una ventana de 9x9 píxeles. Se sitúa en la imagen c_3 suavizada cuando verifica las siguientes condiciones:

1. El centro de la ventana es un máximo local y su 9x9 vecinos tienen valores mayores que la media de la imagen c_3 completa. El tamaño de esta ventana constituye el mínimo tamaño permitido para las sombras
2. La media de las componentes azul (B) e intensidad (V) deben ser más bajas que ciertos umbrales T_B y T_V respectivamente, para evitar los problemas que se mencionaron en la sección anterior. De igual manera, la media de la componente de saturación (S) de la ventana de píxeles debe ser más alta que un umbral T_S .
3. Ninguno de los píxeles pertenecientes a la ventana están en otra semilla previa.

Estas condiciones hacen muy probable que la ventana semilla se corresponda con una sombra. Puesto que en una típica región de sombra se identifican más de una semilla, no nos importa demasiado que no cumplan las premisas que se demandan, lo importante es no generar falsos positivos. Cuando en una región de sombra se sitúa más de una semilla, estas acaban formando una sola región debido al proceso de crecimiento de regiones

empleado. Lo único que se podría objetar en este proceso es que tiene más requisitos computacionales que si sólo hubiera una semilla por cada región de sombra, aunque esto no es una cuestión crítica por lo que ha sido obviada en nuestra implementación. Cada una de las semillas se toma como un prototipo que se caracteriza por la media de la distribución gaussiana $N(c_3)$ de los valores c_3 . El proceso descrito a continuación descansa sobre esta información para el crecimiento de las semillas sobre las regiones de sombra.

Proceso de crecimiento

Este proceso se ejecuta recursivamente para todos los 8-vecinos de los píxeles situados en los límites de la región de sombra. Comenzando con la ventana semilla, un píxel es clasificado como sombra y añadido a la región si satisface las siguientes condiciones:

- No ha sido previamente añadido a otra región de sombra.
- Tiene que estar por debajo de cierta distancia d_0 de la media de la región, es decir, su valor c_3 sigue la distribución gaussiana

$$|c_3 - \hat{c}_3| < d_0$$

- Satisface la condición 2 de la sección anterior impuesta para los píxeles semilla.
- La magnitud del gradiente de V está por debajo de un determinado umbral. Si el píxel se incorpora a la región entonces se actualiza la distribución gaussiana, es decir, se recalculan \hat{c} y σ . El proceso termina cuando ninguno de los píxeles vecinos se añade a la región.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este informe hemos presentado un procedimiento para la detección automática de sombras en imágenes a color de saturación media. El método propuesto se ha basado en otros trabajos del campo de la visión por computador que fueron desarrollados y aplicados para imágenes de naturaleza muy distinta. En particular, hemos explotado la sensibilidad de los píxeles de sombras a una de las componentes (c_3) de un espacio de color denominado $c_1c_2c_3$. Para superar las limitaciones que la banda c_3 presenta hemos desarrollado un procedimiento de crecimiento de regiones que tiene también en cuenta algunas componentes de otros espacios de color (S , V y B). Aunque nuestro método necesita de la selección manual de ciertos umbrales, esta operación no tiene que ser muy precisa para la obtención de resultados satisfactorios. Experimentalmente hemos verificado el éxito y efectividad del método para una gran variedad de imágenes en distintas condiciones. Aun así la tasa de verdaderos negativos (sombras reales no detectadas) es todavía alta para algunas aplicaciones como la detección de cambios urbanos.

Bibliografía consultada

[1] Etemadnia, H. y Reza-Alsharif, M. (2003). Automatic image shadow identification using LPF in homomorphic processing system. *Proc. VII Digital Image Computing: Techniques and Applications*, pp. 429-438, Sydney.

[2] Ford, A. y Roberts, A. (1998). Colour space conversions. *Technical report*, Westminster University, London.

[9] Salvador, E., Cavallaro, A. y Ebrahimi, T. (2001). Shadow identification and classification using invariant colour models. *IEEE International Conference on Acoustic, Speech, and Signal Processing*, 3, pp. 1545-1548, Salt Lake City, Utah.