

RECONSTRUCCIÓN DE ESPECTROS DE REFLECTANCIA EN EL INFRARROJO CERCANO A PARTIR DE MEDIDAS DE UNA CAMARA CCD

Vilaseca, M.; Pujol, J.; Arjona, M.

Centre de Desenvolupament de Sensors, Instrumentació i Sistemes (CD6).

Departament d'Òptica i Optometria. Universitat Politècnica de Catalunya.

Rambla Sant Nebridi 10, 08222 Terrassa, Spain

Palabras clave: Imágenes multiespectrales, análisis de componentes principales, cámara CCD, infrarrojo cercano.

INTRODUCCIÓN

La región espectral del infrarrojo cercano NIR (800 nm - 1000 nm) es útil en varios campos de aplicación. Entre ellos se pueden citar la agricultura, industria alimenticia, aplicaciones médicas y textiles entre otras. Actualmente la medida del espectro de muestras en esta región se realiza con espectrofotómetros convencionales, el detector de los cuales debe tener sensibilidad hasta 1000 nm. Este tipo de instrumentación es cara debido a la necesidad de incorporar en ellos una red de difracción para obtener luz monocromática. En este trabajo presentamos un método de reconstrucción (Vilaseca et al. 2002) de reflectancias espectrales de muestras en el NIR partiendo de pocas medidas realizadas con una cámara CCD convencional y diferentes filtros (imágenes multiespectrales). Existen varios métodos de estimación (Hardeberg et al. 2000) de espectros a partir de pocas medidas. Entre ellos se pueden citar la pseudo inversa de Moore-Penrose, estimación de Wiener, técnicas de interpolación etc. El método utilizado en este trabajo está basado en el análisis de componentes principales (PCA) (Simonds 1963) el cual interpreta los espectros de reflectancia como vectores (n componentes). A partir de un conjunto de espectros de reflectancia conocidos se pueden determinar algunos vectores característicos o propios que combinados en cantidades adecuadas (coeficientes escalares) pueden reconstruir todos los espectros originales y otros similares a ellos. En notación vectorial:

$$\mathbf{R} \approx \mathbf{R}_M + \alpha \mathbf{v}_1 + \beta \mathbf{v}_2 + \gamma \mathbf{v}_3 + \dots + \xi \mathbf{v}_p, \quad p < n, \quad (1)$$

dónde \mathbf{R} es el espectro de reflectancia de una muestra, \mathbf{R}_M es el vector medio de reflectancias espectrales conocidas, $\alpha, \beta, \dots, \xi$ son los coeficientes escalares y $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_p$ son los vectores característicos.

De esta forma, todos los espectros de reflectancia quedan determinados por pocos parámetros. La reconstrucción de espectros implica la utilización de diferentes bandas o canales de adquisición para la determinación de los coeficientes escalares. Estos canales se obtienen interponiendo filtros entre las muestras y la cámara. Así, la respuesta de la cámara para cada uno de los canales viene dada por:

$$X_i \mathbf{R} \mathbf{F}_i \approx \mathbf{R}_M \mathbf{F}_i + \alpha \mathbf{v}_1 \mathbf{F}_i + \beta \mathbf{v}_2 \mathbf{F}_i + \gamma \mathbf{v}_3 \mathbf{F}_i + \dots + \xi \mathbf{v}_p \mathbf{F}_i, \quad p < n, \quad (2)$$

dónde X_i es la respuesta de la cámara CCD a cada canal y \mathbf{F}_i es la sensibilidad espectral de los diferentes canales (transmitancia del filtro, sensibilidad espectral de la cámara e iluminante).

Utilizando varias ecuaciones del tipo (2) se pueden determinar los coeficientes escalares y con ellos estimar la reflectancia espectral de la muestra.

MÉTODO Y MATERIAL

Para estimar los resultados que se obtendrían al utilizar el método expuesto y para determinar el número y la forma de los filtros a interponer entre las muestras y la cámara se realizó un estudio de simulación numérica. Se consideraron diferente número de filtros gaussianos (ec.3)

equiespaciados en la región de 800 nm - 1000 nm de anchura variable. Con este estudio se determinó la anchura de los diferentes filtros (parámetro b) para que los resultados de reconstrucción fueran óptimos. También se analizaron los grados de reconstrucción bajo la influencia de dos iluminantes diferentes ($T_c = 2852$ K, $T_c = 3371$ K).

$$y = a \exp \left[-0.5 \left(\frac{x - x_0}{b} \right)^2 \right] \quad (3)$$

dónde a es la altura máxima del pico gaussiano, x_0 es la coordenada x correspondiente al máximo (centro) de la gaussiana y b está relacionado con la anchura a media altura (FWHM) de la gaussiana.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Tabla 1 se exponen algunos de los resultados obtenidos. Para evaluar el grado de reconstrucción se utilizan dos parámetros: P_{rec} (Porcentaje de reconstrucción) y RMS (Root Mean Square Error). La Figura 2 muestra la reconstrucción simulada de algunas muestras con 2 y 5 filtros.

Iluminante 1 ($T_c=2852$ K) (Resultados obtenidos con simulación)					
Numero de filtros	2	3	4	5	6
b (anch. Gauss.)	85	45	89	100	48
Prec medio	99.147	99.613	99.970	99.990	100
(RMS*100) medio	2.140	1.448	0.618	0.225	0.097
Iluminante 2 ($T_c=3371$ K) (Resultados obtenidos con simulación)					
Numero de filtros	2	3	4	5	6
b (anch. Gauss.)	67	28	100	100	66
Prec medio	99.199	99.612	99.970	99.988	99.998
(RMS*100) medio	2.103	1.447	0.621	0.243	0.100

Tabla 1. Resultados de reconstrucción.

Con las simulaciones se observó que la utilización de 5 filtros era suficiente para obtener un buen grado de reconstrucción. El tipo de iluminante utilizado no influyó en gran medida ni en la forma de los filtros óptimos ni en la calidad de reconstrucción.

AGRADECIMIENTOS:

A la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) por la financiación del proyecto TAP-99-0856.

BIBLIOGRAFÍA

- Hardeberg, J.Y.; Schmitt, F.; Brettel, H. (2000). Multispectral image capture using a tunable filter. Conference on Color Imaging (San José, California), Proc. SPIE 3963, 77-88.
- Simonds, J.L. (1963). Application of characteristic vector analysis to photographic and optical response data. *J. Opt. Soc. Am.* 53, 968-974.
- Vilaseca, M.; Pujol, J.; Arjona, M. (2002). Spectral reflectance reconstruction in the NIR region using conventional CCD camera measurements, (enviado a *Appl. Opt.* en abril de 2002).

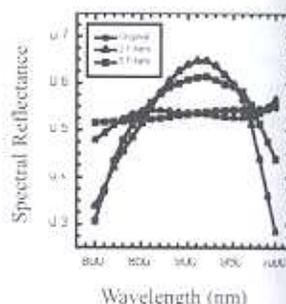


Fig. 2. Reconstrucciones simuladas de algunas muestras con 2 y 5 filtros