

MEJORA DE LA EFICIENCIA EN LA SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES POR TEXTURAS MEDIANTE FILTROS DE ENERGÍA

L. A. RUIZ, P. ACOSTA, A. FDEZ.-SARRÍA, M. J. PORRES, J. E. PARDO

laruiz@cgf.upv.es

Dept. Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría
Universidad Politécnica de Valencia

RESUMEN: Se han evaluado varias características de textura obtenidas a partir de la aplicación de filtros de energía y un tratamiento post-filtrado, comparándolas con las derivadas de la matriz de co-ocurrencias de niveles de gris, en la clasificación de unidades de vegetación en zonas mediterráneas de montaña. También se ha estudiado la mejora de la clasificación al combinar datos espaciales (texturas), espectrales (Landsat-TM, NDVI) y topográficos (MDE). Los resultados muestran una mejora en la segmentación y la reducción del efecto frontera entre grupos de textura o clases diferentes, abriendo la posibilidad de diseñar filtros específicos que se adapten a cada problema de segmentación. Destaca el incremento de la fiabilidad al combinar los tres tipos de datos en la clasificación.

ABSTRACT: Several texture features based upon application of energy filters and a post-filtering processing were evaluated and compared to the features obtained from the grey level co-occurrence matrix, applied to the classification of mountain vegetation units in mediterranean areas. How the classification improves combining spatial (texture), spectral (Landsat-TM bands, NDVI) and topographic (MDE) data has also been studied. The results show the improvement of segmentation and the attenuation of the border effect between texture groups, opening a way for designing specific filters that could fit each segmentation problem. It is noticeable the increase in classification accuracy obtained by combining the three data groups.

Palabras clave: filtros de energía, texturas, clasificación.

INTRODUCCIÓN

La extracción de información sobre la textura de una imagen, esto es, sobre la distribución espacial de los niveles de intensidad en áreas o vecindarios, se utiliza tanto para la segmentación de imágenes de las que no se dispone de información multispectral exhaustiva, como para la identificación, caracterización y clasificación de aquellas unidades o elementos zonales del paisaje heterogéneos de por sí, en los que sus principales características derivan, precisamente, de su especificidad en la organización espacial de sus elementos.

Los métodos de análisis de texturas más profusamente estudiados en la práctica de la teledetección se basan en la extracción de características estadísticas de segundo orden obtenidas a partir de la matriz de co-ocurrencias de niveles de gris (MCNG) (Haralick *et al.*, 1973), si bien existen otras aproximaciones basadas, por ejemplo, en descriptores de Fourier, modelos de autorregresión, morfología matemática, *wavelets*, filtros de Gabor o filtros de energía. Randen y

Hakon (1999) realizaron un estudio teórico comparativo de varios métodos. Sin embargo, la eficiencia está en gran parte condicionada por los tipos de textura que en la práctica se deseen caracterizar. Ruiz *et al.* (1998, 1999) estudiaron y aplicaron las características estadísticas derivadas de la MCNG, un índice de densidad de bordes y un filtro de energía, para la caracterización y clasificación de unidades forestales en distintos ámbitos, atendiendo al tipo y densidad de vegetación, relacionando los resultados con variables espectrales estándar (NDVI, etc.).

Una de las principales limitaciones prácticas del empleo de las texturas en los procesos de clasificación es el efecto de bordes que se genera en las zonas de transición entre clases, donde los resultados de la clasificación son muy pobres. Ruiz y Fdez.-Sarría (2000) compararon la clasificación de unidades de montaña en entornos mediterráneos a partir de información espacial, espectral y de modelos digitales de elevación (MDE), encontrando una complementariedad entre los tres tipos

de factores, reflejada en un incremento significativo de las fiabilidades en la clasificación. Sin embargo, aún se requiere profundizar más en la aplicación del análisis de las texturas en la segmentación práctica de imágenes, tratando de particularizar las características a cada problema en particular.

Los objetivos de este trabajo fueron:

- Evaluar la aplicación de varios filtros de energía sobre imágenes pancromáticas en la clasificación de unidades de vegetación de zonas mediterráneas de montaña, estudiando tanto la influencia del tipo de filtro como de su tamaño. Comparar los resultados con los obtenidos mediante métodos estadísticos de textura basados en la MCNG.
- Estudio de un método de post-filtrado para la reducción del efecto de bordes en la clasificación, y cuantificación de la mejora en la clasificación de las zonas de transición.
- Evaluar la mejora de la clasificación al combinar sucesivamente datos espaciales, espectrales y derivados de MDE.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Se trabajó sobre fotografías aéreas pancromáticas digitalizadas a una resolución de 2 m/píxel, a partir de las cuales se generaron 2 grupos de características de texturas: A) 8 estadísticas derivadas de la MCNG (Haralick, 1973), más un factor de densidad de bordes; B) 7 tipos de filtros de energía, 6 de los cuales coincidían con los propuestos por Laws (1985), al que se añadió el laplaciano de un filtro gaussiano (LoG) aplicado sobre la imagen original (figura 1). A los filtros de energía se les aplicó un tratamiento post-filtrado para reducir el marcado efecto de transición entre grupos de textura, consistente en la asignación a cada píxel del valor medio del vecindario con menor varianza de entre los cuatro vecindarios de 15 x 15 para los que el píxel es esquina (Hsiao, 1989).

Como características espectrales se utilizaron las bandas de una imagen Landsat TM y el índice de vegetación NDVI derivado de las mismas. Además, a partir de un MDE se generó el mapa de insolación media anual (Ruiz, 1999).

Para el estudio de la influencia del tamaño del filtro empleado se realizaron varias clasificaciones supervisadas utilizando las mismas muestras, con cuatro tamaños diferentes: 3, 5, 7 y 11.

La evaluación del poder discriminatorio de los tipos de filtros de energía se llevó a cabo mediante análisis de separabilidad sucesivos (distancia de *Jeffries-Matusita*), donde se introducía el tipo de filtro más eficiente en cada paso y se procedía a la clasificación supervisada. Los filtros de energía estudiados fueron: *me-*

dia ponderada, gradiente, forma, ondulación, rugosidad, oscilación y laplaciano del gaussiano (LoG). A las imágenes resultantes se les aplicó el método de post-filtrado indicado. La evaluación y cuantificación de la mejora de este método en la reducción del efecto de bordes se realizó tomando muestras específicas de las seis clases en las zonas de transición y comparando la clasificación en dichas zonas mediante los dos grupos de características de textura por separado.

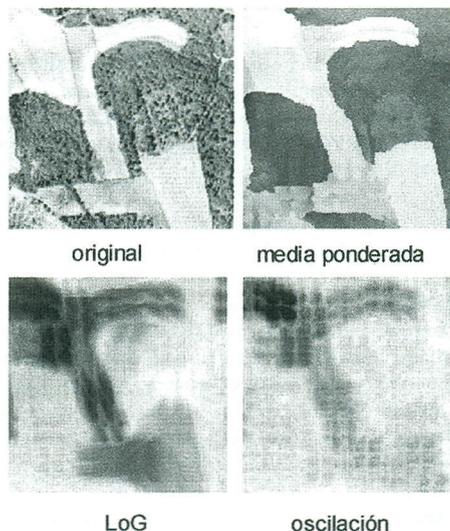


Figura 1. Detalle de un fragmento de la imagen original y de 3 de las 7 características de textura obtenidas mediante filtros de energía.

Además de las clasificaciones realizadas exclusivamente con variables de textura, por separado y de forma combinada, se realizaron pruebas añadiendo la variable de insolación y las variables espectrales, para estimar la mejora sucesiva de los resultados al ir introduciendo nuevos tipos de datos: espaciales, topográficos y espectrales.

Los grupos de textura o clases se definieron según el tipo y la densidad de la vegetación de montaña existente en la zona: (BD) bosque denso (pinos, encinas,...); (BM) bosque de media densidad, de similares especies al anterior y con presencia de vegetación herbácea y matorral; (MD) matorral mediterráneo denso combinado con vegetación herbácea, con más del 70% de vegetación; (MB) matorral de media a baja densidad, entre el 30 y el 70% de cobertura; (CA) cultivos arbóreos, en ocasiones dispuestos en terrazas; (SD) zonas de cultivo en barbecho o con el suelo desnudo.

RESULTADOS

En el estudio de las variables de textura obtenidas a partir de los filtros de energía los resultados fueron los siguientes:

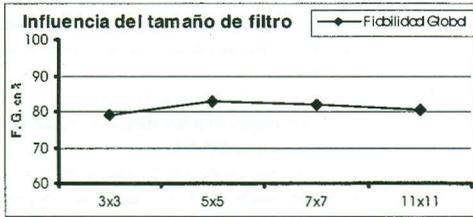


Figura 2. Influencia del tamaño de los filtros de energía en la fiabilidad global de la clasificación.

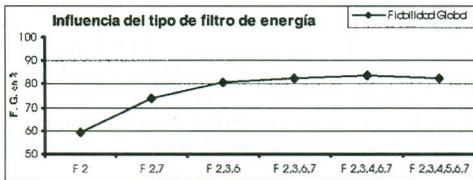


Figura 3. Influencia del tipo de filtro de energía en la fiabilidad de la clasificación (2:media ponderada; 3:gradiente; 4:forma; 5:ondulación; 6:rugosidad; 7:LoG).

No existe gran diferencia en los resultados al utilizar diferentes tamaños de filtros, si bien se aprecia cierta mejora con filtros de 5 x 5, especialmente en las clases de texturas intermedias como matorral denso (MD) y de baja densidad (MB). La figura 2 muestra las fiabilidades globales obtenidas.

- El tipo de filtro de energía que mejor se adapta es el de *media ponderada*, seguido del *LoG*, gradiente y rugosidad. A partir de la introducción del 4º filtro se alcanza una fiabilidad del 82,7% y el incremento de la fiabilidad deja de ser significativo (figura 3).

Al comparar los resultados comparativos entre los dos métodos de textura estudiados, filtros de energía y MCNG, cabe destacar lo siguiente (figura 4):

- Las zonas de terreno cultivado, CA y SD, son fácilmente identificables mediante ambos métodos (siempre superior al 94%).
- La clase de matorral denso no es posible identificarla únicamente mediante métodos de textura, alcanzándose fiabilidades que varían entre 50% y 65%. En el resto de las clases se aprecia una clara mejora al emplear los filtros de energía.
- La combinación de ambos tipos de características incrementa, en todo caso, las fiabilidades, aunque supone un coste elevado en el procesamiento de los datos.

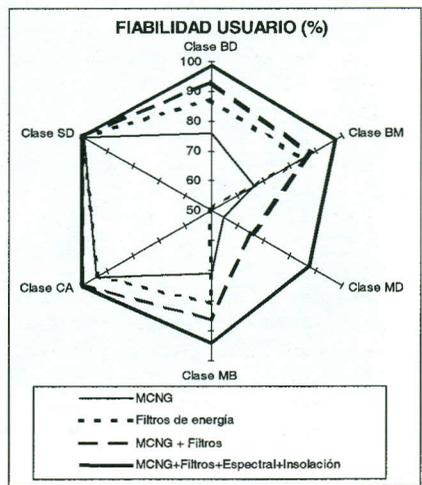
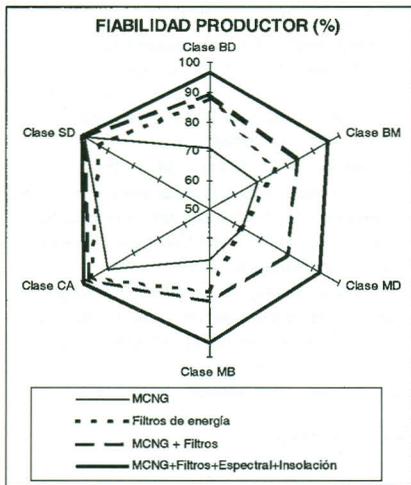


Figura 4. Comparación de las fiabilidades utilizando 4 grupos distintos de variables en la clasificación.

- Debido al tratamiento post-filtrado que se aplica sobre los filtros de energía, existe una mejora global de la clasificación de las zonas frontera entre clases del 27,1% con respecto a la obtenida mediante las características de la MCNG (detalle en la figura 5).

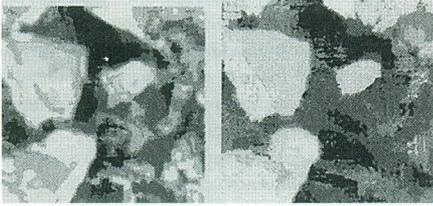


Figura 5. Detalle de clasificaciones por texturas mediante los métodos MCNG (izquierda) y filtros de energía (derecha). Nótese la diferencia en el tratamiento de los bordes en ambas.

Por último, la integración de datos espectrales (NDVI y bandas TM), espaciales (textura) y derivados de MDE (insolación media anual) aporta resultados muy superiores a los obtenidos individualmente mediante las distintas variables por separado (figura 4), especialmente en lo que se refiere a las clases intermedias cuya textura resulta tan difícil de caracterizar. La fiabilidad global obtenida en este caso es del 96,8% y la imagen clasificada resultante se recoge en la figura 6.



Figura 6. Imagen resultante de la clasificación con los tres grupos de variables.

CONCLUSIONES

El empleo de filtros de energía permite la elección y adaptación de las variables de textura a un problema concreto, si bien en este estudio se ha ensayado un reducido número y con cierta correlación entre ellos. Con vecindarios pequeños (5x5) se obtienen buenos resultados, siendo los filtros del tipo de media ponderada los más eficientes y con los que se obtiene un resultado más homogéneo en la imagen.

El tratamiento post-filtrado permite reducir el error en la clasificación con respecto a los métodos estadísticos de textura basados en la MCNG.

El incremento sustancial de la eficiencia en la caracterización y clasificación de las unidades de vegetación mediante la aplicación combinada de variables espaciales, topográficas y espectrales supone un resultado prometedor.

BIBLIOGRAFÍA

- HARALICK, R. M., K SHANMUGAM and DINSTEIN. "Texture features for image classification". IEEE Transactions on Systems, Man. and Cybernetics. SMC-3 : 610-622, 1973.
- LAW, K. I., "Goal-directed texture image segmentation", Applications of Artificial Intelligence II, SPIE vol.548, 19-26, 1985.
- HSIAO, J. Y. and A. A. SAWCHUK, "Unsupervised image segmentation using feature smoothing and probabilistic relaxation techniques", Computer Vision, Graphics and Image Processing, vol. 48, 1-21, 1989.
- RANDEN, T. y HAKON, J. Filtering for texture classification: A comparative study. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 21, No. 4, 1999.
- RUIZ, L.A., IÑÁN, I., BARIDÓN, J. E., LANFRANCO, J. W. Combining multispectral images and selected textural features from high resolution images to improve discrimination of forest canopies Image and Signal Processing for Remote Sensing IV. SPIE Vol. 3500: 124-134, 1998.
- RUIZ, L. A., PARDO, J. E., PORRES, M. J., FDEZ.-SARRÍA, A. Relación entre características derivadas de modelos digitales de elevación y texturas aplicadas al análisis de vegetación. VIII Congreso Nacional de Teledetección. Albacete, 1999.
- RUIZ, L. A., FDEZ.-SARRÍA, A. Analysis of image segmentation of multisource data in mountain environments Proceedings of the XIX Congress of the International Society for Photogrammetry & Remote Sensing, Amsterdam, Julio, 2000.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado mediante el Proyecto 6292 de Grupos Emergentes del Programa de Incentivo a la Investigación de la Universidad Politécnica de Valencia.