

REAGRUPAMIENTO DE REGIONES

F. Abad, J.D. García-Consuegra, A. Quintanilla y A. Martínez

fabad@idr-ab.uclm.es

*Sección de Teledetección y SIG (IDR). Dpto. Informática (EPSA) Universidad de Castilla-La Mancha.
Campus Universitario s/n. 02071 Albacete. Tlf. 967599200 – Ext. 2627, FAX. 967599233*

RESUMEN

En este trabajo, presentamos dos nuevos métodos para la unión de regiones vecinas, aplicados a imágenes obtenidas mediante Teledetección. Esta clase de métodos tratan de encontrar regiones similares entre sí para fusionarlas en una nueva. Uno de los múltiples problemas que aparecen al diseñar este tipo de algoritmos es definir un criterio de similitud entre dos regiones. Este artículo presenta dos criterios de comparación de regiones para estudiar la probabilidad de que pertenezcan a una misma clase espectral. El primero está basado en la distancia VDM (Baraldi y Parmiggiani 1996). Esta distancia mide la similitud de dos vectores n-dimensionales mediante un valor que puede variar entre cero y uno. El otro método consiste en la comparación directa de la distribución de los niveles digitales en cada banda del espectro, mediante sus histogramas. Después de presentar los fundamentos, se propondrán algunas modificaciones para aumentar la eficiencia de ambos algoritmos.

ABSTRACT

In this paper, we propose two new methods for neighbour region merging, applied to Remote Sensing imagery. This kind of methods tries to merge those regions with an enough similarity degree forming a new region. One of multiple problems that appear in this type of algorithms is to define a similarity criterion between two regions. This work presents two criteria for regions comparison, to study the probability that they belong to the same spectral class. The first one is based on the VDM distance (Baraldi and Parmiggiani 1996). This distance measures the similarity of two n-dimensional vectors, by means of a value that ranges from zero to one. The other method consists of the direct comparison of the distribution of the digital levels in each band of spectrum, by its histograms. After presenting the fundamentals, some modifications will be proposed to increase speed in both algorithms.

Palabras clave: unión de regiones, VDM, histograma, regiones homogéneas.

INTRODUCCIÓN

El proceso de segmentación de una imagen se puede abordar desde dos puntos de vista: extracción de los bordes que las separan o búsqueda de las regiones directamente como tales. En la primera opción, los algoritmos tratan de encontrar los límites entre las regiones. Existen varias formas de decidir si un borde es válido (Alvarez 1998), o si se trata de un falso borde (ruido). Eliminar un segmento de un borde que limita dos regiones significa la inmediata aparición de un nuevo objeto, que es la unión de ambas regiones (Pavlidis y Liow 1990). La eliminación de un borde falso conlleva un estudio adicional para mantener la coherencia espacial.

Este problema desaparece en otras aproximaciones, por ejemplo, en el crecimiento de regiones o en los algoritmos *split and merge*. En este caso, la unión de dos regiones está basada en la relación entre los niveles digitales (ND) de las regiones. El objetivo de este tipo de algoritmos es realizar un reagrupamiento de un conjunto de

regiones, para unir aquellas que cumplan un cierto criterio de semejanza. Para cualquiera de las dos aproximaciones anteriores, la literatura aboga por obtener una imagen sobresegmentada, para posteriormente refinar el resultado en otro proceso de unión de regiones homogéneas.

La primera aproximación a la medida de la similitud entre dos regiones es simplemente la comparación de sus centroides. Así, el problema se reduciría a unir aquellas regiones cuya similitud sea superior a un umbral dado. Cuando dos regiones vecinas van a unirse, se pueden presentar varias posibilidades para dicha unión, en función de la relación espacial, el tamaño de las regiones, número de regiones similares encontradas, etc. El instante de la actualización del sistema para tener en cuenta la nueva región es otro elemento sensible ya que, el algoritmo, será dependiente del orden de comparación. Después de la unión, se tendrán que recalcular los parámetros característicos de la nueva región. Por lo tanto, para obtener un sistema óptimo,

en cada iteración sólo se deberán unir aquellas regiones con una mayor similitud. El costo computacional de esta opción es claramente superior a la primera, ya que cada unión requiere varias comparaciones y una ordenación. Aún a pesar de esto, en nuestro algoritmo, hemos asumido esta opción.

ALTERNATIVAS AL CRITERIO DE UNIÓN ENTRE REGIONES BASADO EN LA SIMILITUD DE SUS CENTROIDES.

Como se ha comentado, la unión de dos regiones forma una nueva región, que en la siguiente iteración podrá ser evaluada para ser unida a otras regiones. Este proceso finaliza cuando se cumple el criterio de parada. Por otro lado, el proceso de unión de regiones se puede limitar a aquellas regiones que bien estén completamente contenidas en otra región, o bien restringirse a la región adyacente más similar. Estos casos contemplan la solución a las regiones ruido y regiones contorno (formadas por píxeles de borde efecto de la sobresegmentación) (Alvarez 1998).

El criterio propuesto anteriormente para decidir la unión de regiones basado exclusivamente en la similitud entre los centroides de las regiones, aunque es muy rápido evaluando el criterio de agrupación entre las regiones y manteniendo los parámetros de la nueva región, este método no es útil cuando el elemento discriminador se encuentra en las desviaciones típicas de las regiones. Para considerar esto, se ha tomado como punto de partida el Test de Homogeneidad Adaptativo (THA) presentado en (Chang y Li 1994). Entre las ventajas que presenta dicho trabajo se encuentra el cálculo de forma dinámica y automática de los umbrales de aceptación de la unión de dos regiones. El algoritmo trabaja directamente con los histogramas de las regiones y no asume ningún tipo de distribución en los datos (es un criterio no paramétrico). El THA permite definir un sistema no supervisado regido exclusivamente por un único parámetro λ , el porcentaje valores válidos. Así, dada la distribución de una región, define como región de aceptación aquel rango que deja $\lambda/2$ ND a cada lado de la distribución. Así, dos regiones homogéneas se unirán si cada centroide está dentro de la zona de aceptación de la otra región. Mientras que la propuesta original se limitaba a un espacio monodimensional, en este trabajo proponemos una ampliación a n dimensiones. Si se realiza una traslación del origen del histograma formado por los píxeles de una región, caso monodimensional, al centroide, entonces se podría interpretar este nuevo histograma como la representación de las diferencias de los píxeles al centroide de una región. Esta simple

modificación permite introducir el concepto de *distancia*. Como se sabe, ésta puede medir la similitud o diferencia entre dos elementos tanto en sistemas monodimensionales como multidimensionales. Existe una amplia variedad de funciones de distancia entre las que se encuentran la de Minkowsky (Mardia *et alii.* 1995), Mahalanobis (Duda y Hart 1973), Chebychev, Cuadrática, Correlación (Michalski *et alii.* 1985), medidas de Similitud de Contexto (Biberman 1994), etc. En la mayoría de los casos, se asume un sistema de coordenadas no correlado y/o una función densidad de probabilidad conocida (presumiblemente gaussiana). Ambas premisas se incumplen en el caso de imágenes de teledetección (Mather 1987). Por ello, se precisan medidas como el VDM (Baraldi y Parmiggiani 1996), probada con imágenes de satélite, y válida para sistemas no ortogonales. La generalización del THA al tratamiento de imágenes multibanda se ha apoyado en (Cebrián 1993), donde se presenta un proceso similar aplicado a los algoritmos de extracción de bordes. En dicho trabajo, se estudia el proceso de generalización desde tres perspectivas distintas: proyección a un espacio monodimensional, aplicación del algoritmo en el espacio multidimensional y unión de las salidas obtenidas tras aplicar los algoritmos a cada banda de forma independientemente. El último caso fue el que mejores resultados alcanzó.

Aplicación en el espacio multidimensional

Conceptualmente se puede pensar que los píxeles pertenecientes a cada región forman una nube en el espacio de características. Al generalizar el criterio presentado en (Chang y Li 1994), este se traducirá en comprobar que los centroides de ambas regiones se encuentran en el interior de la nube formada por la otra región, a una distancia dinámica del otro centroide directamente relacionada con λ_k , para cada dimensión. La representación de la distancia umbral en el espacio de características sería un paralelepípedo. Una medida conceptualmente similar es la distancia de Mahalanobis (d_H), si bien, d_H considera un esferoide como la zona de interés, asumiendo una distribución gaussiana.

Proyección a un espacio monodimensional

La proyección propuesta en (Cebrián 1993) consiste en aplicar el detector de bordes a la media aritmética de los NDs de cada píxel en todas bandas. Este método no es aplicable a nuestro caso, ya que dicha proyección supone un incremento de los niveles de confusión. La reducción de la dimensionalidad del espacio de características original se puede abordar mediante técnicas de extracción de características (Harikumar y Bresler

1996). Si, en lugar de trabajar directamente con los ND para comprobar el cumplimiento del criterio de unión de regiones, se transforma el espacio de características en otro monodimensional, el criterio de decisión pasaría a convertirse en: λ , porcentaje de elementos de una región, en tanto por uno, que se encuentran menos distanciados de su centroide. Así, se requeriría un solo límite para la determinación de la zona de aceptación. Representando la distancia de los píxeles a su centroide se forma un histograma, que tenderá a acumularse cerca del cero en regiones homogéneas, o que estará disperso en regiones con una alta desviación típica. El cálculo de similitud se reduciría a asegurar que la distancia entre los centroides de las dos regiones está incluida en ambas regiones de aceptación. Para tener en cuenta los diferentes casos, en función del número de miembros de ambas regiones, se ha asumido una solución parecida a la de (Chang y Li 1994). Así, para dos regiones pequeñas se usa una distancia umbral máxima y si sólo una de las dos es pequeña, se comprueba únicamente que el centroide de la pequeña esté en la zona de aceptación de la grande.

El uso de VDM presenta dos problemas: por una parte, considera de igual peso todas las bandas con independencia de sus desviaciones. Por otra parte, presenta un elevado coste computacional al tener que recalcular los niveles de similitud después de una unión. Para reducir el impacto de ciertas bandas en el resultado final, igualando el peso de todas ellas, se normalizan todas las bandas a la desviación típica de la mayor. El problema del coste computacional se puede abordar desde un punto de vista estadístico. Así, en vez de considerar todos los píxeles de una región para calcular el histograma de similitudes, sólo se tiene en cuenta un subconjunto. Para realizar este muestreo, hay que considerar el número representativo de píxeles de la región. Lo ideal sería calcular esa cantidad en función de la desviación típica de la región, aunque esto es muy costoso computacionalmente. Una alternativa menos costosa es determinar el número de píxeles en función del tamaño de la región.

Unión de las salidas obtenidas tras aplicar los algoritmos a cada banda de forma independientemente

El fundamento teórico de esta opción es similar al presentado en (Cebrián 1993). Dos regiones se consideran similares si lo son en *todas* las bandas que forman el espacio de características. Esta afirmación falla cuando la discriminación entre dos regiones viene dada por la combinación de 2 ó más bandas. Esta deficiencia se puede resolver recurriendo a criterios más complejos y costosos (como el uso del VDM, antes expuesto), o durante la

etapa de selección de características. Son muchos los trabajos realizados en este sentido tanto en el área de teledetección como de visión (Harikumar y Bresler 1996). La forma de caracterizar y extraer los objetos homogéneos basada en la similitud espectral entre píxeles espacialmente conectados, liga su discriminabilidad al de las clases espectrales a las que pertenece, y por lo tanto, al proceso de selección de características realizado para determinar el dominio de características. Por ello, la inclusión de al menos una característica que discrimine las clases de información de interés será suficiente para que el método propuesto en este apartado funcione correctamente.

El algoritmo trabaja con n histogramas por región, uno por banda. Al mantener λ constante se sujeta el rango de validez a la dispersión de la nube formada para esa región. De esta forma, el criterio de similitud se define dualmente: una región k es similar a otra j , y por lo tanto se podrán unir, si: "para todas las bandas, la componente i -ésima de su centroide está en la zona de validez definida por el parámetro λ del histograma de la banda i -ésima de la región j , y viceversa". El criterio de similitud viene condicionado por el tamaño de las regiones comparadas. Las regiones extraídas que estén formadas por un número reducido de píxeles, tendrán asociadas una zona de aceptación estrecha, incrementando la posibilidad de que no sean unidas a otra región vecina, aunque ambas pertenezcan a la misma clase espectral. De esta forma, si se intenta unir una región grande con otra muy pequeña, puede ocurrir que el centroide de la clase pequeña esté en la zona de aceptación de la grande, mientras que el caso contrario no se dé. Como solución al problema se aplican criterios distintos en función del tamaño de las regiones que se están comparando, de forma parecida a como se hace en (Chang y Li 1994).

RESULTADOS

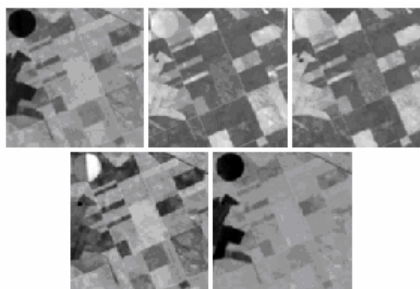


Figura 1. Imagen Landsat TM 5 con 5 bandas.

En la (Figura 1) se puede ver la imagen usada para las pruebas. Se partió de dos segmentaciones, una severa y otra menos restrictiva. Ambas se pueden ver en la (Figura 2). Por último, se pueden ver los resultados obtenidos en la (Figura 4) y (Figura 5).

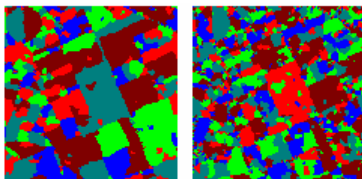


Figura 2. Segmentación inicial.

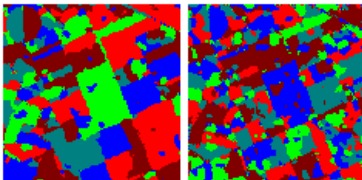


Figura 3. Resultado con método VDM.

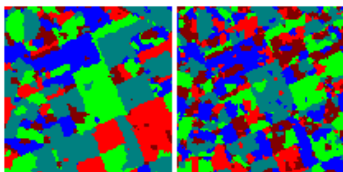


Figura 4. Resultado con método histogramas.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han presentado dos aproximaciones distintas para la unión de regiones en un entorno de segmentación de imágenes basado en regiones homogéneas. Una de ellas se basa en la distancia VDM, que permite medir similitudes normalizadas de vectores en espacios multidimensionales, y otra en la comparación bidimensional de las distribuciones de los niveles digitales de cada región a comparar. Ambas aproximaciones han dado buenos resultados refinando una segmentación inicial que obtiene un número elevado de regiones. El tratamiento posterior que aplican dichos algoritmos permiten obtener las regiones que forman cada clase de información. Este trabajo permite abrir nuevas líneas de investigación

para obtener mejoras a los algoritmos, tanto para obtener mejores segmentaciones, como para optimizar la velocidad de los mismos. Técnicas de muestreo estadístico o preselección de bandas más discriminantes pueden ayudar a obtener algoritmos más óptimos.

Bibliografía.

- Alvarez, L.S. 1998. Codificación de video a baja velocidad basada en regiones y en estimación y compensación bidireccional del movimiento. *Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.*
- Baraldi, A. and Parmiggiani, F. 1996. Single linkage region growing algorithms based on the Vector degree of match. *IEEE Trans. Geoscience and remote sensing*, vol. 34, no. 1:137-147.
- Biberman, Y. 1994. A context similarity measure. *Proceedings of the European Conference on Machine Learning (ECML-94)*, Catalina, Italy: Springer Verlag:49-63.
- Cebrián, M., Pérez-Luque, M.J. and Cisneros, G. 1993. Edge Detection Alternatives for Multispectral Remote Sensing Images. *Proc. of the 8th Scandinavian Conference on Image Analysis*. Troms (Norway) :1047-1056.
- Chang, Y. and Li, X. 1994. Adaptive Image Region-Growing. *IEEE Trans. On Image Processing* vol. 3, no 6:868-872.
- Duda, R.O. and Hart, P.E. 1973. Pattern Classification and Scene Analysis. *John Willey & Sons.*
- Harikumar, G. and Bresler, Y. 1996. Feature extraction techniques for exploratory visualization of vector-valued imagery. *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 5, no. 9.
- Mardia, K.V. Kent, J.T. and Bibby, J.M. 1995. *Multivariate Analysis, Academic Press (10th Edition).*
- Mather, P.M. 1987. Computer Processing of Remotely-Sensed Images. *John Willey & Sons.*
- Michalski, R.S., Stepp, R.E. and Diday, E. 1985. A recent advance in data analysis: clustering objects into classes characterized by conjunctive concepts. *Progress in Pattern Recognition*, vol. 1, Laveen N. Kanal and Azriel Rosenfeld (Eds.) New York: North-Holland:33-56.
- Pavlidis, T. and Liow, Y.T. 1990. Integrating region growing and edge detection. *IEEE Trans. PAMI*, vol. 12, no 3:225-233.