

GRADO DE INFLUENCIA DE LAS VARIABLES ESPECTRALES Y DE FORMA EN LA DETECCIÓN DE OLIVOS MEDIANTE TÉCNICAS BASADAS EN OBJETOS

I. L. Castillejo-González (*), R. García-Castillo (*), A. García-Ferrer (*), M. Sánchez de la Orden (*) y F. López-Granados (**).

(* *Departamento Ingeniería Gráfica y Geomática. Universidad de Córdoba.
Campus Universitario de Rabanales, 14071 Córdoba ilcasti@uco.es*
(** *Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC. Apdo. 14071 Córdoba.*

RESUMEN

Entre las distintas técnicas existentes para la caracterización y evaluación de los recursos naturales se encuentra la clasificación digital de imágenes, que suele basarse en el estudio espectral de los píxeles de la imagen. Debido a que mucha información está contenida en la relación de píxeles adyacentes, actualmente cada vez es más común encontrar estudios con clasificaciones basadas en objetos. Esta clasificación parte de un proceso de segmentación de la imagen original que genera como resultado un abanico importante de variables de estudio representadas en regiones homogéneas denominadas objetos. El objetivo de este trabajo es analizar el grado de influencia de distintas variables espectrales y morfológicas de la segmentación para la clasificación de copas de olivo en imágenes con distinta resolución espacial. Para ello se han llevado a cabo clasificaciones basadas en criterios espectrales, en criterios geométricos y en una combinación de criterios espectrales y geométricos de las cubiertas agrarias estudiadas en una imagen QuickBird (pancromática y fusionada). El resultado obtenido muestra que el análisis conjunto de los criterios espectrales y morfológicos de la imagen obtiene mejores resultados que el análisis individual de cada uno de los criterios, siendo el análisis morfológico determinante en la consecución de una alta fiabilidad.

ABSTRACT

In remote sensing, the classification is often based on the spectral study of pixels in the image. Because much information is contained in the relation of adjacent pixels, there are different studies that show object-based classifications. This classification begins with a segmentation of the image that generates a range of important variables of study represented in homogeneous regions called objects. The aim of this study is to analyze the influence of different spectral and morphological variables for classification of olive crowns in images with different spatial resolution. This has been carried out by the study of different spectral, shape and spectral+shape parameters in a QuickBird image (panchromatic and pansharpened). The obtained results show that the combined analysis of morphological and spectral criteria gets better results than the individual analysis of each criterion, although morphological analysis is crucial to achieve high accuracy.

Palabras clave: clasificación, características objetos, olivar, QuickBird, segmentación.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de los estudios de teledetección se basan en técnicas que consideran cada píxel de la imagen como una unidad básica e independiente de estudio. Sin embargo, y debido a que el terreno es continuo, mucha información está contenida en la relación entre píxeles adyacentes, lo que hace que estas técnicas pierdan parte de su potencialidad y, por tanto, no optimicen los resultados. La segmentación de imágenes es una técnica que permite la formación de objetos en base a ciertos criterios. La limitación en el agrupamiento y, por tanto, la formación de los objetos, es en función de parámetros espectrales y de forma. A partir de la segmentación, cualquier tratamiento posterior de la

imagen no está basado en píxeles como mínima unidad de información sino en los propios objetos creados.

El proceso de segmentación sirve para generar una imagen de objetos como primer paso para una clasificación posterior u otro procesamiento (Batz y Shäpe 2000). Una clasificación basada en píxeles se centra en la respuesta espectral de cada píxel en cada banda, mientras que en un análisis basado en objetos se utiliza, además de información espectral, información espacial basada en el tamaño, forma y contexto de cada objeto, lo que le permite analizar más información que la disponible únicamente con los píxeles.

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la influencia de las características espectrales y morfológicas de los objetos en la discriminación de copas de olivo con imágenes de alta resolución espacial y distinta resolución espectral. Para ello se analizó el comportamiento de la segmentación con distintos parámetros espectrales y de forma para, posteriormente, evaluar la capacidad de discriminar la copa de los árboles teniendo en cuenta las variables espectrales y morfológicas de los objetos de forma separada y conjunta.

MATERIALES

Área de estudio

El análisis se ha llevado a cabo en una zona de 1150 ha predominantemente olivarera en el municipio de Montilla (Córdoba, España), donde los principales usos que se observan son olivar (*Olea europea* L.), viñedos (*Vitis vinifera* L.), arboleda de rivera (*Morus alba* L., *Eucalyptus globules* Labill y *Populus nigra* L.), rastrojo de cereal de invierno (*Triticum durum* L.), suelo desnudo, carreteras y edificaciones.

Para el estudio se tomaron muestras aleatorias de usos del suelo repartidas por toda la imagen. Las muestras de *olivar* se definieron digitalizando sobre la imagen las copas de los árboles. Las muestras de *no olivar* se obtuvieron marcando distintos polígonos sobre superficies no pertenecientes a copas de olivo, incluyendo el suelo entre olivos. Este muestreo se utilizó para valorar la fiabilidad de la clasificación. En la categoría *olivar* se muestrearon 4300 olivos, lo que equivale a una superficie de 7 ha. Por su parte, la categoría *no olivar* recogió 24 ha repartidas en 14150 muestras de suelo donde no había olivos.

Imagen

La imagen utilizada en el estudio fue tomada por el satélite QuickBird el 10 de julio de 2004. El análisis se realizó sobre la banda pancromática (resolución espacial 0.7 m) y sobre una imagen fusionada mediante el método AWLP (Otazu et al. 2005), una generalización del método *additive wavelet decomposition* (AWL) (Núñez et al. 1999). Esta técnica basada en transformadas wavelet preserva la información espectral original de la imagen multiespectral al introducirse el detalle espacial de la imagen pancromática en cada banda de menor resolución espacial de la imagen multiespectral (Otazu et al. 2005). Como resultado

de este proceso de fusión se obtiene una imagen espectralmente similar a la imagen multiespectral (4 bandas) con una resolución espacial equivalente a la pancromática (0.7 m). Para estimar la calidad global de la imagen obtenida se calculó el índice ERGAS - Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse- (Wald, 2002), el cual obtuvo un valor de 0.82. La imagen multiespectral original no se incluyó en el estudio al observarse, en un estudio previo, que el tamaño de píxel (2.8 m) era demasiado grande para una delimitación precisa de las copas de los olivos.

METODOLOGÍA

Segmentación

Para la segmentación se utilizó el programa Definiens Developer 7.0, que incorpora como algoritmo de segmentación el Fractal Net Evolution Approach (FNEA). Este algoritmo de segmentación multiresolución ascendente parte de un objeto semilla formado por un píxel que se adhiere a otros píxeles u objetos en función de criterios de homogeneidad (Yu 2006). Estos criterios son ajustables: *factor de escala* (parámetro de control del tamaño de los objetos), *color* (peso de la información espectral en la segmentación) y *forma* (peso de la información de morfológica de los objetos, suavidad de contornos y compacidad en la formación de los objetos).

Tabla 1.- Parámetros de segmentación.

	Análisis						
	1	2	3	4	5	6	7
Color*	1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1
Forma*	0	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9
Comp.*	0	1	0.5	0	1	0.5	0
Suav.*	0	0	0.5	1	0	0.5	1

* Color + Forma = 1; Compacidad + Suavidad = 1

En cada imagen se realizaron 7 segmentaciones diferentes con objeto de evaluar el efecto que tiene el *color* y la *forma* en la segmentación. El criterio *forma* se define por dos variables: *compacidad* y *suavidad*, las cuales también fueron evaluadas. La primera fase fue elegir un determinado factor de escala que definiera objetos con el tamaño aproximado de las copas de los olivos. Tras varias pruebas, se concluyó que el factor 10 era apropiado para ambas imágenes. A continuación se realizaron distintas combinaciones de parámetros de segmentación dándole más o menos peso al criterio espectral o morfológico de los objetos (Tabla 1).

Clasificación

Las segmentaciones se sometieron a tres tipos diferentes de clasificaciones basadas en objetos. En primer lugar se discriminaron las copas de los olivos analizando únicamente las características espectrales de los objetos de la segmentación. Posteriormente se realizó otro proceso de clasificación a partir del análisis morfológico de los mismos objetos, omitiendo cualquier variable espectral que pudiera intervenir en el análisis. Finalmente, se analizaron conjuntamente las variables espectrales y morfológicas.

Los criterios espectrales utilizados para la clasificación de la imagen fusionada fueron 6. Tres de ellos hacen referencia al comportamiento espectral de cada objeto en las distintas bandas, analizando el valor medio de cada objeto en cada banda (*brillo*), la diferencia entre el valor espectral máximo y mínimo de dicho objeto en las distintas bandas (*máxima diferencia*) o el comportamiento estadístico de los píxeles que forman cada objeto (*desviación estándar*). Junto a éstos se añadió al análisis el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (*NDVI*) y las características del color que hacen referencia a la máxima reflectividad del objeto (*tono*) y su grado de mezcla con otros colores primarios (*saturación*). La imagen pancromática, al sólo estar formada por una banda, no pudo someterse a un análisis espectral tan completo. Los únicos criterios en lo que interviene una sola banda, y que fueron los utilizados para el estudio espectral, fueron el *brillo* (al sólo evaluarse sobre una banda muestra el valor medio espectral de cada objeto en dicha banda) y la *desviación estándar*.

En el análisis morfológico se tomaron 3 criterios de forma. Un primer criterio está ligado al tamaño de los objetos (*área*). Los otros dos criterios definen más concretamente la morfología de los objetos evaluando el grado de elongamiento (*asimetría*) y el grado de compactación (*índice de borde*) de un objeto. Para el análisis en el que se tuvieron en cuenta tanto las características espectrales como las morfológicas de los objetos, se analizaron los mismos criterios analizados anteriormente pero de forma conjunta.

RESULTADOS

Análisis de las segmentaciones

El análisis de las segmentaciones se hizo de forma visual. Para definir las segmentaciones que mejor se ajustaban a las necesidades del estudio, se

evaluó la capacidad que ofrecían los objetos para definir las copas de los árboles. Como se puede observar en la figura 1, sólo 4 de las 7 segmentaciones (Fig. 1a, 1b, 1c y 1d) se podían utilizar para la clasificación posterior, al crearse objetos que definen correctamente los límites de las copas de los árboles. El resto de segmentaciones (Fig. 1e, 1f, y 1g) no se consideraron al presentar muchos objetos que incluían varios árboles.

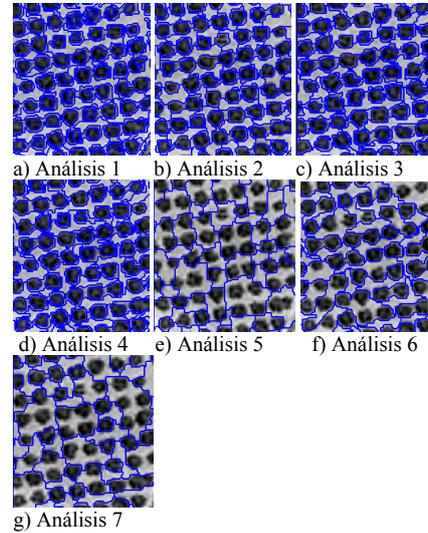


Figura 1.- Límite de los objetos en las distintas segmentaciones.

Análisis de las clasificaciones

Las tablas 2 y 3 muestran la fiabilidad obtenida en la discriminación de las copas de los olivos y la fiabilidad global de la clasificación en la imagen pancromática y fusionada, respectivamente.

Analizando la capacidad de discriminación de las copas de los olivos en la imagen pancromática, en general se observó que todas las clasificaciones conseguían una alta fiabilidad con valores superiores al 87%. Los mejores resultados se obtuvieron en la clasificación basada en criterios espectrales, donde los valores ascendieron hasta un 98.62%, seguida por la clasificación morfológica y por la clasificación mixta. Pese a que los valores de fiabilidad son algo menores en la imagen fusionada, el comportamiento de las distintas clasificaciones fue el mismo. La mejor clasificación fue la espectral con un valor máximo de fiabilidad del 92.50%, seguida de la clasificación por parámetros de forma y, finalmente, por la mixta.

Tabla 2.- Resultados de las clasificaciones en imagen pancromática.

	Análisis	Fiabilidad olivar (%)	Fiabilidad global (%)
Color	1	98.62	49.19
	2	95.93	62.50
	3	94.15	64.30
	4	93.16	64.66
Forma	1	93.58	89.63
	2	96.27	61.76
	3	95.68	74.76
	4	93.64	87.82
Color + Forma	1	92.25	92.49
	2	92.30	80.56
	3	89.94	87.85
	4	87.03	92.50

Tabla 3.- Resultados de las clasificaciones en imagen fusionada.

	Análisis	Fiabilidad* olivar	Fiabilidad* global
Color	1	91.63	74.54
	2	83.69	78.59
	3	92.50	76.40
	4	90.58	77.64
Forma	1	79.80	89.58
	2	74.44	64.53
	3	88.21	74.96
	4	84.06	88.03
Color + Forma	1	82.06	91.43
	2	63.50	85.77
	3	82.75	91.25
	4	77.94	92.84

Sin embargo, al analizar los valores de fiabilidad global de la clasificación (teniendo en cuenta tanto la superficie ocupada por copa de olivos como por otras cubiertas), el comportamiento de las clasificaciones no fue el mismo. En la imagen pancromática se observó que los valores de fiabilidad global eran bastante más bajos, siendo más destacados en la clasificación conjunta espectral y morfológica con un 92.50% como valor máximo. Al analizar los criterios por separado se observó que la clasificación por parámetros de forma mejoraba los resultados respecto a la clasificación espectral. En la imagen fusionada el análisis de la fiabilidad global fue parecido al observarse los mejores resultados en la clasificación basada en características espectrales y de forma con un valor máximo de 92.84%. En cuanto al análisis espectral y morfológico independiente, los resultados mejores también se observaron en la clasificación morfológica, aunque en es en ésta donde también se

registró la fiabilidad global más baja de la imagen fusionada.

Respecto a los criterios utilizados en la segmentación, no se observó ningún rasgo significativo entre unos parámetros u otros y la mejora de resultados. En el análisis global se observa que la mejor clasificación (negrita) en ambas imágenes se da en la segmentación que tiene en cuenta sólo los parámetros de forma (análisis 1) considerando tanto las características espectrales como de forma de la imagen.

BIBLIOGRAFÍA

Baatz, M. and Schäpe, A. 2000. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. *Angewandte Geographische Informations-verarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Slazburg*, vol. 200: 12-23.

Núñez, J., Otazu, X., Fors, O., Prades, A., Palà, V. and Arbiol, R. 1999. Multiresolution-based image fusion with additive wavelet decomposition. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37: 1204-1211.

Otazu, X., González-Audicana, M., Fors, O. and Núñez, J. 2005. Introduction of sensor spectral response into image fusion methods. Application to Wavelet-based methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43: 2376-2385.

Wald, L., 2002. Data Fusion. Definition and Architectures- Fusion of Images of Different Spatial Resolutions. *Presses de l'Ecole, Ecole des Mines de Paris*, Paris.

Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., Kelly, M. and Schirokauer, D. 2006. Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72: 799-811.