

EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES EN UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES BASADO EN PARCELAS

J.A. Recio, L.A. Ruiz, A. Fernández-Sarria y T. Hermosilla.

Grupo de Cartografía GeoAmbiental y Teledetección. Dpto. de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/nº, 46022 Valencia, jrecio@cgf.upv.es

RESUMEN

En la clasificación de imágenes basada en parcelas la imagen se segmenta en agrupaciones de píxeles mediante los límites existentes en una cartografía de parcelas. El análisis detallado de la región de la imagen de alta resolución correspondiente a cada parcela describiendo numéricamente sus características espectrales, texturales y las características de los subobjetos contenidos en la misma facilita la identificación del uso o la cobertura existente. En este trabajo se presenta la extracción de características de los objetos relativas a la descripción de cultivos arbóreos. La identificación de estructuras periódicas en la imagen, típicas de plantaciones regulares, se realiza mediante el análisis del semivariograma experimental. La transformada de Hough se emplea para determinar la existencia y las dimensiones de los marcos de plantación de los cultivos arbóreos. La extracción de árboles mediante segmentación automática permite obtener características relativas a su tamaño, forma, respuesta espectral, etc. Las características presentadas complementan eficazmente a las características espectrales y texturales en aquellas parcelas cuya respuesta espectral y textural no es homogénea.

ABSTRACT

In parcel-based image classification, images are segmented according to the limits of parcels in cartography. The area representing each parcel in the high resolution image must be intensively described. Spectral and textural features together with the features of the sub-objects contained in the parcel allow identifying the parcel land use. This work is focused on feature extraction applied to the description of tree crops.

The semivariogram is employed to identify periodical patterns in the image. These periodical patterns are typical of regular crops, and the Hough transform is used to describe the tree arrangement pattern. Trees extracted with automatic segmentation are described with spectral and shape features. These features complete the description of heterogeneous parcels.

Palabras clave: clasificación por parcelas, extracción de características, identificación de cultivos.

INTRODUCCIÓN

La integración de cartografía vectorial con imágenes es la tendencia más consistente para la automatización de la actualización de bases de datos cartográficas de usos del suelo. La aparición de las imágenes de alta resolución ha propiciado la combinación de estas fuentes de datos surgiendo un nuevo enfoque de clasificación de imágenes conocido como clasificación de imágenes basado en parcelas. En este enfoque, se definen agrupaciones de píxeles, conocidas como objetos o parcelas, según los límites existentes en una cartografía de parcelas y se describen por medio de un conjunto de propiedades. Después, el objeto en su conjunto se clasifica según el análisis de sus propiedades. La clasificación de imágenes por parcelas es especialmente adecuada para la actualización de bases de datos de zonas agrícolas porque, entre otros factores, en los paisajes agrícolas las fronteras entre campos adyacentes son relativamente estables, mientras que los cultivos cambian.

Las características a extraer de las agrupaciones de píxeles, objetos o parcelas se pueden clasificar en características espectrales, de forma, texturales, relativas a la posición, relativas a objetos vecinos, relativas a objetos en niveles de segmentación distintos a los de los objetos de estudio, etc. Como resultado cada objeto tiene asociado un vector de valores numéricos descriptivos de las distintas propiedades analizadas.

En este trabajo se presenta un conjunto de características diseñadas para la identificación de cultivos arbóreos en parcelas agrícolas. Este conjunto de características están implementadas en el software de extracción automática de características de objetos cartográficos realizado por el grupo de Cartografía Geoambiental y Teledetección de la Universidad Politécnica de Valencia (Fetex, v.2.0).

MATERIAL Y ZONA DE ESTUDIO

Los datos empleados para realizar este estudio pertenecen a la zona agrícola del término municipal de Benicarló (Castellón). Es un municipio eminentemente agrícola, donde los cultivos principales son cítricos, algarrobos, hortalizas, etc.

A continuación se describen las características principales de los datos utilizados:

- **Imágenes:** Ortofotografías aéreas digitales independientes, adquiridas en agosto de 2005, utilizando un sistema de cámaras fotogramétricas DMC con una resolución espacial de 0.5m y cuatro bandas espectrales: Azul, verde, rojo e IR cercano.
- **Ficheros vectoriales:** Parcelas y subparcelas catastrales en formato vectorial *shape*.

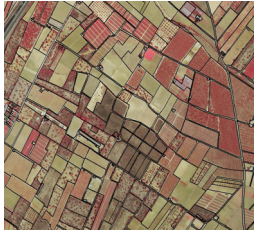


Figura 1.- Parcelario superpuesto sobre imagen CIR.

La programación específica de los métodos de procesado se ha realizado en el lenguaje de programación *IDL* y las operaciones básicas de visualización y preprocesado se han llevado a cabo con el programa de tratamiento de imágenes *ENVI*.

METODOLOGÍA

Con el objeto de descifrar la estructura interna de cada parcela se han desarrollado tres metodologías complementarias:

- a) Análisis del semivariograma experimental
- b) Aplicación de la transformada de Hough
- c) Segmentación automática de árboles y su caracterización

Análisis del semivariograma experimental:

El semivariograma es una función que relaciona la semivarianza de una variable con su separación espacial, proporcionando una descripción cuantitativa del patrón de variabilidad espacial. Se define mediante la expresión (1):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

donde $Z(x_i)$ representa el valor de la variable en la posición x_i , N es el número de elementos

considerados, y h nos da la distancia entre elementos en una dirección particular. Al observar el semivariograma multidireccional calculado sobre la banda de infrarrojo, se aprecia que en las parcelas con una disposición no regular de los árboles, la forma del semivariograma es una curva ascendente que se estabiliza a una cierta distancia del origen (Figura 2). En cambio, aquellas parcelas cuyos árboles siguen una disposición regular, tienen un semivariograma con un valor mínimo bien definido, es decir, a una cierta distancia la varianza es mínima, ya que existe una repetición del valor inicial. Este semivariograma se conoce como semivariograma con efecto agujero y aporta información interesante del fenómeno estudiado (Pyrz y Deutsch, 2003). Los ensayos han mostrado la alta correlación en las parcelas con marcos de plantación cuadrados entre el tamaño de los árboles y la distancia a la que se da el primer máximo así como entre el tamaño del marco de plantación y la distancia a la que se da el primer mínimo.

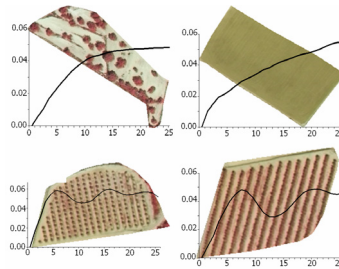


Figura 2.- Parcelas con sus semivariogramas.

La información extraída del semivariograma se emplea en dos vertientes distintas.

Primero, se extraen una serie de índices descriptores de la periodicidad de la parcela que se emplearán como características en la posterior clasificación. En Balaguer *et al.* (2009), se describen detalladamente los índices propuestos. Ejemplos de los índices obtenidos son: cociente entre la semivarianza en el segundo punto y en el primero, pendiente del semivariograma entre el segundo y el primer punto, etc.

En segundo lugar, la posición del primer máximo se empleará como indicador del tamaño de los árboles de la parcela.

La transformada de Hough:

Se ha empleado en el estudio de los marcos de plantación para determinar las direcciones principales que siguen los árboles frutales, así como

la separación entre ellos. Se ha partido de una imagen binaria donde cada árbol está representado por un punto. La localización de árboles se realiza mediante el método de *Filtrado de Máximo Local* utilizado por Wulder *et al.* (2000). Este método permite extraer la localización de árboles individuales en imágenes de alta resolución y está basado en la suposición de que la reflectancia es máxima en el centro del árbol y decrece hacia los límites de la copa del árbol. Los árboles se localizan desplazando una ventana sobre la imagen de NDVI y seleccionando aquellos puntos con un valor de intensidad mayor al de sus vecinos.

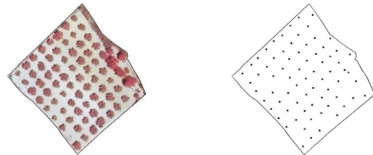


Figura 3.- Localización de árboles.

El tamaño de la ventana de búsqueda es extraído del análisis del semivariograma. Se fijó un tamaño mínimo de ventana de 9 píxeles para aquellas parcelas cuyo primer máximo del semivariograma se diera en la posición 9 o inferior y un tamaño máximo de ventana de 17 píxeles para las parcelas cuyo máximo fuera 17 o superior. Para las parcelas con máximos comprendidos entre 9 y 17, se selecciona un tamaño de ventana cuyo valor sea igual a la posición del máximo, en el caso que sea un valor impar, o bien el valor impar superior en el caso de que la posición del máximo sea par.

Por otro lado, la ecuación normal de la recta que pasa por un punto (x,y) es:

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \quad (2)$$

donde ρ es la distancia a la recta desde el origen de coordenadas y θ es el ángulo que forma esa recta con el eje de abscisas. Variando en la ecuación (2) el valor de θ , desde 0 a 180, se obtienen las ecuaciones de las rectas que pasan por el punto (x,y) . Las parejas de valores ρ y θ más frecuentes para el conjunto de puntos, definen los parámetros de las rectas que pasan por un mayor número de puntos. Una vez obtenidos estos parámetros resulta sencillo determinar cuáles son las direcciones más frecuentes y la separación entre las rectas de esas direcciones. Tras la determinación de las dos direcciones principales, se extraen una serie de características con el fin de describir el marco de plantación existente a fin de poder ser empleadas en la clasificación de la parcela.



Figura 4.- Localización de las direcciones principales.

Las características calculadas para cada una de las dos direcciones principales son: porcentaje de rectas con esa dirección, media, moda y mediana de la separación entre las rectas, desviación típica de la separación de las rectas, porcentaje de árboles localizados en esa dirección y diferencia angular entre las dos direcciones principales.

Segmentación automática de árboles y su caracterización:

Para la identificación de los cultivos arbóreos se ha diseñado una metodología para segmentar los árboles respecto al suelo de la parcela. Estableciéndose una estructura jerárquica donde la clase a asignar a la parcela, se determina en función del análisis de los subobjetos contenidos en la misma. Las fases de la segmentación son:

- a) Preprocesado de la imagen.
- b) Clasificación no supervisada.
- c) Determinación de las clases correspondientes a árboles en la clasificación no supervisada.
- d) Caracterización de los árboles segmentados.

El preprocesado de la imagen tiene por objeto homogeneizar los objetos a segmentar y realzar los bordes de los objetos. El método empleado consiste en un filtrado de media ponderada, donde el peso correspondiente a cada uno de los píxeles vecinos es inversamente proporcional a la distancia espectral existente entre el píxel vecino y el píxel central de la ventana. El peso de cada uno de los ND de los píxeles de la ventana se obtiene con la expresión (3):

$$Peso_{i-1,j-1} = 1 - a \cdot |ND_{i-1,j-1} - ND_{i,j}| \quad (3)$$

donde a es un coeficiente de ponderación de la diferencia entre el nivel digital del píxel central y los vecinos. La aplicación iterativa de este filtro se ha demostrado muy adecuada para la segmentación. Para obtener agrupaciones de píxeles con características espectrales homogéneas, se realiza una clasificación no supervisada con el algoritmo K medias. Las muestras de aprendizaje se seleccionan, de forma automática, los píxeles con valores máximos como representantes de árboles y aquellos con valores mínimos los representantes del suelo, en la imagen resultante de aplicar un filtro laplaciano a

la banda NDVI. Para ambos conjuntos de píxeles se obtiene la media y desviación típica en las bandas (IR, R y V) y se calcula el umbral espectral que separa ambas clases en cada una de las tres bandas como la intersección de las correspondientes curvas gaussianas. Para cada una de las clases generadas en la clasificación se comprueba si representan árboles según la regla de clasificación siguiente:

Si $\mu_{\text{Categoría 1-IR}} > \mu_{\text{árbol-IR}} - 2.5\sigma_{\text{árbol-IR}}$ y $\mu_{\text{Categoría 1-IR}} < \text{Umbral}_{\text{IR}}$ y $\mu_{\text{Categoría 1-R}} > \mu_{\text{árbol-R}} - 2.5\sigma_{\text{árbol-R}}$ y $\mu_{\text{Categoría 1-R}} < \text{Umbral}_{\text{R}}$ y $\mu_{\text{Categoría 1-V}} > \mu_{\text{árbol-V}} - 2.5\sigma_{\text{árbol-V}}$ y $\mu_{\text{Categoría 1-V}} < \text{Umbral}_{\text{V}}$
 entonces: Categoría 1 = árbol
 sino: Categoría 1 = no árbol

Figura 5.- Regla de clasificación.

De esta forma, se dota de significado a los resultados de la clasificación no supervisada, permitiendo la extracción de árboles sin intervención del usuario.

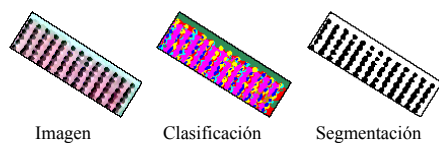


Figura 6.- Extracción de árboles.

Una vez extraídos los árboles de las parcelas, se describen mediante una serie de características: (1) espectrales: media y desviación típica en cada banda; (2) de tamaño: área y perímetro; y (3) de forma. Para ello, se ajusta una elipse a cada árbol y de sus parámetros se obtienen índices tales como el ratio largo/ancho, relación perímetro/área, asimetría, etc. Las parcelas se describen con el promediado de las variables calculadas para los árboles contenidos en ellas.

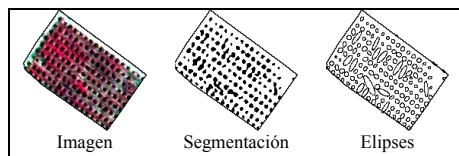


Figura 7.- Ajuste de elipses.

RESULTADOS

La metodología se testó en la clasificación de 4000 parcelas, de las cuales el 10% se emplearon como muestras de entrenamiento, mientras que el resto fueron muestras de evaluación. En la primera clasificación, cada parcela estaba descrita por sus propiedades espectrales y textuales extraídas de la

matriz de coocurrencias de niveles de gris. En el segundo test, a las características anteriores se les añadieron las características estructurales definidas en este trabajo. Con la incorporación de las características estructurales, la fiabilidad global pasó del 71.5% al 77.2%. Obteniendo las dos clases correspondientes a cultivos arbóreos incrementos en sus fiabilidades de productor y de usuario (Figura 8) superiores al 10%.

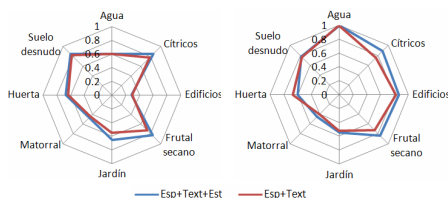


Figura 8.- Fiabilidades de productor y de usuario.

CONCLUSIONES

Se presentan un conjunto de características estructurales que describen la regularidad interna de la parcela, así como los marcos de plantación y los árboles situados en su interior. Estas características mejoran la fiabilidad de la clasificación por parcelas en los cultivos arbóreos. Por su heterogeneidad estos cultivos no quedan completamente descritos con otras características más habituales.

BIBLIOGRAFÍA

Balaguer, A., Ruiz, L.A., Hermsilla, T. y Recio, J.A. 2009. *Definition of a comprehensive set of texture semivariogram features and their evaluation for object-oriented image classification.*

Pyrz, M. J. y Deutsch, C. V. 2003. The whole story on the hole effect. En S. Searston (Ed.), *Geostatistical Association of Australasia.*

Wulder, M., Niemann, K. y Goodenough, G. D. 2000. Local maximum filtering for the extraction of tree locations and basal area from high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, vol. 73, pp. 103-114.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación del MICINN en el marco de los proyectos CTM2006-11767/TECNO y CLG2006-11242-C03/BTE.