

Detección de olivos en imágenes de satélite de alta resolución

J. D. Falcón, J. González y G. Ambrosio

Dpto. de Ingeniería de Sistema y Automática.

E.T.S.I. Informática. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. 29071 Málaga

RESUMEN

La teledetección a partir de imágenes aéreas o de satélite ofrece una interesante alternativa a los tradicionales procedimientos manuales para el inventariado agrícola, incorporando procesos automáticos que, si bien requieren de la supervisión de un operador, aportan indudables beneficios. En este trabajo se presenta un procedimiento para la localización de las copas de olivos en imágenes de satélite de alta resolución. El método propuesto aprovecha el hecho de que los árboles de una determinada explotación agrícola (parcela) se disponen de una manera regular (a manera de retícula), con una separación y orientación determinada. Esta circunstancia es utilizada tanto para promediar las características visuales de una muestra prototipo, como para descartar falsos positivos. Mas concretamente, el sistema desarrollado obtiene primero los centroides de aquellos contornos cerrados de la imagen que, por su tamaño, pueden corresponder a la copa de un árbol. Posteriormente, la disposición espacial de estos centroides es analizada en búsqueda de agrupaciones reticulares susceptibles de pertenecer a una única explotación. El artículo describe brevemente el procedimiento completo y muestra resultados empleando imágenes pancromáticas de los satélites Ikonos y Quickbird.

PALABRAS CLAVE: teledetección, satélite, procesamiento de imágenes, censo oleícola, recuento árboles.

ABSTRACT

Aerial and satellite remote sensing has become an interesting alternative to the traditional manual counting methods used in agriculture. This work presents a procedure for olive crowns localization in high resolution images. The proposed method takes advantage of the fact that olive trees are planted in a regular grid, with a given separation and orientation. We have made use of that for both to characterize an olive tree prototype for a parcel and for discarding false positive. More precisely, our system first extracts the centroids of those close contours of a given size that appear in the image, which may correspond to crown trees. Then, the spatial arrangement of these centroids is analyzed in order to detect regular grids that may come from a unique olive parcel. The paper briefly describes the whole procedure and shows results using panchromatic images of the Quickbird and Ikonos satellites.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha proliferado el desarrollo de aplicaciones de procesamiento de imágenes para la extracción de información de imágenes tanto aéreas como digitales. En particular, la monitorización y control de áreas cultivadas es un campo muy activo de la teledetección y con un indiscutible potencial de aplicaciones, entre ellas, el censo automático de árboles en explotaciones agrarias y zonas forestales (Brandtberg y Walter, 1998; Gougeon 1995; Pollock 1996, Larsen 1999).

En España hay más de 2 millones de hectáreas dedicadas al olivar, con aproximadamente 300 millones de árboles repartidos en casi todo el territorio nacional. En los últimos años, con objeto de acceder a ayudas y subvenciones de la Unión Europea, se ha hecho necesario disponer de un censo fiable y actualizado del número de árboles. Tradicionalmente, esta tarea se ha venido haciendo con métodos manuales mediante recuento en el propio terreno o sobre fotografías aéreas, siendo un proceso costoso, tanto en tiempo como en dinero, y muy propenso a errores.

Uno de los intentos más destacables de realizar el recuento automático a partir de imágenes es el proyecto OLICOUNT, promovido por la UE (Kay y otros, 1999). El método propuesto, a nuestro juicio, cuenta con las siguientes limitaciones:

Está diseñado para trabajar sólo con imágenes en blanco y negro.

Depende de un conjunto de parámetros que han de ser introducidos por el usuario de la aplicación. Estos parámetros no solo varían con la imagen, sino también pueden no ser adecuados para distintas parcelas de olivar.

Siendo conscientes de la dificultad que entraña la construcción de un proceso de análisis de imágenes para el recuento totalmente automático, la aplicación que proponemos pretende, por un lado, reducir en lo posible la intervención de un operador y, por otra, aumentar la fiabilidad del mismo.

Nuestro enfoque para ello consiste en un proceso en dos etapas: primero se extraen, para cada parcela de la imagen, y de manera automática, un conjunto de patrones a partir de los cuales se determina un prototipo representativo del árbol de la parcela, así como otras características espaciales de la plantación (separación entre árboles y orientación de filas y columnas). Esta etapa asume que los árboles de una parcela se distribuyen de manera regular siguiendo una retícula con una orientación dada.

En una segunda etapa, los datos obtenidos que caracterizan los posibles olivos de la parcela son empleados para hacer una búsqueda exhaustiva. De esta manera, el sistema puede estimar de manera automática los parámetros más idóneos para la detección y clasificación de las regiones correspondientes a las copas.



*Figura 1. Foto de olivares del satélite QuickBird.

En este artículo se describe y presentan resultados de la primera de estas etapas. Más concretamente, el procedimiento involucra la búsqueda de contornos, el cálculo de centroides de los contornos cerrados detectados y, la selección de patrones que serán empleados para caracterización de la unidad parcelaria.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La justificación del enfoque adoptado reside en las siguientes dos circunstancias:

- En la gran mayoría de los casos, los árboles de una determinada unidad de explotación agrícola (que denominamos parcela) se disponen de una manera regular (a manera de retícula), con una separación y orientación determinada¹. Esto facilita las labores agrícolas de mantenimiento y explotación de la parcela (arado, fumigación, recogida, etc.).
- En cada una de estas unidades el árbol es de un tamaño y aspecto similar (por ejemplo color), y que puede ser muy diferente al de otra parcela. El motivo de ello es que los árboles fueron plantados en la misma fecha y con plantones similares. La copa de un olivo adulto tiene, dependiendo de la edad, entre 3 y 12 m. de diámetro² (Kay y otros, 1999). Además, puesto que las labores agrícolas (arado, tala, etc.) se realizan simultáneamente, el fondo del árbol (terreno) suele presentar tonos similares.



Figura 2. Imagen de un olivar, donde se observa la estructura reticular y la similitud entre olivos de una misma parcela.

Todas las figuras precedidas de asterisco se incluyen en el cuadernillo anexo de color.

¹ La distancia entre árboles suele ser de 6 a 10 m.

² Para distinguir los árboles, se necesita, al menos, una resolución en torno a un metro por píxel, disponible ya en satélites comerciales como Quick Bird e IKONOS.

En este artículo presentamos solamente la etapa de detección de regiones de disposición reticular dentro de la parcela. Del conjunto de regiones obtenidas se obtendrá la caracterización estadística (media y desviación típica) de la parcela en cuestión (una vez desechados aquellas regiones muy alejadas de la media). Este proceso, de manera escueta, consta a su vez de los siguientes procedimientos:

1. Detección de contornos cerrados de un tamaño compatible con las copas de olivos.

2. Obtención de los centroides de dichos contornos. Esta etapa, aunque idealmente muy simple, se complica en la práctica debido a la conexión de regiones contiguas.

3. Análisis de la distribución espacial de los centroides y selección de aquellos que configuran una retícula.

4. Obtención de características espaciales (área, distancia entre árbol, etc.) y radiométricas (i.e. componente "hue" de color, NDVI, nivel de gris, gradiente medio el contorno, etc.).

5. Eliminación de espurios, mediante descarte de regiones (delimitadas por los contorno) cuyas características radiométricas se alejan de la media.

En los siguientes apartados se describen con mayor detalle estos procesos.

DETECCIÓN DE CONTORNOS Y OBTENCIÓN DE CENTROIDES

A partir de una imagen de satélite, obtenemos los contornos de la misma, aplicando un operador LoG (Laplaciana de la Gaussiana), seguido de un algoritmo de pasos por cero. El resultado es una imagen binaria de contornos cerrados (de espesor un píxel). El parámetro de suavizado (σ , desviación típica) puede ser crítico y depende fundamentalmente de la resolución de la imagen y del tamaño del árbol. Ambos datos deben ser proporcionados al sistema. Si bien el primer dato (resolución de la imagen) no supone restricción, pues es único para un tipo de imagen, el segundo es más crítico y se introduce como un rango de diámetros, que se traduce a un valor inicial alto de σ . Los olivos tienen forma más o menos circular (elipsoidal), con lo que los contornos buscados deben ser razonablemente circulares y de un cierto tamaño. Así pues, el sistema reduce el valor inicial de σ (una cuarta parte) si los contornos obtenidos muestran, mayoritariamente, una "circularidad" (área/perímetro²) pequeña y un área

demasiado grande, ocasionada posiblemente por la unión de los contornos (ver figura 3).

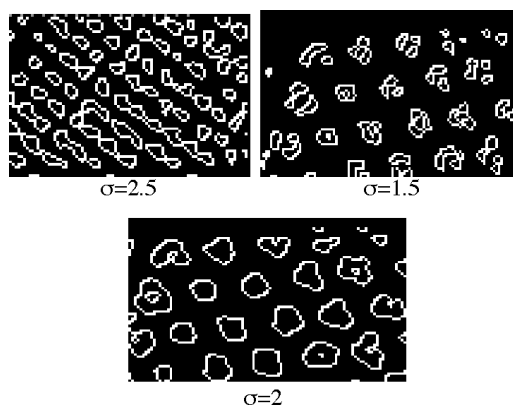


Figura 3. Imagen obtenida con LoG y distintas s .

Hay que mencionar también que, un operador LoG pequeño (s pequeña) conlleva que, en ocasiones, las distintas ramas del olivo sean detectadas por separado, obteniéndose varios contornos de un mismo olivo.

Obtención del centroide

En la imagen de contornos, los píxeles con valor 1 pertenecen a algún contorno y los píxeles con valor 0 no pertenecen a ningún contorno. La tarea ahora consiste en buscar los contornos cerrados y obtener los centroides de los mismos.

Aunque idealmente este proceso es simple, en la práctica se complica puesto que, aún cuando se haya escogido un valor de σ adecuado, aparecen contornos de varias copas unidas (ver figura 4).

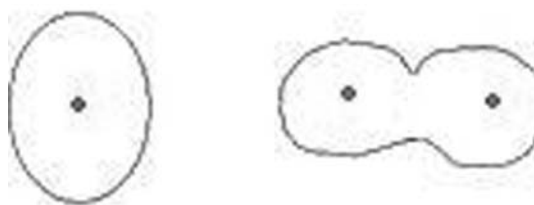


Figura 4. Ejemplos de centroides de contornos.

Para obtener los centroides en estas situaciones se emplea una *transformación de distancia* para la que cada píxel dentro del contorno toma como valor su

distancia al contorno más cercano según una *métrica Chamfer* (Butt y Maragos, 1998; Borgefors, 1986). Esta transformada se implementa mediante la convolución de una máscara 3x3 sobre la imagen. Esta máscara tiene unos valores que se aproximan a la distancia euclídea, con lo que se obtiene como resultado un mapa de distancias. Si nos quedamos con los máximos locales de distancia, obtenemos los centroides de los contornos.

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS CENTROIDES

Una característica que llama la atención, cuando se observa una imagen aérea de un cultivo, es su regularidad. La distribución de un olivar, generalmente, tiene una forma de retícula, como se puede observar en las figuras 1 y 2.

El método propuesto consiste en un proceso de votación, donde cada vector que une dos centroides próximos vota por el ángulo correspondiente a su orientación.

Más concretamente, el rango de posibles ángulos va de 0 a 45 grados puesto que las 2 orientaciones principales son perpendiculares y se hace que ambas voten por el mismo ángulo. Este rango se divide en un número de intervalos (acumuladores de votos) cuyos rangos de valores se solapan para evitar problemas con los valores límite, es decir, un mismo ángulo puede caer en dos acumuladores contiguos. El proceso de votación recorre la imagen, centroe a centroe, considerando sólo los vecinos a una distancia determinada³ (que se traduce en píxeles según la resolución de la imagen). Para todos ellos calcula la orientación relativa y vota por el acumulador correspondiente. El número de votos de cada acumulador indica el número de centroides de la retícula. Como se observa, el proceso es similar al de una transformada de Hough (González, 1999).

Si ese número de elementos de una retícula es menor que un cierto valor se descarta la retícula entera. Si el número de elementos es suficientemente alto, se calcula la media y desviación típicas del color de las regiones correspondientes a esos contornos, desechando aquellos muy alejados de la media. Con los centroides que pertene-

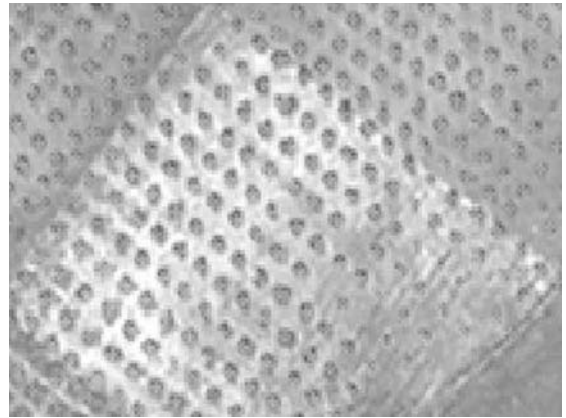


Figura 5. Puntos de retículas válidas coloreados sobre la imagen.

cen a retículas válidas se obtiene también la posición de los olivos de la imagen original, y otros valores del olivo prototipo de la parcela: diámetro medio, distancia entre árboles media y nivel de intensidad.

CONCLUSIONES

Hoy en día existen satélites comerciales con la resolución suficiente para obtener imágenes de cultivos donde se puedan aislar e identificar las copas de los árboles.

La tarea del recuento de los olivos se ha hecho, de forma tradicional con inspecciones sobre el terreno, o con estimaciones estadísticas. Esto presenta importantes limitaciones, ya que hace que el proceso sea costoso, tanto en tiempo como en dinero, y propenso a errores de apreciación.

En este trabajo se propone un sistema de procesamiento de imágenes a dos niveles: primero, se caracteriza geométrica y radiométricamente la unidad de explotación (parcela), y luego, se utiliza esta información para detectar y clasificar las regiones detectadas. Este artículo se ha centrado en la primera de estas partes que, en sí misma, proporciona características útiles para la gestión y clasificación de los olivares, como el diámetro medio y la distancia media entre olivos.

La ventaja fundamental del enfoque propuesto es la estimación automática de parámetros para cada parcela, lo que elimina gran parte de la intervención humana y hace más fiable el proceso.

³ Distancias entorno a 15 m. han demostrado dar buenos resultados.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento para las empresas DECASAT (www.decasat.com) y EURIMAGE (www.eurimage.com) por facilitarnos las imágenes de satélite para este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BORGEFORS, G. (1986) "Distance transformations in digital images" *Computer Vision, Graphics, ImageProcessing* 34, páginas 344-371.
- BRANDTBERG, T. y WALTER, F. (1998) "Automated delineation of individual tree crown in high spatial resolution aerial images by multiple-scale analysis" *Machine Vision and Applications* 11.
- BUTT, M. A. y MARAGOS P. (1998) "Optimal design of chamfer distance transforms" *IEEE Transactions on Image Processing* 7 páginas 1477-1484.
- GONZÁLEZ, J. (1999) "Visión por computador". *ITP Paraninfo*.
- GOUGEON, F. (1996) "A crown-following approach to the automatic delineation of individual tree crowns in high resolution aerial image". *Canadian Journal of Remote Sensing*.
- KAY, S., LEO, O. y PEEDELL, S. (1999) "Computer-assisted recognition of Olive trees in digital imagery". *ESRI User Conference 1999*, San Diego, 27-31 Julio.
- LARSEN, M. (1997) "Crown modeling to find treetops positions in aerial photographs". *Third International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition*, 7-10 Julio.
- POLLOCK R. J. (1996) "The automatic recognition of individual trees in aerial images of forest based on a synthetic tree crown image model". *First In. Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition*, Estrasburgo, Francia.

NOTICIAS

Socios numerarios y correspondientes estudiantes

El artículo 15º de los estatutos de la Asociación Española de Teledetección (A.E.T.) contempla la posibilidad de que los socios numerarios (residentes en territorio español) y correspondientes (no residentes en territorio español), estudiantes de Facultades, Escuelas Técnicas y Universitarias, gocen de un 50% de bonificación en sus cuotas.

Animamos a todos los estudiantes, con interés en conocer las investigaciones y técnicas de teledetección, para que se integren como socios de la Asociación Española de Teledetección (A.E.T.) por una cuota anual de 18 euros.