

ESTUDIO DE CAMPOS DE GOLF MEDIANTE TÉCNICAS DE SEGMENTACIÓN

N. PINEDA¹, J. JORGE¹, L. GARRIDO², P. SALEMBIER²

npineda@fa.upc.es

⁽¹⁾ Dept. Física Aplicada UPC, EUPM, Av.Bases de Manresa 63-71 08240 MANRESA,

⁽²⁾ Dept. Teoría del Señal y Comunicación, UPC

RESUMEN: Se ha aplicado con éxito a imágenes LANDSAT-7 ETM un algoritmo de segmentación, en principio diseñado para imágenes de vídeo, en la segmentación y delimitación de 17 campos de golf construidos en Cataluña en la década de los 90. Utilizando mapas de usos del suelo, se ha cuantificado el tipo de uso anterior a su construcción. Del total de las 780 Ha que ocupan esos campos de golf, el 49% era de uso agrícola, básicamente cultivos herbáceos, mientras que el 51% era de uso forestal, donde 170 Ha eran bosque y el resto básicamente matorral.

ABSTRACT: A segmentation algorithm, firstly designed for video images, was used with good results for the segmentation and delimitation of golf courses in LANDSAT-7 ETM images. Using land-cover maps, the surface of the previous land covers of 17 golf courses constructed in Catalonia in the 90's were calculated. From the 780 Ha of the total surface, 49% had previously agricultural uses, mainly herbaceous crops. The other 51% had a forestry land cover, 170 Ha were woods and the rest were mainly shrublands.

Palabras clave: Segmentación, LANDSAT-7 ETM, campos de golf.

JUSTIFICACIÓN

Este estudio se enmarca dentro de la evaluación socio-ambiental del estado del golf en Cataluña realizada por Estudi Ramón Folch, S.L. Dentro de este estudio multidisciplinar, los autores han hecho un seguimiento con técnicas de teledetección de los campos de golf construidos en la década de los 90, para establecer los usos anteriores del suelo en lo que ahora son los campos.

OBJETIVOS

El objetivo del estudio se separó en dos fases. En la primera se detectaron los campos en imágenes del satélite LANDSAT y se extrajeron los contornos del área ocupada por césped mediante técnicas de segmentación. En la segunda parte se calculó el área de las clases de usos del suelo anteriores al golf.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas de segmentación de imágenes se usan en teledetección para la detección de contornos y la delimitación de objetos o áreas que presentan cierta homogeneidad interna.

Los algoritmos de segmentación, aunque desarrollados normalmente en un campo específico del tratamiento de la imagen, resultan ser útiles en otros cam-

pos. Por ejemplo, el algoritmo de "watershed" (Vincent y Soille, 1991) ha sido usado con buenos resultados en el campo industrial, en medicina y en teledetección (Li *et alii*, 1999). En nuestro caso, se ha probado en imágenes de LANDSAT-7 ETM un algoritmo inicialmente desarrollado para la segmentación de secuencias de imagen de vídeo (Garrido y Salembier, 1998).

MATERIALES

Imágenes LANDSAT-7 ETM

La detección de contornos se ha realizado con dos imágenes ETM, que cubren casi toda Cataluña: 197/31 de 09/09/1999 y 198/31 de 12/12/2000.

Se ha trabajado con una lista de 17 campos de golf inaugurados entre 1987 y 1999 en Cataluña.

Mapa de usos del suelo (MUS)

Se dispone de la versión digital de los mapas de usos del suelo del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya de los años 1987 y 1992. Los mapas de usos del suelo son clasificaciones generadas a partir de imágenes LANDSAT, con resolución de píxel de 30 x 30 metros. Los mapas están disponibles la página *web*:

<http://www.gencat.es/mediamb/sig/sig.htm>

MÉTODOS

Tratamientos previos de las imágenes

Para cada campo de golf se recortó una imagen de trabajo, de 200 píxeles de lado, una vez las imágenes fueron corregidas geométricamente (polígonos de 2º grado, con RMS inferiores al tamaño de píxel).

La segmentación trabaja con una sola imagen de niveles de gris. Para obtenerla se ha usado la transformación de Componentes Principales (CP) de las 7 bandas originales del sensor. Se ha hecho un análisis visual de las 3 primeras CP para ver cual de ellas refleja mejor los contornos de los campos. Se ha observado que normalmente la CP1 refleja los límites más contrastados, mientras que en la CP2 los cambios dentro de la cobertura vegetal se perciben mejor. Cabe decir que la transformación es diferente para cada imagen y que depende de la variabilidad de la misma, y por eso no siempre los contornos se reflejan en su máxima intensidad en el mismo canal. Es por eso que en la mayoría de casos se usó la CP2, y en otros se usó la CP1 o la CP3.

Segmentación

Para la detección de los campos de golf (en este estudio se entiende por campo de golf la fracción de la finca cubierta por vegetación) se aplicó un algoritmo automático de segmentación (Garrido y Salembier, 1998). El algoritmo fusiona de forma iterativa facetas (regiones con características similares). Al principio, el algoritmo considera que cada píxel es una faceta diferente. A cada paso de fusión, se busca el par de facetas con el mayor grado de similitud, se procede a fusionar ambas facetas y se representa la unión con la media de los niveles de las dos. A lo largo de este proceso, se calcula el número de facetas y la relación señal a ruido (Peak Signal to Noise Ratio: PSNR) entre la imagen original y la imagen de facetas. Cuando el número de facetas

decrece, la relación señal a ruido crece (la PSNR decrece si se mide en dB). Ambos parámetros se pueden utilizar para controlar el criterio de terminación, es decir, para determinar cuando parar el algoritmo de fusión. Para este tipo de aplicación, el objetivo principal de la segmentación es generar el conjunto de facetas. Estas facetas se combinan a continuación para crear los contornos de los campos.

Software

Se usó ENVI (Research Systems, Inc.) en el tratamiento previo de las imágenes. El algoritmo de segmentación se implementó en lenguaje C con buenas prestaciones, tardando menos de 5 segundos para segmentar cada imagen (200 x 200 píxeles) en un PC convencional con Linux.

Los resultados de la segmentación, así como el MUS se introdujeron en un SIG (MIRAMON) donde se procedió a la elección de facetas que configuran el campo de golf y al cálculo de superficies afectadas por el mismo en el mapa de usos del suelo. Para cada campo se eligió el MUS disponible de fecha anterior más próxima a su construcción.

RESULTADOS

Segmentación

Se hizo un estudio preliminar en tres tipos de campo para establecer un criterio de terminación del algoritmo de segmentación (número de facetas o la relación señal a ruido, PSNR). Esos campos tipo son los siguientes (figura 1):

- G1: campo discontinuo y lineal imbricado en una urbanización.
- G2: campo intermedio, con zonas compactas y zonas discontinuas.
- G3: campo "compacto".

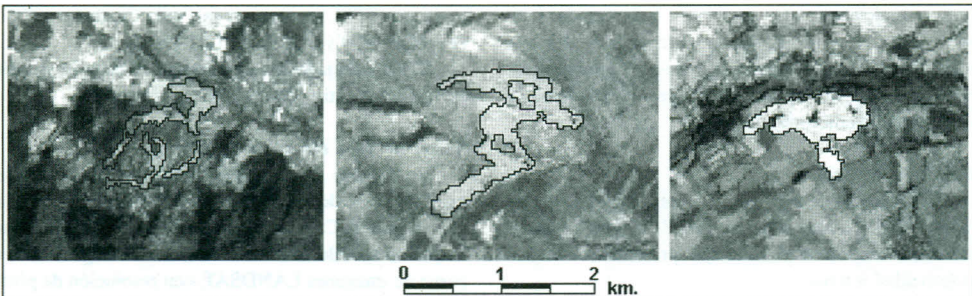


Figura 1. Tipos de campo de golf. RGB bandas LANDSAT 5:4:3. Izquierda G1, centro G2 y derecha G3.

Vector negro: límites de los campos a partir de la segmentación.

Terminación

Observando la figura 2, vemos que al disminuir el número de facetas, disminuye la homogeneidad interior de las mismas, pero también disminuye la complejidad de la imagen de facetas.

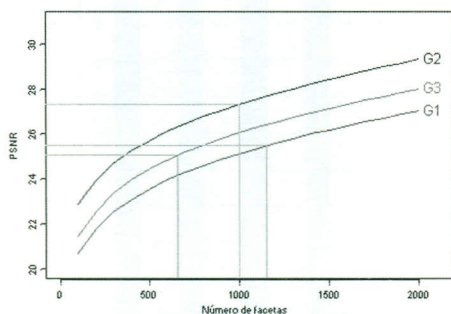


Figura 2. Relación entre número de segmentos y la PSNR en dB. Terminaciones escogidas en los tres tipos de campo de golf.

En nuestro caso es más importante una buena delimitación del campo de golf que una uniformidad en las imágenes de facetas, y se eligió el número de facetas como parámetro de terminación. Hay que tener en cuenta que la elección del número de facetas no depende sólo de la complejidad del campo, sino que también depende de la complejidad de toda la imagen, y por eso no se ha fijado un umbral común, aunque el estudio de los tres tipos de campo sí que nos ha dado unas pautas para la elección del número de facetas.

Golf tipo 1: Este campo es el más complejo, ya que las "calles" son estrechas y están distribuidas entre las fincas de una urbanización. Las urbanizaciones presentan una estructura compleja y heterogénea, dificultando la detección del golf. En la figura 3 se pueden ver las

facetas de cuatro terminaciones con el vector de contorno elegido finalmente (1200 facetas), tras la comprobación de los límites con la imagen LANDSAT. En el caso de 500 facetas la imagen queda sub-segmentada y hay límites del campo que no se detectan. En el caso de 1500 facetas hay sobre-segmentación lo que complica su identificación.

Golf tipo 2: este golf presenta una estructura menos compleja, y en este caso en concreto el área circundante es bastante homogénea, lo que facilita su detección y permite elegir un número menor de facetas. Con 500 se consigue unos resultados bastante buenos, pero por ejemplo no se delimitan bien zonas internas de la finca que no están ocupadas por césped. Finalmente se eligieron 1000.

Golf tipo 3: Este tipo es el más fácil de detectar, pues es bastante compacto, eligiéndose en este caso 700 facetas. Así como en este golf con un número de facetas inferior que en el caso G2 se detecta bien el campo, la complejidad del resto de la imagen hace que la PSNR, para un mismo número de facetas, sea la menor de los tres casos (figura 2). Es un ejemplo de porque no se ha elegido una terminación común del algoritmo para cada tipo de campo.

Tamaño

De los 17 campos estudiados, 7 son de 9 hoyos, 8 de 18 y 2 de 27. A partir del resultado de la segmentación y una vez delimitados los campos se han calculado las superficies que ocupan. Los de 9 tienen una superficie media de 25,3 ha y, por tanto, de 2,81 ha por hoyo. Los de 18 hoyos ocupan 55,83 ha (3,10 ha por hoyo) y, finalmente, los de 27 hoyos ocupan 77,71 ha (2,88 ha por hoyo).

Es interesante comprobar que el tamaño de los hoyos es muy similar en los tres casos, y que el tamaño del campo es proporcional al número de hoyos que tiene cada campo.

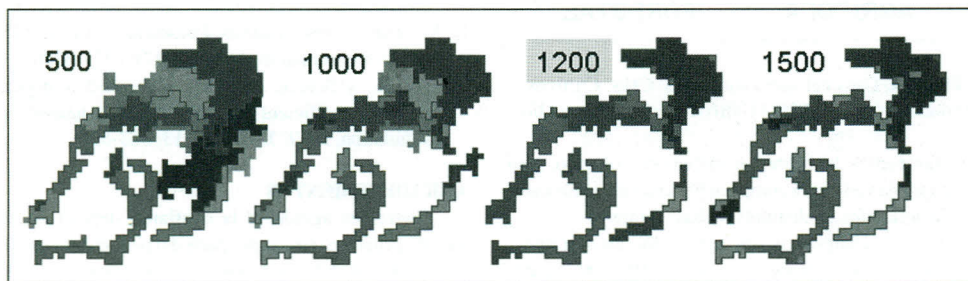


Figura 3. Campo de golf tipo G1 (los colores de las facetas son aleatorios). Usos del suelo.

Por lo que respecta a los usos del suelo anteriores a la instalación de los campos de golf, se han cruzado el polígono de cada campo con el MUS. Este presenta una leyenda de unas 20 clases, las cuales se han reducido a 3 grupos. La simplificación es la siguiente:

Urbano: Infraestructuras viarias; núcleos urbanos; urbanizaciones y zonas industriales y comerciales.

Agrícola: Cultivos herbáceos de secano; cultivos herbáceos de regadío; frutales de secano; frutales de regadío y viña.

Forestal: Matorral y prados; bosques de aciculifolias; bosques de esclerófilas; bosques de caducifolias; vegetación de zonas húmedas y suelo con vegetación escasa o nula.

Los usos del suelo anteriores en el área ahora ocupada por los 17 golfs inaugurados después de 1987 y que ocupan un total de 780 ha, se distribuyen en las siguientes proporciones (figura 4): el 49% antes era de uso agrícola y el resto era de uso forestal. Las 382 ha de suelo agrícola que han pasado a ser campos de golf correspondían básicamente a cultivos herbáceos. De las 398 ha que anteriormente eran forestales, 170 ha correspondían a bosques, básicamente pinares (140 ha), mientras que 219 ha eran de matorral.

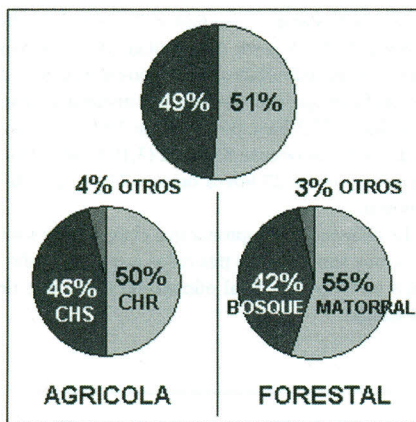


Figura 4. Usos del suelo anteriores. CHS: Cultivos herbáceos secano, CHR: Cultivos herbáceos regadío.

También se ha hecho un análisis cronológico, para ver como ha variado la composición anterior de los campos inaugurados en distintas fechas (figura 5).

Los 17 campos fueron agrupados en 4 tramos, distribuyéndose de la siguiente forma: 1987-90 (5 campos), 1991-1993 (5 campos), 1994-1996 (4 campos) y 1997-1999 (3 campos).

Vemos que el uso forestal anterior va disminuyendo con los años, seguramente fruto del acercamiento de los campos a los núcleos de población.

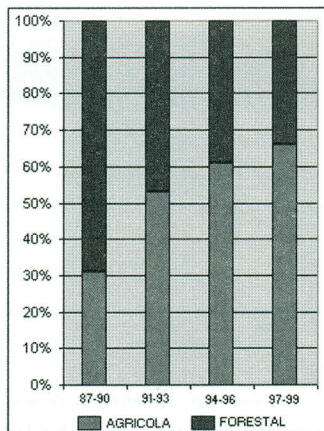


Figura 5. Usos del suelo anteriores ordenados por tramos según el año de inauguración.

CONCLUSIONES

El algoritmo de segmentación, aunque pensado inicialmente para otro tipo de imágenes, ha dado buenos resultados en la detección de campos de golf en imágenes LANDSAT-7 ETM.

Con técnicas de teledetección y de análisis SIG se han obtenido, con una mínima inversión de tiempo y recursos, resultados interesantes para la evaluación socio-ambiental del estado del golf en Catalunya.

BIBLIOGRAFÍA

- GARRIDO, L. y SALEMBIER, P. 1998, Region based analysis of video sequences with a general merging algorithm, *EUSIPCO*, Rhodes, Greece, Vol. III, pp. 1693-1696.
- LI, W. *et alii.*, 1999, Watershed-based hierarchical SAR image segmentation, *IJRS* 20 (17): 3377-3390.
- VINCENT, L. y SOILLE, P., 1991, Watershed in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulation, *IEEE TPA & MI*, 13: 583-598.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la confianza depositada en nuestro grupo de trabajo por parte del personal de Estudi Ramon Folch, S.L., que nos encargó la realización de este análisis, así como la ayuda prestada por el personal de Naturgest, S.L.