

INTEGRACIÓN DE DATOS LIDAR CON IMÁGENES AÉREAS PARA MEJORAR LOS RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN TEMÁTICA

A. Arquero y E. Martínez.

Facultad de Informática (UPM). Campus de Montegancedo. 28660 Boadilla del Monte (Madrid).
aarquero@fi.upm.es

RESUMEN

La clasificación temática más precisa de imágenes aéreas sigue siendo uno de los objetivos prioritarios para la aplicación de estas imágenes con diferentes usos. Su buena resolución espacial, las hacen muy adecuadas para ser utilizadas en la distinción de detalles sobre la superficie terrestre. Sin embargo en algunos casos no es posible discriminar algunos tipos de coberturas de terreno que presentan similitud espectral. Por otra parte, los datos LIDAR ampliamente utilizados para generar modelos digitales de elevaciones con gran precisión para usos topográficos, se han mostrado también efectivos para caracterizar sedimentos en erosiones de ríos y un número reducido de clases de vegetación, como las integradas por especies caducas y coníferas.

En este trabajo se utilizan los datos multiespectrales recogidos por una cámara situada en avión y los derivados del primer retorno LIDAR registrados simultáneamente, para mejorar la clasificación temática de una escena que presenta elementos urbanos y rústicos. Se han obtenido, cuantificado y discutido los resultados derivados de realizar la clasificación temática de la imagen aérea con y sin datos LIDAR, tras aplicar seis métodos diferentes, Máxima Verosimilitud (ML), *Support Vector Machine* (con diferentes *kernel*, SVM-L, SVM-P, SVM-RBF, SVM-S,) e *Isodata*. Los mejores resultados se han obtenido para el caso de la clasificación SVM con *kernel Sigmoid* (SVM-S), utilizando conjuntamente datos multiespectrales y LIDAR.

ABSTRACT

The more precise thematic classification of aerial images continues being one of the objectives for the application of these images with different uses, due to its suitable spatial resolution for the appreciation of details on the terrestrial surface. Nevertheless in some cases it is not possible to discriminate some types of land covers that display spectral similarity. On the other hand, data LIDAR (Light Detection And Ranging) have been used to generate digital models of elevations with high accuracy for topographic uses, being effective to characterize sediments in erosions of rivers and also these data are used to investigate the discrimination of a reduced number of thematic classes of vegetation, like deciduous and coniferous.

In this work the multispectral data has been registered by the camera in the airplane and data derived from first return LIDAR obtained simultaneously, are used to improve the results of the thematic classification of a scene with urban and rustic elements. The derived results have been obtained, quantified and discussed to perform the thematic classification of the aerial image with and without data LIDAR, after applying six different methods, *Maximum Likelihood* (ML), *Support Vector Machine* (with different *kernel*, SVM-L, SVM-P, SVM-RBF, SVM-S) and *Isodata*. The best results for classification SVM with *Sigmoid kernel* and LIDAR data have been obtained.

Palabras clave: imágenes aéreas, LIDAR, clasificación temática mejorada.

INTRODUCCIÓN

La fotografía aérea es una tecnología muy útil para obtener mapas de vegetación y se ha usado para modelar espectralmente mezclas de esta cubierta. La disposición de datos LIDAR (Light Detection And Ranging) representa una nueva posibilidad para la clasificación de la vegetación. Los sensores LIDAR miden directamente tanto la localización vertical como la distribución horizontal de elementos de cubierta vegetal, usando longitudes de onda en el IR o NIR (Fowler 2000).

Aunque la mayoría de los estudios realizados usando datos espectrales y LIDAR no llevan a cabo la integración de ambos tipos de datos, sino que los utilizan de forma separada para las diferentes fases del proceso en que están implicados, recientemente (Dalmonte *et al.* 2008) se ha propuesto un sistema avanzado de clasificación temática usando datos LIDAR e hiperespectrales, pudiéndose estimar parámetros característicos en bosques.

Para una superficie urbana de tamaño reducido (800 m^2) (Bartels y Wei 2006) se han

aplicado métodos de clasificación de máxima probabilidad con datos LIDAR y multiespectrales co-registrados y fusionados extrayendo tipos de terreno que incluyen edificaciones, vegetación y suelo con rangos de elevaciones pequeñas.

Mutlu (Mutlu *et al.* 2008) muestra la utilidad de la integración de datos LIDAR con imágenes multiespectrales QuickBird para generar modelos de mapas de combustibilidad de bosques.

En este trabajo, se utiliza un modelo digital de superficies (DSM) obtenido a partir de los datos del primer retorno LIDAR y la imagen multiespectral de cuatro bandas adquirida simultáneamente con los datos LIDAR, para discriminar 16 cubiertas terrestres. Se han aplicado diferentes métodos de clasificación temática, tanto supervisados como no supervisados. Para aquellas cubiertas de terreno fácilmente distinguibles por su respuesta espectral, se obtienen las áreas de entrenamiento mediante el uso de diagramas de dispersión (2D) entre bandas (Arquero *et al.* 1998) y consideraciones estadísticas (Vázquez 2007). Sin embargo, hay otras que solamente se pueden diferenciar a partir de la información LIDAR.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS

La escena estudiada corresponde a una zona de la ciudad de Zaragoza (España) lindante con parcelas rústicas parcialmente cultivadas. Presenta unas dimensiones de 1363x1363 píxeles de 0,5 m de lado. El centro tiene como coordenadas geográficas 678598,96 E y 4613320,06 N.

La imagen aérea multibanda contiene tres bandas en el rango del visible, B (0,40-0,58 μm), G (0,50-0,65 μm) y R (0,59-0,68 μm) y una en el NIR (0,74-0,85 μm) del espectro electromagnético. La resolución radiométrica es de 12 bits. Ha sido registrada por una cámara de área aerotransportada DMC (Digital Mapping Camera) de Z/I Imaging (Stereocarto S. L.). Su disposición en la aeronave es nadiral. Se usó un sistema GPS/INS integrado en tiempo real con la adquisición de las imágenes multibanda y fueron orto-rectificadas y proyectadas en el sistema de coordenadas UTM. Los datos LIDAR se han adquirido con un sistema LIDAR ALS50-II de Leica, que presenta 4 retornos. Ambos tipos de datos se adquirieron simultáneamente en verano.

En este trabajo se ha utilizado la imagen aérea multibanda (B, G, R, NIR), junto con el primero de los retornos LIDAR (elevación e intensidad). No se han realizado modificaciones a la

imagen digital multibanda como las que se aplican en otros trabajos de la bibliografía (Bork y Su 2007) referidas a la eliminación de sombras.

METODOLOGÍA

Los procesos de clasificación temática clásicos y supervisados como el paramétrico de Máxima Verosimilitud (ML), son eficaces para sensores como TM y ETM+ de *Landsat*, pero para imágenes con mayor resolución espacial (*Quickbird*) hay que recurrir a otras técnicas de tratamiento de la imagen como la fusión para mejorar los resultados de clasificación (Martínez 2007).

Por otra parte, los procesos de clasificación temática clásicos y no supervisados, como el basado en el algoritmo Isodata, pueden resultar demasiado aleatorios en su búsqueda de centroides (Tou y Gonzalez 1974) para realizar la clasificación, pudiendo despreciar clases, consideradas importantes con un solo análisis visual de la imagen aérea. Estos comportamientos de los diferentes clasificadores se muestran en los resultados obtenidos.

Los datos LIDAR obtenidos a partir del primer retorno (1 m), se adaptan a la resolución espacial de la imagen (0,5 m) y posteriormente se ajusta dimensionalmente a la imagen multiespectral. A continuación se genera una nueva imagen con las 4 bandas espectrales (B, G, R, NIR) y los datos LIDAR en una nueva banda (B5).

A la imagen final de 5 bandas se han aplicado seis métodos de clasificación, cinco supervisados con una selección previa de áreas de entrenamiento y otro no supervisado (Isodata) que elige aleatoriamente los centroides de las clases. También se han aplicado estos mismos métodos a la imagen original aérea, con 4 bandas espectrales. El objetivo ha sido la comparación de los resultados cuando se dispone o no de datos LIDAR.

RESULTADOS

Para aplicar los métodos de clasificación supervisados se han elegido áreas de entrenamiento correspondientes a 16 clases temáticas distinguibles en la escena, con la supervisión correspondiente:

Cultivo: Terreno rústico cultivado, con altura baja.
Suelo 1: Suelo con vegetación escasa y altura baja.
Suelo 2: Suelo en barbecho claro y altura baja.
Suelo 3: Suelo en barbecho más oscuro y altura baja.
Suelo 4: Suelo removido, muy reflectante y altura baja.

Urbano 1: Suelo ocupado por edificaciones más altas.
 Urbano 2: Suelo ocupado por edificaciones un poco más bajas que las de urbano 1.
 Urbano 3: Suelo ocupado por edificaciones de altura media.
 Urbano 4: Suelo ocupado por edificaciones muy reflectantes y de altura media.
 Veg. 1: Arbolado verde y de altura media-alta.
 Veg. 2: Arbolado de color verde menos intenso y de altura media.
 Vías 1: Carreteras y vías de tren en altura mayor (por puentes) y mayor reflectancia.
 Vías 2: Carreteras y vías de tren de menor reflectancia y altura.
 Río: Río Ebro, profundo en su mayor parte.
 Sombra en el río: Sombra producida por los árboles cercanos a la orilla y por la inclinación del sol.
 Sombra en el suelo: Sombra producida por los edificios y árboles sobre el suelo o los árboles contiguos, por lo que su altura media es superior al otro tipo de sombra.

En la Tabla 1 se muestran, los parámetros de error (Chuvieco 2002) de precisión global (Fiabilidad Global) en % y del coeficiente Kappa en tanto por uno, obtenidos al evaluar los resultados de clasificación con y sin datos LIDAR. Estos resultados indican que el método SVM con *kernel Sigmoide* es el que ofrece una clasificación más concordante con los datos test de verdad de campo. Por tanto se consideran los valores de las firmas espectrales medias resultantes de esta clasificación, como los representativos de los tipos de cubiertas presentes.

Tabla 1.- Parámetros de error Fiabilidad Global (%) y coeficiente Kappa.

Escena	Con datos LIDAR		Sin datos LIDAR	
	FG (%)	K	FG (%)	K
ML	98,7013	0,9861	77,2727	0,7576
SVM L	98,4848	0,9838	84,1991	0,8314
SVM P	99,3506	0,9931	83,5498	0,8245
SVM RBF	99,3506	0,9931	83,3333	0,8222
SVM Sigmoide	100	1	74,8918	0,7321
Isodata	65,5527	0,6282	60,2978	0,5731

Para los clasificadores supervisados, utilizando la imagen con datos LIDAR, se observan valores menores del 100 % pero superiores al 80 %, en la precisión del productor y/o del usuario para las clases de Cultivo, Suelo 1, Veg. 1 y Veg. 2. Estas clases presentan firmas parecidas excepto en B4 (Cultivo y Suelo 1) y en B5 (Veg.1 y Veg. 2).

Cuando se aplican los mismos métodos de clasificación a la imagen sin datos LIDAR, los resultados de precisión empeoran notablemente, no solo para las cubiertas ya mencionadas, sino también para Urbano 2, Vías 1 y Vías 2, con algunos resultados sorprendentemente bajos (del orden del 6 %). Estas clases añadidas se caracterizan porque presentan respuestas espectrales que pueden ser semejantes a las de las anteriores clases que presentan peores precisiones. Estos resultados indican claramente el gran beneficio que supone el uso de datos LIDAR para el mapa temático resultante de la clasificación.

Respecto a los resultados obtenidos al aplicar un algoritmo de agrupamiento, como es el Isodata, son claramente peores, además de no reconocer la existencia de ciertas clases temáticas como es el Urbano 3 y la Sombra en río; presentan valores pésimos en precisión para Suelo 4, Veg. 1, Vías 1 y Vías 2, cuando se usan datos LIDAR.

El resultado de la clasificación con SVM con *kernel Sigmoide* y con Isodata (con y sin LIDAR) se muestra en la Figura 1.

BIBLIOGRAFÍA

Arquero, A., Martínez, E., Gonzalo, C. y Ferreras, A. 1998. Utilización de scattergrams de ErMapper 5.5 para la elección de áreas de entrenamiento en la clasificación temática de imágenes Landsat, *Mapping*, vol. 50: 56-58.

Bartels, M. and Wei, H. 2006. Rule-based improvement of maximum likelihood classified LIDAR data fused with co-registered bands. *Annual Conference of the Remote Sensing and Photogrammetry Society*, CD Proceedings, 05-08 September: 1-9.

Bork, E.W. and Su, J.G. 2007. Integrating LIDAR data and multispectral imagery for enhanced classification of rangeland vegetation: A meta analysis, *Remote Sensing of Environment*, 111: 11-24.

Chuvieco, E. 2002. *Teledetección Espacial*, Ed. Ariel. Ciencia S.A. Madrid.

Dalponte, M., Bruzzone, L. and Ganelle, D. 2008. Fusion of Hyperspectral and LIDAR Remote Sensing Data for Classification of Complex Forest Areas, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 46, N°. 5, Mayo: 1416-1427.

- Fowler, R. A. 2000. The lowdown on LIDAR. *Earth Observation Magazine*, 19. Disponible en: http://www.eomonline.com/Common/Archives/2000mar/00mar_fowler.html
- Lemp, D. and Weidner, U. 2005. Improvements of roof surface classification using hyperspectral and laser scanning data. In *Proc. ISPRS Joint Conf.: 3rd Int. Symp. Remote Sens. Data Fusion Over Urban Areas (URBAN), 5th Int. Symp. Remote Sens. Urban Areas (URS)*, Tempe, AZ, Mar.: 14-16.
- Martínez, E., Arquero, A., Gonzalo, C. y Lillo M., 2007. Control de la calidad de imágenes fusionadas para la clasificación temática de zonas espacial y/o espectralmente confusas” en *TELEDETECCIÓN. Herramienta para la gestión sostenible, Raúl Rivas et al. (Eds.)*, Mar de Plata (Argentina), 445-453.
- Mutlu, M., Popescu, S. C., Stripling C. and Spencer, T. 2008. Mapping surface fuel models using lidar

and multispectral data fusion for fire behaviour, *Remote Sensing of Environment*, 112: 274-285.

Stereocarto S. L., <http://www.stereocarto.com/es/productos/producto.php>

Tou, J.T. and González, R.C. 1974. *Pattern Recognition Principles*, Addison-Wesley, Reading.

Vázquez, J. M., Arquero, A. y Martínez, E. 2007. Aplicación de modelos estadísticos a la selección eficiente de cubiertas, mediante Radiometría de Campo”, *Revista IEEE América Latina*, Dic.: 561-567.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen las contribuciones de Alfonso Andrés Urrutia (Inclam S. A.), Gonzalo Tentor, Tomás Fernández de Sevilla y Francisco J. Arjonilla (Stereocarto S.L.) por su colaboración y cesión de la imagen utilizada.

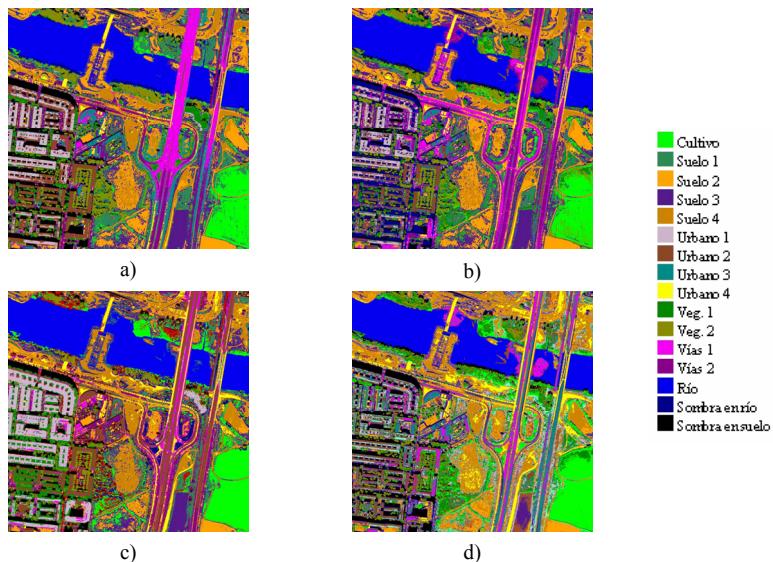


Figura 1.- Imagen clasificada: SVM Sigmoid con y sin LIDAR (a y b) e Isodata con y sin LIDAR (c y d).