

REDUCCIÓN DE DATOS HIPERESPECTRALES DE RADIOMETRÍA DE CAMPO

A. Arquero, E. Martínez y C. Gonzalo

aarquero@fi.upm.es

Facultad de Informática (UPM) Campus de Montegancedo, 28660 Boadilla del Monte (Madrid)

RESUMEN

En el presente trabajo se ha desarrollado una metodología sencilla y rápida para reducir los datos espectrales obtenidos por el espectrorradiómetro de campo GER1500 a las bandas del sensor ETM+ del satélite Landsat 7. Dicha metodología se ha aplicado sobre un caso de prueba utilizando datos de radiancia y del factor de reflectancia procedentes de cubiertas terrestres de una zona geográfica, donde el clima mediterráneo es predominante, enclavada al Oeste de la Comunidad de Madrid. Las clases temáticas presentes en este área son las típicas del paisaje mediterráneo, así como zonas acuosas. La realización de una supervisión sobre el terreno ha permitido la ubicación precisa de las áreas objeto de estudio en el dominio espacial. Para la evaluación de los métodos propuestos, se ha realizado un estudio de correlación con datos de imágenes LANDSAT ETM+, que previamente han sido corregidas atmosféricamente. Los resultados obtenidos permiten mostrar la calidad de la metodología propuesta.

ABSTRACT

A simple and fast methodology to reduce spectral data, registered by the portable ground-based spectroradiometer GER1500, to the bands of the Landsat's ETM+ sensor, has been proposed. This methodology has been applied on a case of test using radiance and the reflectance factor of land covers at a geographical area, where the Mediterranean climate is predominant. This area is located to the West of the Community of Madrid. Thematic classes presented in this area are typical of a Mediterranean landscape, as well as, water bodies. The field supervision has allows a precise location of the areas to study in the spatial domain. For the evaluation of the proposed methods, a comparative study with data of images LANDSAT ETM+ atmospherically corrected has been carried out. The obtained results allow to certify that the methodology is very appropriate.

PALABRAS CLAVE: Datos hiperespectrales, reducción espectral, bandas ETM+.

INTRODUCCION

Las técnicas espectroscópicas permiten el análisis de la respuesta espectral de las diferentes cubiertas terrestres. Los datos espectrales pueden ser registrados mediante sensores remotos o próximos. Se conoce como Radiometría de Campo al conjunto de técnicas que permiten la detección y análisis de las características espectrales y biofísicas de los objetos de la superficie terrestre en su entorno natural cercano (campo próximo). Complementa a las técnicas de Teledetección y se caracteriza porque, proporciona datos para desarrollar y probar modelos que describen las relaciones entre la reflectancia espectral direccional de las diferentes superficies y sus atributos biofísicos, permite la caracterización de la reflectancia de las superficies utilizadas en la calibración de sensores en aviones o en plataformas orbitales, permite la estimación de los efectos atmosféricos a partir de la correlación de los datos de campo con los remotamente detectados y sirve como herramienta de predicción.

Los dispositivos altamente especializados utilizados, se denominan Radiómetros de Campo. Éstos miden de forma precisa y extensa, la respuesta espectral de las cubiertas terrestres, en ausencia de ciertos efectos externos, que afectan a la medida de un sensor remoto, como son los atmosféricos. Estos efectos pueden ser modelados mediante la correlación de estos datos cercanos con los remotamente detectados. Por lo tanto, se hace necesario un tratamiento previo de los valores obtenidos mediante los distintos tipos de sensores (remotos y próximos).

En el presente trabajo se propone como objetivo prioritario el desarrollo de una metodología de adecuación de ambos tipos de datos.

AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio considerada abarca un área de 11,7x11,7 Km² y comprende las unidades de paisaje integrado U18 (Sierras medias de Abantos-

Cabeza Lijar) y U19 (Rampa de El Escorial) del Oeste de la Comunidad de Madrid (Gómez *et alii*. 1999). Se corresponde con una escena con igual dimensión de la imagen 201/32 LANDSAT ETM+. En esta zona se presentan tres grandes unidades de paisaje: montañas, llanuras de piedemonte y campiñas. Hay diversidad de formaciones vegetales debido a sus características climatológicas y de relieve, así como a la combinación de zonas profundamente urbanizadas (términos municipales de El Escorial y San Lorenzo de El Escorial) con otras que conservan bastante bien su estado primitivo (monte Abantos, Silla de Felipe II y embalse de Valmayor). Se enmarca dentro de la región mediterránea y en concreto dentro de la provincia florífera Carpetano-Ibérico-Leonesa (provincia IX). Teniendo en cuenta la altitud, los pisos bioclimáticos presentes son el mesomediterráneo, el supramediterráneo y el oromediterráneo.

INSTRUMENTACION

Los datos en campo próximo se obtienen mediante el espectrorradiómetro portátil, GER1500, con un intervalo de registro de longitudes de onda desde 291 a 1099 nm, mediante 512 detectores discretos de silicio y por tanto con una resolución espectral de 3 nm, y un barrido de muestreo de 1,5 nm. El área de medida o campo de visión estándar (FOV, 3°) se corresponde con un rectángulo de 3,56 cm x 4,45 cm tomado a una altura de 34,29 cm.

Los valores obtenidos corresponden a radiancias espectrales ($W \cdot 10^{-10}/cm^2 \cdot nm \cdot sr$), tanto para el panel de referencia como para la muestra objeto de estudio (Gonzalo 2001).

ADQUISICION DE DATOS EN CAMPO PROXIMO

La metodología seguida para el registro de la respuesta espectral de una cubierta comprende la toma a una altura constante, en posición vertical y con un ángulo acimutal relativo al sol de 180°. Para que la interpretación de los datos remotos respecto a los datos próximos sea fiable, es necesario asegurar que la precisión de estos últimos datos es adecuada, tanto en lo que se refiere a la selección del tipo de muestras o cubiertas representativas, como a su tamaño y su número. Se han realizado muestreos de las clases de ocupación del terreno mas puras y significativas. Respecto al tamaño de éstas, se ha optado por uno constante para todas las cubiertas, excepto para la cubierta de agua, debido a las condiciones logísticas para la adquisición de las muestras, que imponía un tamaño mayor de estas medidas. En lo referente al número de muestras registradas para cada tipo de cubierta, se ha optado

por registrar entre 15 y 20 para cada etiquetado diferente, según se indica posteriormente.

METODOLOGIA DE REDUCCION DE DATOS PROXIMOS

Puesto que los datos procedentes del espectro-radiómetro GER1500, proporcionan una respuesta espectral continua, en este trabajo se proponen dos métodos de reducción de la radiancia (Markham 1986) a las cuatro primeras bandas del sensor remoto ETM+, debido al intervalo de registro del GER 1500: Método Integral (L_i) y Método de la Media Extendida (L_N) (Morales 2000).

Método Integral (L_i)

Este método se basa en el cálculo de la suma de los valores de radiancia registrados en el intervalo de longitudes de onda de la correspondiente banda ETM+. El valor de radiancia reducido, en la banda i -ésima (L_i) se obtiene aplicando la expresión (1).

$$(L_i) = \sum [rad_j \cdot 10^{-7} (\lambda_j - \lambda_{j-1})] \quad (1)$$

donde $(L_i)_i$ está expresado en $mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$ (unidades que permiten su correlación posterior); rad_j ($W \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}$) es el valor de Radiancia en el registro original a la longitud de onda j -ésima; la diferencia entre λ_j y λ_{j-1} determina la resolución espectral del instrumento de medida. En la ecuación (1) se ha introducido el factor 10^{-7} para que los valores de radiancia obtenidos se expresen en $mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$.

Método de Radiancia Media Extendida (L_N)

En este método se estima el valor de radiancia en una determinada banda, por el valor medio de los valores de radiancia registrados en el intervalo espectral de dicha banda multiplicado por su ancho de banda, como se muestra en la expresión (2).

$$(L_N)_i = avg(rad_j) * \Delta\lambda_i \quad (2)$$

donde $(L_N)_i$ es la radiancia en la banda i ($mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$); $avg(rad_j)$ es la media de valores de radiancia en $W \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}$ en el intervalo de la banda i , y $\Delta\lambda_i$ es el ancho de esa banda.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se ha realizado un estudio comparativo previo de estos dos métodos. En la Tabla 1 se muestran valores de radiancia medios de algunas muestras representativas de las diferentes clases espectrales objeto de este estudio. Se puede observar de los resultados proporcionados por cada uno de los métodos, que las diferencias son despreciables, pero sin embargo, desde el punto de vista conceptual

parece mas riguroso el método integral, por lo que será el método utilizado en el presente trabajo.

Para la obtención del factor de reflectancia, en las bandas ETM+, a partir de la relación entre radiancia de la muestra respecto a la radiancia del panel de referencia, se ha aplicado previamente el método integral a las radiancias.

La metodología de reducción de firmas hiperespectrales se ha aplicado a especies vegetales características y a las integrantes de las principales clases temáticas presentes en el área de estudio indicada previamente en la zona del monte Abantos y El Escorial de la Comunidad de Madrid. También se ha seguido el mismo método para reducir los registros de otros tipos de clases temáticas presentes en la zona, como son suelos claros y superficies acuáticas del embalse de Valmayor y otras lagunas de menor superficie.

Muestra	ETM+1	ETM+2	ETM+3	ETM+4
Método Integral (L_I)				
pip	0,1135	0,2338	0,1226	1,3215
rob	0,1820	0,3305	0,1626	2,3481
arenp	0,5149	0,7858	0,6744	1,4180
encsv	0,1559	0,2562	0,1378	1,4980
agval	0,0610	0,1181	0,0437	0,0213
alisp	0,1045	0,2550	0,0890	2,0790
Método Media extendida (L_N)				
pip	0,1147	0,2335	0,1225	1,3206
rob	0,1832	0,3301	0,1624	2,3462
arenp	0,5167	0,7866	0,6737	1,4169
encsv	0,1567	0,2560	0,1375	1,4969
agval	0,0616	0,1180	0,0435	0,0212
alisp	0,1059	0,2545	0,0889	2,0771

Tabla1.- Valores de Radiancia reducida a las bandas ETM+ para algunas muestras de cada clase temática

Primeramente hay que indicar que los registros se han realizado en la estación meteorológica de verano, puesto que en esta época del año se manifiestan en todo su esplendor especies vegetales caducas como el roble, ampliamente representado en la zona de estudio. Las especies vegetales registradas con el radiómetro GER 1500 han sido: como principal componente de la clase temática de Bosque Caduco, el roble melojo (*Quercus pyrenaica*, rob); representante de la clase Pinar, el pino negral (*Pinus pinaster*, pip); para la clase etiquetada como Monte bajo, la encina (*Quercus ilex*, encsv); en el caso del Bosque de ribera se han considerado las especies arbóreas mas importantes y con mayor cobertura del suelo, aliso (*Alnus glutinosa*, alisp) y chopo (*Populus nigra*); para representar a los suelos claros de la escena se

eligieron para muestrear superficies con vegetación herbácea seca en esta época del año, así como superficies arenosas (arenp), como las que se presentan cercanas a los límites del embalse; por último las superficies acuáticas (agval) registradas se corresponden con las situadas por debajo del amplio puente que recorre el embalse por la carretera comarcal M505, entre los términos de El Escorial y Galapagar. Como ya se ha indicado el número de muestras para cada tipo de clase de cubierta ha oscilado entre 15 y 20 dependiendo de su uniformidad en la respuesta espectral.

Para los datos de satélite se ha aplicado el modelo de corrección atmosférica 6S (Vermote *et alii*. 1997), con los parámetros correspondientes a las condiciones climatológicas de la toma de la imagen el 20 de Agosto de 1999. En esta escena se eligieron pixeles representativos de las clases de cubiertas mas significativas, con objeto de comparar sus firmas espectrales con las obtenidas mediante el proceso de reducción de los datos próximos. Se han representado los valores obtenidos por el sensor remoto frente a los valores medios de muestras de campo próximo para todas las clases temáticas estudiadas. Analizando todas las firmas, tanto las remotas como las próximas, para la clase Pinar se observa que presentan un mismo perfil, característico del tipo de cubierta de vegetación al que corresponden. Para realizar un estudio mas global se han obtenido las medias de los dos grupos de datos, próximos y lejanos y se han representado en la Figura 1. En esta figura, se puede observar que el ajuste entre las firmas medias remota y próxima, para la clase Pinar, es muy bueno. Ahora bien, como cabía esperar, en banda 1 se presenta una pequeña diferencia debida a la dificultad de eliminar completamente los efectos atmosféricos en esta banda. Como se observa en la Figura 1, la clase espectral Agua presenta mayores diferencias entre sus valores remotos y cercanos, que la clase Pinar; no obstante, el perfil de las firmas es semejante, corroborando la eficacia del método desarrollado. Las diferencias en la clase Agua, pueden justificarse considerando las condiciones particulares de las tomas del muestreo cercano.

En la Tabla 2 se muestran los valores de firmas medias para las clases temáticas estudiadas, tanto en las respuestas remotamente registradas como para las recogidas en campo próximo.

Como se puede observar, en la Tabla 2, los efectos asociados a la banda 1 para los dos clases mostradas anteriormente (pinar y agua), se mantienen para el resto de las clases estudiadas. Sin embargo, diferentes tipos de cubiertas presentan otros comportamientos en las distintas bandas.

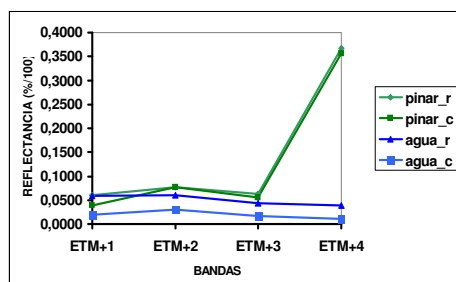


Figura 1.- Valores medios de las firmas espectrales de la clase Pinar y Agua obtenidas remotamente (-r) y en campo cercano (-c).

CLASE	ETM+1	ETM+2	ETM+3	ETM+4
Pinar r	0,0601	0,0771	0,0627	0,3673
Pinar c	0,0390	0,0763	0,0553	0,3566
Caduco r	0,0667	0,0863	0,0706	0,5477
Caduco c	0,0553	0,0918	0,0664	0,5926
Sclaro r	0,1882	0,2647	0,3471	0,5000
Sclaro c	0,1580	0,2181	0,2833	0,3728
Mbajo r	0,1216	0,1412	0,1516	0,3529
Mbajo c	0,0458	0,0737	0,0598	0,4593
Agua r	0,0588	0,0601	0,0431	0,0392
Agua c	0,0199	0,0308	0,0165	0,0107
Bribera r	0,0804	0,1157	0,0961	0,6078
Bribera c	0,0359	0,0679	0,0416	0,5233

Tabla 2.- Firmas espectrales medias en reflectancias de las cubiertas naturales obtenidas remotamente (-r) y en campo cercano (-c).

Así para la clase Caduco, se observa la mayor diferencia entre las respuestas remota y próxima en banda 4, debido a la influencia en la reflectividad de la estructura vegetal de las hojas, por lo que la altura de la toma es decisiva. En otras cubiertas vegetales como el bosque de ribera se observa una disminución constante en el valor de los datos cercanos que origina una firma espectral totalmente paralela a la firma remota, lo que se puede interpretar como que este tipo de cubierta se manifiesta mas reflectante para un observador remoto, no obstante, los resultados obtenidos son adecuados. Para la clase etiquetada como Monte bajo, resultado del aclareo y degradación del bosque mediterráneo y predominantemente compuesto por encinas (*Quercus ilex sp.*) y matorrales (*Cistus sp.*, *Lygos sphoerocarpa...*), las diferencias observadas responden a que la visión espacial del sensor remoto recoge una información global donde se incluye la fuerte influencia del suelo desnudo presente, mientras que los registros próximos son mucho mas selectivos en el tipo de cubierta. En este trabajo se han registrado encinas para el estudio comparativo y

no se ha incluido la influencia del suelo en zonas mas desnudas de vegetación de la superficie tomada por el sensor remoto. En el estudio de la clase etiquetada como Suelo Claro, las firmas presentan un perfil similar, si bien las correspondientes al sensor remoto presentan una mayor reflectividad. Este hecho puede justificarse considerando la influencia de otras cubiertas reflectantes cercanas a los pixeles utilizados, pero que no han afectado a la pequeña superficie detectada por el sensor próximo, por no encontrarse tan cercanos a él.

CONCLUSIONES

Se han propuesto y aplicado dos métodos de reducción de espectros obtenidos en Radiometría de campo a las bandas Landsat ETM+.

El buen ajuste obtenido entre las firmas medias remotas y próximas de las diferentes clases temáticas estudiadas en este trabajo, junto con las pequeñas desviaciones estándares, obtenidas para todas las clases temáticas y todas las bandas, permiten concluir que el método propuesto para la reducción espectral proporciona muy buenos resultados.

BIBLIOGRAFIA

- Gómez Mendoza J. (dir.), Mata Olmo R., Sanz Herraiz C., Galiana Martín L., Manuel Valdés C. M. y Molina Holgado P. 1999. *Los Paisajes de Madrid: naturaleza y medio rural*. Fundación Caja Madrid, Alianza editorial, Madrid.
- Gonzalo C., Arquero A. and Martínez E. 2001. Estimating of surface spectral values by feed-forward neural networks training with remote-field radiometer data. *IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'01*, Vol. 5, 2361-2363. Stein, T.I. Piscataway
- Markham, B.L. and Barker, J. L. 1986. Landsat MSS and TM Post-Calibration Dynamic Ranges, Exoatmospheric Reflectances and AT-Satellite Temperatures, *EOSAT, Landsat Technical Notes*, 1, p.3-8.
- Morales, L. 2000. *Trabajo fin de carrera*, Facultad de Informática, U. P. M., Madrid.
- Vermote E. F., Tanré D., Deuzé J. L., Herman M. And Morcrett J.-J. 1997. Second Simulation of the Satellite signal in Solar Spectrum, 6s: An Overview. *IEEE Trans. Geos. Rem. Sens.*, vol. 35 (3), 675-686.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido desarrollado dentro del marco del proyecto TIC99-0930, subvencionado por la CICYT.