Teledetección y Desarrollo Regional. X Congreso de Teledetección. Cáceres, España, 2003. pp. 193-196.
Coordinadores: Rosa Pérez Utrero y Pablo Martínez Cobo.

Sobre el uso operativo de Landsat-7 ETM+ en Europa

J. Cristóbal (*), X. Pons (*,**) y P.Serra (*).

xavier.pons@uab.es

(*)Departament de Geografia. Universitat Autònoma de Barcelona.
(**) Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals.

Resumen: Este artículo resume los principales problemas técnicos detectados en la adquisición y tratamiento de todas las imágenes Landsat-7 ETM+ 1G disponibles de Cataluña para el año 2002 (54 imágenes consecutivas), incluyendo aspectos no documentados en la bibliografía científico-técnica. Esta experiencia puede resultar muy útil a la extensa comunidad de usuarios puesto que se comentan temas relativos a la lectura del formato original CEOS (el más rico en metadatos), y al procesamiento geométrico y radiométrico. Por ejemplo, deben tenerse en cuenta las implicaciones del sistema de generación LPGS en relación al diferente origen de malla de la banda pancromática respecto a las multiespectrales o en relación a los parámetros de calibración radiométrica existentes en las cabeceras, así como ciertos problemas en el cambio de ganancia de las bandas entre fechas o la presencia de diferentes valores DN para píxeles homólogos en la misma fecha y *path* pero diferente *row*.

Abstract: This paper summarises the main technical problems detected on the acquisition and processing of all Landsat-7 ETM+ 1G images available over Catalonia for the year 2002 (54 consecutive images), including aspects not documented on the scientific or technical literature. This experience may be very useful to the large community of users because we introduce issues on the reading of the original CEOS format (the richest on metadata), and on geometric and radiometric processing. For example, we should be aware about the implications beyond the LPGS generation system concerning the different grid origin of the panchromatic versus multispectral bands or concerning the radiometric correction parameters on the header files, as well as some problems on the gain coefficients among dates or the presence of different DN values for homologous pixels of equal date and path but different row.

Palabras clave: Landsat-7 ETM+, formato CEOS, metadatos, corrección geométrica, corrección radiométrica.

1. Introducción

Los satélites americanos Landsat han sido, desde su primer lanzamiento en 1972, una de las plataformas más usadas en la teledetección terrestre. Posee un claro nicho específico debido a su resolución temporal (16 días), espectral (de 4 a 8 bandas, según misiones), elevada cobertura terrestre y amplio archivo retrospectivo. Desde abril de 1999, están disponibles las imágenes del último satélite de la serie, el Landsat-7. Esta nueva plataforma incluye el nuevo sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), que respecto a la anterior versión, Landsat-5, lanzada en enero de 1984 con el sensor *Thematic Mapper* (TM), se diferencia, básicamente, por la inclusión de una nueva banda pancromática (P, de 0.5 a 0.9 µm, corregistrada con las bandas multiespectrales, XS) con un píxel de 15 m de resolución nominal y por la nueva resolución espacial de la banda térmica (de 10.4 a 12.5 µm), con un píxel de 60 m de lado en lugar de los anteriores 120 m.

El objetivo de la presente comunicación es enumerar y analizar los problemas técnicos detectados en el procesamiento de una serie de 54 imágenes Landsat-7 ETM+ de Cataluña en el año 2002, en el marco del proyecto que se está desarrollando en el Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona para la Agència Catalana de l'Aigua. La adquisición de las imágenes se ha realizado mediante la gestión del Instituto Nacional de Técnica Aerospacial (INTA) - *National Point of Contact* con Eurimage, distribuidor oficial de estas imágenes en Europa.

La adquisición de tan elevado número de imágenes se debe a la necesidad de un importante seguimiento temporal dados los objetivos del proyecto, que son el seguimiento de la cobertura nival y de las áreas agrícolas irrigadas. Las imágenes adquiridas incluyen tanto escenas estándar como flotantes, cuya ventaja es la cobertura de toda Cataluña con sólo tres imágenes respecto a las cuatro imágenes necesarias en la opción estándar.

Nuestra experiencia ha permitido constatar que, a pesar de ser ETM+ un producto muy utilizado, presenta, al menos en el formato CEOS, algunos parámetros técnicos incorrectos o incompletos, así como algunos errores, que estimamos deben ser conocidos por la comunidad de usuarios.

2. Lectura del formato original CEOS

El nivel de procesamiento de las imágenes solicitado a Eurimage ha sido el *Level 1 System Corrected* (1G) por ser éste el producto considerado como estándar (Eurimage 2002), así como el más óptimo para desarrollar el proyecto. El algoritmo de remuestreo solicitado ha sido el del vecino más próximo por ser éste el que preserva mejor los valores de radiancia de la imagen. La *European Space Agency* (ESA) sólo procesa tres tipos de formatos para este tipo de imágenes: CEOS, GeoTIFF y HDF. El formato CEOS (ESA 2001) fue el escogido ya que es el que más metadatos de la imagen almacena (Eurimage 2002). La abundancia de metadatos del formato CEOS permite un eficiente procesamiento de las imágenes puesto que se evitan errores de reintroducción de parámetros y se automatizan los procesos geométricos y radiométricos.

Existen dos sistemas de generación de las imágenes, el *National Land Archive Production System* (NLAPS) y el *Level 1 Product Generating System* (LPGS) (NASA 1998). La ESA sólo utiliza el sistema de generación LPGS (Scaramuzza 2002 y USGS 2003). Para la conversión de las imágenes originales desde CEOS se ha desarrollado una herramienta en el marco del *software* MiraMon (Pons 2000).

El primer problema detectado es que no parece estar indicado en ningún lugar de la cabecera cuál de los dos sistemas posibles de generación de la imagen se aplicó, LPGS o NLAPS. Así pues, éste se dedujo de las fuentes bibliográficas consultadas y del hecho de que su análisis se demostró coherente con las especificaciones esperadas.

El nivel de procesamiento 1G puede ser producido con dos tipos de orientaciones: la *path oriented* y la *map oriented*. En los metadatos de nuestras imágenes aparece que el nivel de procesamiento aplicado es el 4, que se supone hace referencia a la corrección *path oriented,* que fue la solicitada, puesto que en imágenes de Portugal *map oriented*, el valor del nivel de procesamiento en la cabecera era 5. Eurimage no ha podido responder a nuestro requerimiento de aclaración en este sentido.

Un tercer aspecto a anotar es que los factores de calibración están mal documentados en los metadatos ya que los valores radiométricos han sido calculados en base a un rango de 0 a 255 cuando ello sólo es así en NLAPS. En efecto, LPGS reserva el valor 0 para NODATA y, por tanto, el cálculo de los valores para revertir a radiancias documentado es ligeramente erróneo.

Finalmente, añadir que el rango espectral de las longitudes de onda de las diferentes bandas no está tampoco documentado, por lo que se debe recurrir a la bibliografía especializada para obtener los correspondientes valores.

3. Procesamiento geométrico

Una de las ventajas que supone trabajar con la nueva banda P es la mejor ubicación de los puntos de control usados en la corrección geométrica. Esto ha permitido obtener un RMS, con tests independientes, de sólo 10.5 m (media de las 54 imágenes) y, al estar éstas corregistradas con las bandas XS, es posible usar los mismos puntos para corregir todas las bandas. Con ello se ahorra tiempo y se gana en coherencia espacial.

En el sistema LPGS (el único ofrecido por la ESA), la banda P no tiene el mismo origen de coordenadas que las bandas XS (Figura 1).

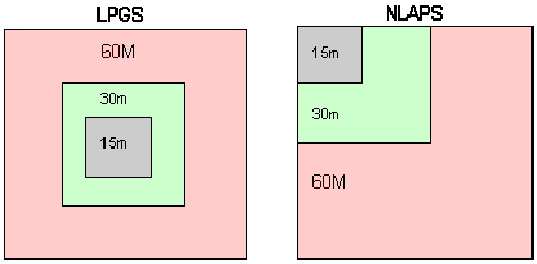

Figura 1. Diferencia en el origen de malla entre el sistema LPGS y el NLAPS

Este desplazamiento comporta que se pueda producir un error sistemático al corregir por separado la P y las XS usando los mismos puntos de control si no se tiene en cuenta el desplazamiento entre ellas. Para corregirlo se ha de considerar el mismo origen de malla y, por tanto, el origen de coordenadas de la imagen P se ha de adaptar respecto al origen de coordenadas de las XS. En ningún campo de los metadatos originales se describe el origen de coordenadas de la banda P respecto a las XS. Para solucionar el problema, se realizó una consulta al personal del *United States Geological Survey* (USGS), encargado del Landsat-7, sobre el posible origen de coordenadas (Figura 2).

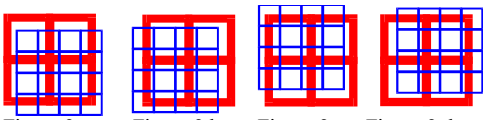

Figura 2.a Figura 2.b Figura 2.c Figura 2.d

Figura 2. Posibles desplazamientos del origen de malla de la banda P (malla estrecha de 15 m) respecto a las XS (malla gruesa de 30 m).

Fruto de este contacto se llegó a la conclusión que el escenario era el 2.a, o sea, se debía realizar un reajuste del origen de la malla de la banda P respecto a la multiespectral de 0.25 píxeles en X y de -0.25 píxeles en Y (suponiendo origen inferior izquierdo). Con esta adaptación todas las bandas estaban corregistradas a un origen común.

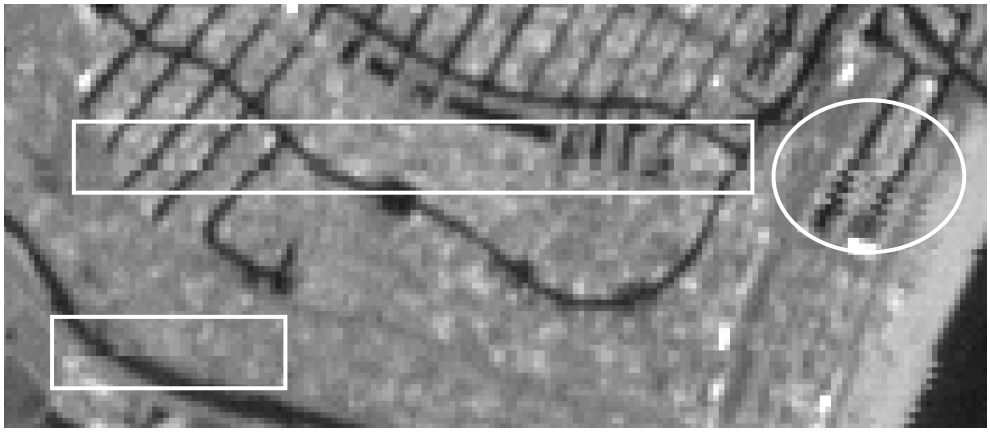

Figura 3. Efecto de captación, o de remuestreo erróneo de los datos originales. Banda P.

Un segundo problema detectado en la mayoría de las imágenes ha sido la existencia de un posible error en la captación por parte del sensor de los datos, (o tal vez en el remuestreo de los datos por el método del vecino más próximo) que afecta especialmente a la banda P (Figura 3).

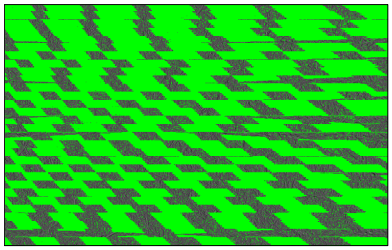

Figura 4. Resta de DNs de una zona común, de igual fecha, banda y *path* pero, diferente *row*

Un tercer problema ha surgido en aquellos píxeles correspondientes a áreas comunes en dos *frames* consecutivos: escenas con el mismo *path* pero diferente *row* presentan diferentes valores DN en algunas de las zonas de solape. Por ejemplo, en la imagen 20-06-2002 (*path* 198, *row* 31), el píxel localizado en la (columna, fila) (1512, 5116) de la banda 7 y el correspondiente píxel de la misma banda en el siguiente *frame* (*row* 32) localizado en (1746, 437), no tienen el mismo valor (102 y 86, respectivamente). La Figura 4 muestra el resultado de restar las zonas solapadas: observamos en gris claro los píxeles sin diferencias (62%) y en negro las zonas en qué los DN son diferentes (media: -0.01, desv. est: 5.47, mín: -80, máx: 61).

Esta problemática puede estar relacionada con las coordenadas del centro de la imagen utilizado para procesar las imágenes. Cuando se procesa un *frame* a partir de los datos en bruto es necesario iniciar el procesamiento a partir de un cierto centro de coordenadas. El problema puede radicar en que ese centro no es un múltiplo común de la malla de remuestreo para los dos f*rames*. Una posible solución pasaría por adquirir los 2 ó 3 *frames* como un continuo de procesado, pero esta petición fue denegada por Eurimage.

4. Procesamiento radiométrico

Una primera consideración es que todas las imágenes de Landsat-5 eran de la misma ganancia, mientras que en Landsat-7 se diferencian bandas de alta y de baja ganancia, lo cual puede ser ventajoso en algunos casos. Para determinar la ganancia de una banda, la NASA aplica unos criterios (NASA 2000), en que se contemplan seis tipos de categorías según sea terrestre, desierto, hielo-nieve, agua, hielo marino y noche. En la categoría terrestre, las bandas de 1 a 3 siempre son de alta ganancia, igual que las bandas 5 y 7, mientras que la 4 depende de la altura solar (mayor que 45º, siempre baja ganancia) y la banda 8 siempre es de baja ganancia. Todas las imágenes utilizadas, de *path* 197 y 198 para la Península Ibérica, están incluidas en la categoría terrestre (NASA 1999). Sin embargo este criterio no

se cumple en todos los casos (Tabla 1), desconociéndose el método adoptado. Tampoco se nos ha respondido al respecto.

Fecha	Path-Row	1	2	3	4	5	7
12/05/2002	197-31	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
13/06/2002	197-31	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
29/06/2002	197-31	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
31/07/2002	197-31	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
01/09/2002	197-31	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
03/10/2002	197-31	***LG***	***LG***	***LG***	HG	***LG***	***LG***
19/10/2002	197-31	***LG***	***LG***	***LG***	HG	***LG***	***LG***
22/12/2002	197-31	***LG***	***LG***	***LG***	HG	HG	HG
19/05/2002	198-30, 31 y 32 (escenas estándar)	***LG***	***LG***	***LG***	***HG***	***LG***	***LG***
20/06/2002	198-31 y 32 (escenas flotantes)	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
06/07/2002	198-31 y 32 (escenas flotantes)	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
22/07/2002	198-31 y 32 (escenas flotantes)	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
23/08/2002	198-31 y 32 (escenas flotantes)	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***
26/10/2002	198-31 y 32 (escenas flotantes)	***LG***	***LG***	***LG***	LG	***LG***	***LG***

Tabla 1. Bandas con valores de ganancia no coincidentes (en negrita cursiva) con los criterios publicados por la NASA. LG: Baja Ganancia (*Low Gain*) y HG: Alta Ganacia (*High Gain*).

Finalmente, se ha podido constatar que en diversas imágenes flotantes existen problemas de bandeado radiométrico.

5. Conclusiones

El trabajo realizado, que ha incluido la lectura detallada de los metadatos del formato original CEOS y el procesamiento geométrico y radiométrico de las imágenes, ha permitido tratar eficientemente un elevado número de escenas a pesar de la variedad de problemas detectados.

Las dos principales fuentes utilizadas para la resolución de los problemas y dudas detectados han sido las referencias bibliográficas y la consulta al soporte técnico del proveedor de las imágenes (INTA, Eurimage, ESA y USGS por este orden). En relación a las referencias bibliográficas, existe una notable dispersión de los documentos. En relación al soporte técnico, en la mayoría de casos las consultas han sido positivamente solventadas, pero algunas consultas han quedado sin respuesta. En este sentido creemos que las consultas formuladas pueden ser de gran interés para Eurimage para mejorar la calidad del producto en un futuro. La recepción de las imágenes no es todo lo rápida que se esperaría de una suscripción triple a Eurimage, y la falta de cierta información técnica aún retrasa más su procesamiento, por lo que esperamos contribuir a que otros usuarios puedan realizar mejor su trabajo. Finalmente, resaltar que el USGS sólo responde del procesado de sus imágenes en sistema de generación NLAPS.

6. Bibliografía

European Space Agency (ESA). 2001. Landsat ETM / TM CEOS / ESA Product Format Definition, V2.6, 13-June-2001 http://earth.esa.int/pub/ESA_DOC/ETM_FMT7-V2.6-13062001.doc

Eurimage. 2002. Landsat. Decades of continuous medium-resolution data. http://www.eurimage.com/Products/product_pdf/landsat.pdf .

National Aeronautics and Space Administration (NASA). 1998. Landsat 7 Science Data Users Handbook. Landsat Project Science Office at NASA's Goddard Space Flight Center. http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html

NASA. 1999. Worldwide Reference System Global Land Data Base, January. http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/pdfs/l7_global_land_doc.pdf

NASA. 2000. Landsat 7 Gain Setting Strategy, September http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/word_files/gain_setting_rules.doc

Pons, X. 2000. MiraMon. Sistema d'Informació Geogràfica i software de Teledetecció. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF. Bellaterra. ISBN: 84-931323-4-9. http://www.creaf.uab.es/miramon

Scaramuzza, P. 2002. LPGS/NLAPS Level 1 Product Radiometric Comparison. http://landsat7.usgs.gov/investigations/docs/LPGS-NLAPS_rad_comparison.pdf

United States Geological Survey (USGS). 2003. Comparison of LPGS versus NLAPS. http://landsat7.usgs.gov/lpgsnlaps.html

7. Agradecimientos

Este trabajo se engloba dentro del proyecto “Estudio y seguimiento de la cobertura nival y el uso del agua en los cultivos de Catalunya” financiado por la Agència Catalana de l’Aigua (ACA) y realizado en el Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Agradecemos especialmente el apoyo del Sr. Manel Monterde de la ACA, del equipo del *software* MiraMon del Centre de Recerca i Aplicacions Forestals (CREAF) y del INTA.