

## MEJORAS EN LA DETECCIÓN SEMIAUTOMÁTICA DE NUBES Y SOMBRAS EN IMÁGENES LANDSAT

Cea C<sup>(1)</sup>, Cristóbal J. <sup>(1 y 2)</sup>, Serra P<sup>(1)</sup> y Pons X. <sup>(1 y 3)</sup>

<sup>(1)</sup>Dep. Geografía. Universitat Autònoma de Barcelona. Cerdanyola del Vallès, 08193. cris.cl@tiscali.es. Pere.Serra@uab.es

<sup>(2)</sup>Dep. Biología Animal, Vegetal y Ecología. Unidad de Botánica. Universitat Autònoma de Barcelona. Cerdanyola del Vallès, 08193. Jordi.Cristobal@uab.es

<sup>(3)</sup>Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF). Universitat Autònoma de Barcelona. Cerdanyola del Vallès, 08193. Xavier.Pons@uab.es

### Resumen

En este artículo se presenta la aplicación de tres métodos semiautomáticos para la detección de nubes y otro método para la detección de las sombras producidas por éstas, en imágenes Landsat-7 ETM+ y Landsat-5 TM, con el objetivo de establecer cuál de estos métodos es el óptimo.

El primer método se basa en el establecimiento de un umbral de temperatura a partir de la temperatura aparente de brillo para cada una de las imágenes, usando el canal infrarrojo térmico. Se ha utilizado un total de 124 imágenes durante el período 2002-2003 y 2005 que cubren Cataluña (órbita y fila 197-31, 198-31-32). El segundo método está basado en la metodología propuesta por Irish [2], teniendo como base 8 filtros que utilizan diferentes bandas del visible, y también el infrarrojo cercano, medio y térmico. Este método se ha utilizado en dos imágenes representativas de la variabilidad estacional anual, una correspondiente a mayo (Landsat-7 ETM+) y otra a febrero (Landsat-5 TM), y ambas de órbita y fila 197-31. Aunque el resultado de la detección de las nubes es correcto, existen errores de comisión de otras cubiertas. A estas imágenes se les ha aplicado un tercer método que propone una mejora sobre el anterior introduciendo otro filtro a partir de un umbral superior a 0.6 de albedo, que disminuye notablemente esta comisión. El método propuesto para la detección de sombras se basa en una clasificación no supervisada.

Mediante la comparación de los métodos, se llega a la conclusión de que con el método Irish [2] mejorado, se obtienen los mejores resultados, aunque no detecta las nubes de escaso espesor y el tiempo de procesado es diez veces superior al del primer método. En estos casos, la combinación de esta metodología y el método de umbrales de temperatura resuelven el problema.

### 1. Introducción

A menudo, al usuario de imágenes de Teledetección para cartografía temática terrestre, le interesa obtener un producto libre de nubes y sombras, debido a su comportamiento reflexivo, y por tanto opaco sobre las cubiertas terrestres, al no aportar estas categorías ninguna información.

No es la finalidad de este artículo establecer las características estructurales de las nubes, aunque sus diferentes rasgos influyen en su opacidad, y también en sus sombras. Espesor, composición (gotas de agua o cristales de hielo), y su altitud respecto del suelo son características importantes a la hora de discriminar la cubierta nubosa, ya que sus propiedades intervendrán en su carácter reflexivo y también emisivo. Existen diferentes clasificaciones de éstas, pero la categorización más usual corresponde a la altura en que se encuentran, dando lugar a: cirriformes (nubes altas generalmente de poco espesor, y formadas por partículas de hielo), estratiformes y neblinas (nubosidad media-baja) y, por último, las cumuliformes (nubes de desarrollo vertical, de gran espesor y muy reflexivas en el visible; en el infrarrojo destacan sus cimas altas y frías)[4].

A pesar de que estas características son bien conocidas, existe una notable complejidad en la discriminación de algunos tipos de nubes, como por ejemplo las nubes altas o bajas de poco espesor, ya que la influencia de las diferentes cubiertas que se encuentran bajo éstas hacen difícil una discriminación totalmente automática, aunque sí es posible una aproximación semiautomática. Lo mismo ocurre con las sombras.

### 2. Material y métodos

Se han utilizado 124 imágenes de Landsat-7 ETM+ y Landsat-5 TM de órbita 197 y fila 31, y

órbita 198 y filas 31 y 32, durante el periodo 2002-2003 y 2005, que cubren la Comunidad Autónoma de Cataluña. Éstas se han corregido geoméricamente considerando el relieve a través de un MDE mediante el método propuesto por Palà y Pons [6], con una resolución espacial de 30 m para los canales multispectrales y 120 m para el canal térmico.

Un primer método utiliza el infrarrojo térmico (banda 6: 10.4-12.5  $\mu\text{m}$ ) de Landsat-5 TM y de Landsat-7 ETM+, sin ningún tipo de corrección atmosférica o por emisividades. De este último se utiliza la banda térmica de baja ganancia al reducir el total de saturación sobre superficies muy reflexivas como son las nubes y la nieve, entre otras cubiertas. Las nubes se discriminan del resto de superficies por su baja temperatura aparente de brillo (TAB).

Para cada una de las imágenes a tratar se establece un umbral de TAB. Éste umbral es diferente para cada imagen, dependiendo del tipo y superficie de la cubierta nubosa, según la fecha en que haya sido tomada, y según la cubierta subyacente.

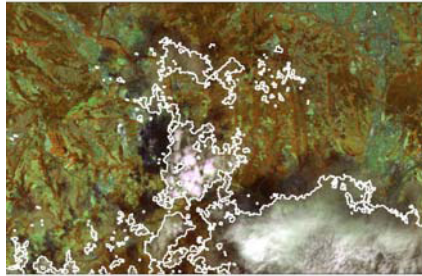


Figura 1: Método de umbrales de TAB.

Un segundo método es el utilizado por Irish [2], en el que se utilizan dos bandas del visible, la verde y la roja, y el infrarrojo cercano, el medio y el térmico, corregidas radiométricamente mediante el método propuesto por Pons y Solé [7]. Consta de 2 procesos. El primero emplea 8 filtros diferentes utilizando todas las bandas, con los que se obtiene una máscara booleana de nubes y no nubes para cada imagen. Posteriormente, se da un segundo proceso de discriminación utilizando sólo la banda térmica. Este método, se ha empleado en dos imágenes, una del 31 de mayo del 2003 y otra del 19 de febrero del 2004, ambas de órbita 197 y fila 31.

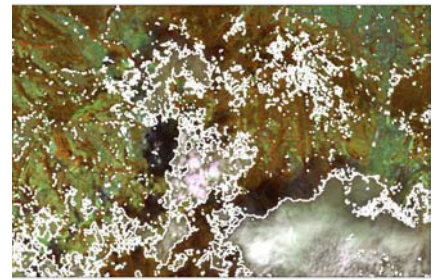


Figura 2: Metodología de Irish [2].

A pesar de que este método discrimina muy bien la cubierta nubosa se cometen errores de comisión de otras cubiertas. Con el fin de mejorar la discriminación de las nubes frente a estas cubiertas se ha aplicado un tercer método basado en la metodología de Irish [2] donde se introduce el albedo, calculado en base al método propuesto por Dubayah [5], como nuevo filtro. Los resultados muestran una reducción limitada en el error de comisión.



Figura 3: Introducción del filtro albedo al método de Irish [2].

Por último, para la detección de las sombras se ha utilizado un método de clasificación no supervisada, IsoMM implementado en Pons [3] y basado en la metodología propuesta por Duda y Hart [1]. Este algoritmo utiliza todas las bandas en el caso de Landsat-5 y, todas las bandas excepto la pancromática en el caso de Landsat-7, obteniendo como resultado un conjunto de *clusters*. A continuación se establece un intervalo que es diferente para cada una de las imágenes, y que engloba las clases espectrales que corresponden a sombras.



Figura 4: Método de detección de sombras.

### 3. Resultados y discusión

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se pueden observar algunos resultados de los diferentes métodos de discriminación de nubes y sombras.

Para el primer método se obtiene buenos resultados en imágenes de primavera o verano, ya que el contraste en los valores de TAB entre la superficie y la cubierta nubosa es notable. En las imágenes de invierno y otoño, la temperatura de la cubierta nubosa y de la superficie, son más parecidas, lo que dificulta la discriminación de las nubes. Además, hay que tener en cuenta que la parte más externa de la nube recibe una mayor influencia de la cubierta subyacente, y los valores de TAB de estas zonas y de las cubiertas terrestres son similares. De esto se deduce que se puedan producir errores de comisión debido a la confusión con otras cubiertas que también tienen temperaturas bajas, como el agua del mar, la nieve, etc. También es cierto que el método depende totalmente del umbral escogido, es decir, un umbral conservador puede omitir las zonas más externas de las nubes y evitar la confusión de otras cubiertas, y un intervalo menos conservador puede clasificar como nubes cubiertas que no lo son aunque se delimita mejor el contorno de éstas. Se entiende que el tipo de nube juega un papel importante, obteniendo mejores resultados cuando se trata de cumuliformes, y peores resultados en estratiformes y cirrus, siempre dependiendo del grosor.

El segundo método delimita el contorno de las nubes perfectamente, pero la comisión con otras cubiertas es significativa. Al igual que en el método anterior esto pasa mayormente en imágenes de invierno. La confusión de zonas urbanas, suelo agrícola no cultivado y nieve, es bastante importante en todos los filtros utilizados. El intervalo propuesto en el segundo filtro (NDSI), es demasiado conservador. En imágenes de primavera y verano,

esta confusión es mucho menor, debido a tres factores: la ausencia de la cubierta nival, un buen funcionamiento del filtro de temperatura en el caso de las áreas urbanas, y el buen funcionamiento de los tres filtros concernientes a la vegetación. Como ocurre también con el primer método, el tipo de nubes también influye en los resultados.

Para solucionar estos errores de comisión, se ha introducido otro filtro, el albedo que mejora el resultado pero no la elimina totalmente. Para mejorar estos resultados se está estudiando la implementación de nuevos filtros en este tercer método.

Ninguno de los anteriores métodos discrimina las sombras de las nubes. En el canal térmico a menudo resulta difícil establecer el límite entre las nubes y sus sombras ya que la temperatura de las dos cubiertas es parecida. Sí es posible utilizando el cuarto método, aunque a la hora de determinar un intervalo entre todas las diferentes clases espectrales, éste también engloba las sombras duras producidas por la orografía, así como las masas de agua. En el caso de sombras de nubes poco espesas, su discriminación no es posible. Con este método no es posible discriminar las nubes, aunque sí se intuye su morfología. En estos casos el clasificador establece una serie de clases espectrales concéntricas, correspondientes al cambio de temperatura y de espesor, desde el centro de la nube hacia la parte más externa, de valores muy dispares y que también engloban otras cubiertas.

Nótese que aunque algunos métodos parecen automáticos a priori, para una buena discriminación de la cubierta nubosa en imágenes de resolución moderada es necesaria una revisión manual de los resultados, de forma que se eliminen los píxeles comisionados y se añadan aquellos que se han omitido, tarea muchas veces ardua.

Finalmente, otra problemática, inherente a los métodos, viene dada por el *striping* cada vez más evidente en la banda térmica de Landsat-5 TM. De esta manera el contorno de las nubes mantiene este *striping* y se hace más difícil su determinación. Este efecto no es tan evidente en el segundo y tercer método porque se combinan otras bandas con la información de la banda térmica.

### 4. Conclusiones

Con los tres métodos de detección de nubes se obtienen un buen resultado para las cumuliformes tanto sobre la cubierta terrestre como sobre las masas de agua. En cambio, es más difícil la discriminación para el resto de nubes de menor

espesor. Una solución en el primer método es establecer para cada imagen diferentes intervalos según la tipología de nubes. Ello conlleva, a parte del incremento del tiempo de dedicación, una selección manual de los polígonos de nubes.

Para el segundo método, también implica revisar una a una las imágenes y completar manualmente aquellas nubes que el método no ha detectado.

Los dos métodos anteriores y el tercero, tienen en común la comisión de diferentes cubiertas en algunas imágenes, como por ejemplo la nieve, de modo que también hace falta eliminar manualmente estos errores.

Estos dos métodos, tienen un tiempo de procesado mayor que el método de umbrales, pero en general, el tercer método es el que da mejores resultados. Una combinación de éste y el método de umbrales del canal térmico mejorarían la omisión de nubes de poco espesor.

## 5. Agradecimientos

La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin la financiación aportada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y fondos FEDER mediante el proyecto de investigación: "Compresión wavelet de imágenes para aplicaciones de Teledetección y SIG. 4 implicaciones en el proceso digital de imágenes" (TIC2003-08604-C04-03).

## 6. Referencias

- [1] Duda, RO, PE Hart (1973) "Pattern Classification and Scene Analysis" John Wiley and Sons, New York, [cap. 6, "Unsupervised Learning and Clustering", pp. 226-227]
- [2] Irish, R.R. "Landsat 7 Automatic Cloud Cover Assesment" in *Algorithms for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery VI*. Sylvia S. Shen, Michael R Descour, Editors, Proceedings of SPIE Vol.4049, 2002.
- [3] Pons, X. (2004) "MiraMon. Sistema d'Informació Geogràfica i software de Teledetecció" Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF. Bellaterra. ISBN: 84-931323-4-9
- [4] Martin, F (1998) Utilització subjectiva de les imatges de satèl·lits meteorològics en les tasques de Predicció :Identificació de núvols. [http://mediapolis.es/tethys/num1/PACO\\_cat.htm](http://mediapolis.es/tethys/num1/PACO_cat.htm)
- [5] Dubayah, R., "Estimating net solar radiation using Landsat Thematic Mapper and digital elevation data". *Water resources research*, Vol. 28, pp. 2469-2484, 1992.
- [6] Palà, V. y Pons, X., "Incorporation of relief into geometric corrections based on polynomials". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 61, pp. 935-944, 1995.
- [7] Pons, X. y Solé-Sugrañes, L., "A Simple Radiometric Correction Model to Improve Automatic Mapping of Vegetation from Multispectral Satellite Data". *Remote Sensing of Environment*, Vol. 47, pp. 1-14, 1994.