

OPTIMIZACIÓN DEL ALGORITMO ACCA PARA LA DETECCIÓN EN IMÁGENES LANDSAT DE NUBES, SOMBRAS Y AGUA

C. Contell, J. C. Vayá, S. Lanjeri y F. Camacho.

*EOLAB. Vivero Empresarial. Parc Científic Universitat de València.
Pol. La Coma s/n, 46980 Paterna, Valencia, Spain.*

RESUMEN

En teledetección, para obtener productos de superficie es necesario realizar un filtrado de nubes, sombras y agua. El algoritmo ACCA (Irish 2000) es la referencia internacional en este tipo de preprocesados para imágenes Landsat, sin embargo, la aplicación de este algoritmo proporciona tasas elevadas de falsa alarma y de no detección.

La optimización del algoritmo ACCA propuesta en este trabajo incluye cambios en el filtrado, separación de las distintas salidas de los filtros y adición de nuevos filtros. Adicionalmente se incluye: un procesado temporal, en el que la nueva imagen es comparada con una imagen de referencia para determinar cambios bruscos en la información de las bandas; un procesado de reproyección de sombras, para determinar qué zonas de la imagen son posibles puntos de nube; un procesado para la detección de zonas de sombra y de agua; un procesado en el que los puntos cercanos a los detectados como nube son marcados como nube si cumplen condiciones de nube más relajadas; varios procesados recursivos de expansión de puntos de nube y sombra; finalmente la eliminación de puntos disgregados de nube, sombra y agua.

El resultado es una máscara de nubes operacional cuyas tasas de falsa alarma y de no detección mejoran significativamente respecto a las obtenidas con el algoritmo ACCA y además incluye la detección exitosa de zonas de sombra y agua.

ABSTRACT

In remote sensing, for surface products retrieval, a cloud, shades and water mask is needed. The ACCA algorithm (Irish, 2000) is the international reference for such Landsat images preprocessing, nevertheless, applying this algorithm provides high rates of false alarm and non detection.

The ACCA algorithm optimization proposed includes changes in the filtrate, separation of the different output filters and addition of new filters. Additionally, the following tasks are included: temporal processing, where the new image is compared with a reference one to determine abrupt changes from the bands data; shade reprojection processing, to determine zones of the image which are possible cloud points; processing for water and shadow zones detection; a processing in which the points near the detected ones as cloud is marked like cloud if they meet conditions of more relaxed cloud; several recursive processing of cloud points and shade expansion; finally the elimination of disintegrated points of cloud, shades and water.

The result is an operational cloud mask whose false alarm and no detection rates improve significantly with respect to the ones obtained by ACCA algorithm; in addition it includes the successful detection of shadow and water zones.

Palabras clave: Landsat, ACCA, optimización, modificación, sombras, nube, agua.

INTRODUCCIÓN

Las series del satélite Landsat proporcionan un conjunto de datos a alta resolución el más largo de la teledetección, poniendo de manifiesto su operatividad y su aplicabilidad en estudios tanto locales como regionales y globales (Ju and Roy 2008). No obstante, una de las principales limitaciones para el uso de las imágenes Landsat en aplicaciones de superficie es la detección de nubes, especialmente en estudios multi-temporales, es cuando la información proporcionada por cada píxel

de la imagen está sujeta a estudios de seguimiento y monitorización.

A lo largo de los años se han desarrollado distintos algoritmos, el algoritmo ACCA de Irish (Irish 2000) es quizá el más extendido para el procesado de imágenes Landsat. Este algoritmo proporciona resultados aceptables cuando el contenido de nubes en la imagen es bajo.

El objetivo de este trabajo es lograr una mejora significativa en la detección de nubes,

sombras y agua, mediante la optimización del algoritmo ACCA aplicado a imágenes Landsat-5 TM.

METODOLOGÍA

Análisis espacial y espectral de las imágenes Landsat

Analizar espacialmente la información espectral contenida en píxeles pertenecientes a una imagen Landsat es una de las primeras tareas a realizar. El resultado de ese análisis se muestra a modo de ejemplo en dos puntos de la imagen Landsat adquirida el día 07 de Septiembre de 2008 (Figura 1). Se observa que la información proporcionada por las bandas no es suficiente para determinar que píxeles corresponden a zonas de nube y cuáles no (figura 1). En ella se aprecia que el valor de las bandas en los dos casos es muy similar. Es por esto que desde EOLAB hemos hecho un esfuerzo en investigar e implementar otras técnicas de detección que no estén basadas únicamente en la información de cada píxel. El procesado de la máscara de nubes basado en el algoritmo ACCA se realiza en tres bloques fundamentales: (i) Uso de la continuidad temporal, (ii) el filtrado, y (iii) el uso de la continuidad espacial.

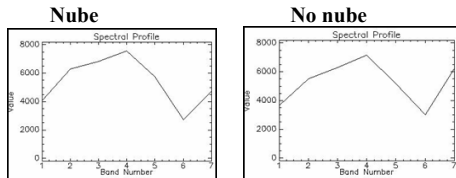


Figura 1.- Perfiles espectrales de dos puntos de la imagen de Landsat del 07 de Septiembre del 2008.

Uso de la continuidad temporal

En las imágenes Landsat, los cambios entre las distintas adquisiciones sobre una misma zona son relativamente suaves. Un caso en el que si tienen lugar cambios bruscos en los valores de las bandas es cuando aparecen nubes en la imagen. Tomando como referencia una imagen (o un conjunto de ellas) en el que el contenido de nubes es nulo, es posible comparar la nueva imagen con la de referencia.

De este modo es posible clasificar con mayor exactitud que píxeles son posiblemente nube y cuáles no lo son, por tener la información espectral muy similar a la de otras adquisiciones. En la figura 2, mostramos el resultado de la resta de dos imágenes de reflectividad en la parte alta de la atmósfera (TOA) de la banda 1: la imagen procesada del 07 de septiembre del 2008 y la imagen de

referencia del 01 de Agosto del 2006. Se observa que el contraste obtenido entre las zonas de nube y las zonas de suelo es alto. Los puntos de esta imagen que no superen el umbral de luminosidad no serán procesados puesto que no han cambiado respecto a la imagen de referencia, en la que ningún punto era nube. Este umbral permite entre otros eliminar las zonas urbanas como posibles puntos de nube, dado que estas cambian muy poco con el tiempo.

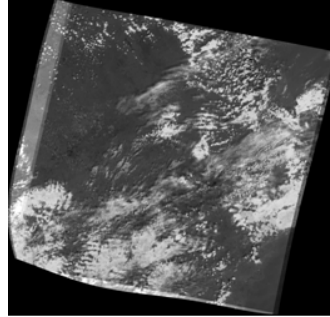


Figura 2.- Imagen resultante de la resta entre la imagen de referencia (Ref TOA banda 1) del 01 de Agosto del 2006 y la imagen procesada (Ref TOA banda 1) del 07 de Septiembre del 2008.

Filtrado de nubes

El algoritmo propuesto incluye el filtrado de las distintas bandas, de igual modo que el algoritmo ACCA pero incluyendo algunas modificaciones (tabla 1). Estas modificaciones permiten la separación de las salidas de los filtros y añaden nuevos filtros para clasificar mejor los puntos de nube, y para poder distinguir las zonas de sombra y de agua.

Tabla 1.- Filtros realizados en el algoritmo ACCA.

Filtro	Función
1 Umbral de brillo $B_2 > 0.08$	Elimina zonas oscuras
2 Índice de nieve normalizado (NSDI) $NSDI = \frac{B_2 - B_3}{B_2 + B_3} < 0.7$	Elimina distintos tipos de nieve
3 Umbral de temperatura $B_2 < 300K$	Elimina zonas calientes
4 Compuesto bandas 5/6 $(1 - B_5)B_6 < 225$	Elimina distintas superficies incluyendo hielo
5 Ratio bandas 4/3 $\frac{B_4}{B_3} < 2$	Elimina vegetación y suelo altamente reflectante
6 Ratio bandas 4/2 $\frac{B_4}{B_2} < 2$	Elimina elementos ambiguos
7 Ratio bandas 4/5 $\frac{B_4}{B_5} > 1$	Elimina piedras y zonas desérticas
8 Compuesto bandas 5/6 $(1 - B_5)B_6 > 210 \rightarrow \text{warm clouds}$ $(1 - B_5)B_6 < 210 \rightarrow \text{cold clouds}$	Distingue entre nubes frías y calientes

En cuanto al filtrado de nubes, se ha añadido un filtro que permite distinguir las zonas de vegetación de alta reflectividad. Este filtro resulta muy útil para eliminar zonas de mucha vegetación que no son detectadas por ninguno de los filtros anteriores. Además, el filtrado del umbral de brillo no se hace con la banda 3 sino con la banda diferencia obtenida en el procesado previo.

Durante el filtrado, se determinan no solo aquellos puntos que son nube, sino los puntos que a pesar de no cumplir todas las condiciones tienen alta probabilidad de ser puntos de nube. Estos puntos los consideramos ambiguos y serán procesados más adelante. Estos píxeles corresponden tanto a puntos de suelo altamente reflectante como a puntos de nube débil, por lo que no es sencillo determinar si son puntos de nube o de suelo mediante el filtrado.

Filtrado de sombras y agua

Los perfiles espectrales correspondientes a los píxeles de agua y de sombra tienen forma muy similar. Se caracterizan por tener un valor en las bandas 5 y 7 muy bajo.

La figura 3 representa los perfiles espectrales de zonas de agua y sombra, donde se observan los comportamientos descritos anteriormente. Los problemas que surgen en cuanto a la detección de estas zonas son varios. En primer lugar en los píxeles de costa o bordes de tierra el perfil espectral toma valores similares al de sombra, y es por esto que suelen confundirse con puntos de sombra. También se encuentran zonas de sombra en los que la banda 4 no es superior a la banda 3, por lo que son fácilmente confundibles con píxeles de agua.

Es importante destacar que la detección conjunta de píxeles de agua o sombra es sencilla, la complicación surge al distinguir entre puntos de agua y de sombra.

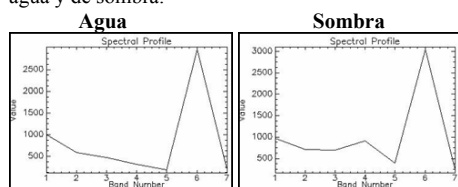


Figura 3.- Perfiles espectrales de píxeles de agua y sombra obtenidos de la imagen de Landsat-5 TM del 07 de Septiembre del 2008.

Uso de la continuidad espacial

Una característica importante de las nubes es que su área ocupa, en general, una zona extensa en la imagen. Las nubes son formaciones continuas

de forma que la probabilidad de que un píxel detectado como nube tenga a su alrededor píxeles detectados como nube es muy alta. Del mismo modo, cuando un píxel es detectado como nube pero ninguno de sus vecinos lo ha sido, es muy probable que ese píxel no represente a una nube sino a un píxel de suelo urbano o montañoso. En definitiva, aprovechando la continuidad espacial es posible distinguir con mayor efectividad que píxeles son nube y cuáles no lo son.

Las técnicas utilizadas en el algoritmo propuesto son:

- Expandir puntos de nube: Se marcan los puntos de nube ambiguos que son contiguos a puntos detectados como nube. Estos puntos serán añadidos a los puntos de nube o podrán ser filtrados de nuevo con las condiciones de nube menos estrictas para determinar con mayor exactitud y considerando que son píxeles cercanos a nubes.
- Eliminar puntos sueltos: todos los grupos de X o menos puntos de nube, agua y sombra son marcados como terreno. El valor de X depende de cada superficie. Del mismo modo los grupos reducidos de puntos de terreno son marcados con el valor que indica aquella superficie que los rodea, ya sea nube, agua o sombra.
- Expandir puntos: Se expanden todos los grupos de nube y sombra en X píxeles, para añadir a la máscara los puntos contiguos ya que muy probablemente estarán también afectados por el efecto del vapor de agua. (X=3 en general).

RESULTADOS

Los resultados mostrados a continuación permiten observar la mejora obtenida por el nuevo algoritmo basado en la optimización del ACCA. Asimismo muestran los problemas que tienen ambos algoritmos, y las dificultades que todavía existen en las imágenes procesadas.

El ejemplo de la figura 4 (a1, c1) muestra un caso en que ambos algoritmos obtienen resultados similares. El algoritmo ACCA detecta bien las nubes aunque también detecta la carretera (zona bajo-izquierda) y otros puntos de vegetación como puntos de nube. El algoritmo propuesto por EOLAB detecta a parte de las nubes, las zonas de vegetación de alta reflectividad como nubes. Por lo tanto, se demuestra que el hecho de expandir los puntos de nube hace que el resultado sea más fiable. En el caso de la figura 4 (a2, c2), el algoritmo ACCA detecta las zonas urbanas como puntos de nube cuando no lo son. En cambio, las

mejoras introducidas en nuestro algoritmo permiten distinguir claramente entre las zonas de nube y zonas urbanas, produciéndose pocos errores de detección.

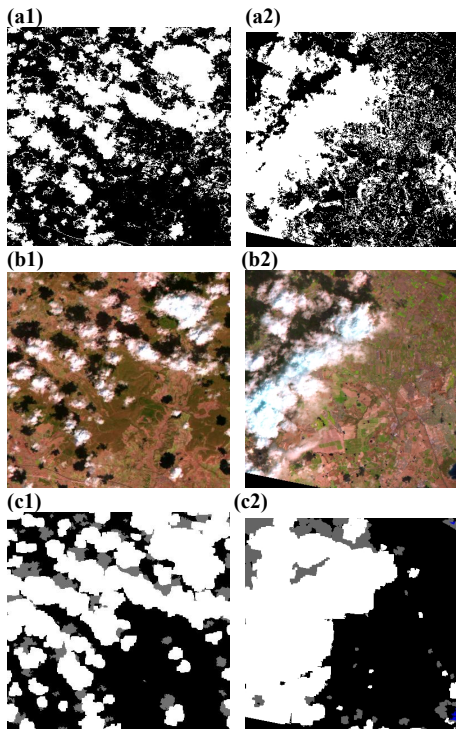


Figura 4.- Comparación de los resultados obtenidos del algoritmo ACCA y el optimizado por EOLAB. (a1, a2) Algoritmo ACCA, (b1, b2) bandas R=TM5, G=TM4, B=TM3 y (c1, c2) Algoritmo EOLAB.

La figura 4 (a3, c3) muestra que el algoritmo detecta las nubes presentes en la escena, salvo en la zona inferior izquierda que no es capaz de detectar la nube en su totalidad. Este caso es de especial complejidad dado que esas nubes son débiles y además están situadas sobre terreno montañoso, que hace más difícil el contraste entre nube y suelo. El algoritmo ACCA apenas distingue entre unas zonas y otras, siendo poco fiable en estos casos. Por último, la figura 4 (b4) representa la imagen Landsat sobre una zona extensa de agricultura y un núcleo de población donde no hay ninguna nube presente en la escena. El algoritmo ACCA detecta erróneamente puntos de la imagen como nubes, especialmente las zonas de vegetación de alta reflectividad y en la zona urbana (figura 4 (a4)). En cambio el algoritmo que proponemos no detecta ningún punto como nube, y únicamente

marca las dos zonas de agua que cumplen la condición de grupo mínimo de píxeles (fig4.c4).

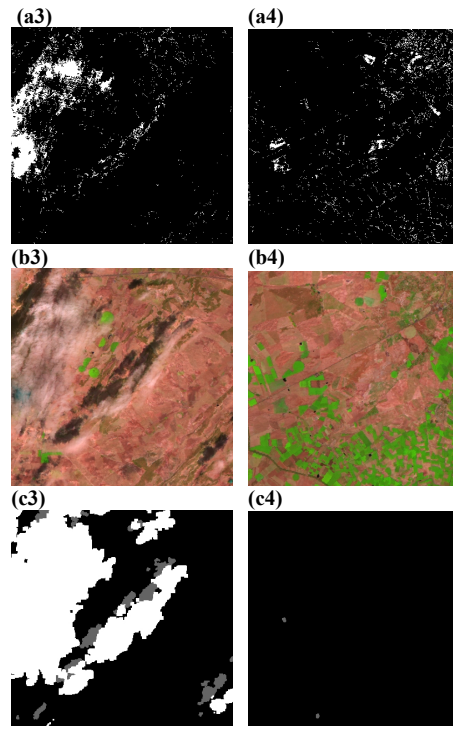


Figura 4.- Continuación.

CONCLUSIONES

El algoritmo desarrollado por EOLAB basado en la optimización del ACCA para la detección en imágenes de Landsat de nubes, sombras y agua ha demostrado ser fiable y resuelve las limitaciones observadas en el ACCA. La metodología propuesta ha sido fundamentalmente enfocada hacia el estudio de la continuidad espacial y temporal de las imágenes Landsat, y la aplicación de los filtros basándonos en los ya propuestos por el algoritmo ACCA.

BIBLIOGRAFÍA

Irish, R. I. 2000. Landsat7 automatic cloud cover assessment: Algorithms for multispectral, hyperspectral, and ultraspectral imagery. *Proceedings of SPIE*, 4049, 348-355.
 Ju, J. and Roy, D. P. 2008. The availability of cloud-free Landsat ETM+ data over the conterminous United States and globally. *Remote Sensing of Environment*, 112, 1196-1211.