

DETECCIÓN DE NUBES MEDIANTE IMÁGENES NOAA AVHRR

H. FLORES y J. M. BALDASANO

baldasano@pe.upc.es

Departamento de Proyectos de Ingeniería
Universidad Politécnica de Cataluña
Av. Diagonal 647, Barcelona

RESUMEN: En el presente trabajo se aplica un algoritmo para detectar diferentes tipos de nubes, y discriminar entre nubes, superficies cubiertas de nieve y el suelo, a través de datos de imágenes de satélites. Para ello se emplea una técnica multiespectral usando los canales; 1 (0.63 μm), 3 (3.74 μm) y 4 (10.8 μm) de imágenes diurnas NOAA AVHRR. El algoritmo de detección consiste en la aplicación de cuatro test. La primera hipótesis consiste en asumir que las nubes son mas frías que la superficie terrestre, excepto en condiciones de inversión térmica atmosférica. Tomando en cuenta esta característica se definen unos umbrales que permiten la clasificación de nubes dentro de tres categorías: bajas, medias y altas. El primer test identifica nubes altas, el segundo es un procedimiento general de detección de nubes, el tercero separa las altas reflectividades de las nubes y la nieve respecto del suelo y el último test separa la nieve de las nubes. Esta metodología se aplicó a imágenes NOAA obtenidas por el Servei Meteorològic de Catalunya mediante un receptor Dartcom HRPT System. De acuerdo a chequeos visuales, se obtiene una eficiencia cerca del 100% de identificación de nubes en condiciones de superficies sin nieve.

ABSTRACT: In this paper the authors evaluate a method for discriminating between clouds, snow-covered land and snow free land in satellite image data. The multispectral technique uses daytime images of NOAA AVHRR channels 1 (0.63 μm), 3 (3.74 μm) and 4 (10.8 μm). The cloud detection algorithm consists in four tests. The first assumption is that cloud normally are colder than the surface, except in atmospheric inversion conditions. By taking advantage of this condition, a different threshold is established to grouping clouds into three classes, low, middle and high. The first test identifies cold clouds tops, the second test is for general cloud detection, the third test separates highly clouds, snow and ice from snow-free land surfaces, the fourth test separates snow and ice from clouds. Work was carried out with NOAA images captured by the receiving station belonging to the Servei Meteorològic de Catalunya, using a Dartcom HRPT system. According to a visual check of the efficiency of cloud identification, nearly 100% were detected under snow-free conditions.

Palabras clave: NOAA, AVHRR, nubes, multiespectral

INTRODUCCIÓN

Las nubes juegan un papel importante en la dinámica atmosférica, ellas influyen en el equilibrio radiativo y constituyen el primer controlador de la temperatura a través de su efecto en la insolación, por lo cual son responsables de algunos procesos térmicos locales.

La importancia de contar con algoritmos precisos de detección de nubes se puso de manifiesto cuando en julio de 1983, el World Climate Research Program, lanza el International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) (Schiffer and Rossow, 1983), con la finalidad de establecer las características climatológicas de las nubes, su distribución tanto geográfica como estacional, su identificación, cuantificación y clasificación, tanto para la medición como para la aplicación de modelos

climáticos. La identificación y clasificación de nubes a través de imágenes de satélites también puede ser usada como datos de entrada para la aplicación de modelos regionales de calidad de aire (McNider *et al.*, 1997).

TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE NUBES

Básicamente se pueden definir tres tipos de técnicas: espectrales, espaciales y temporales.

1. Espectrales

—Utilizan las características espectrales de la superficie terrestre y las nubes, tanto para establecer umbrales de temperatura como diferencias de absorción (Peura, 1996).

- Hacen uso de la diferencia de temperatura entre las nubes y el suelo, empleando para ello distintos canales tanto del visible como del infrarrojo (Baum *et al.*, 1999).
- Reflectividad: presentan signaturas fuertes, dependen del ángulo zénital solar, y emplean por lo general los canales 1, 3 y 4 (Karlsson, 1989; Laine *et al.*, 1999)
- Emisividad: presentan signaturas débiles, tienen aplicación nocturna y emplean los canales 3, 4 y 5 (García-Pertierra, 1996).

2. Espaciales

- Realizan un análisis de coherencia espacial entre píxeles de la imagen.
- Emplean técnicas de detección de cambios, de reconocimiento de patrones y de máxima verosimilitud (Lubin *et al.*, 1997).

3. Temporales

- Utilizan series temporales para establecer una temperatura base o un umbral de temperatura de brillo.

Duchon *et al.* (1999) propone un método para estimar el tipo de nube presente en una región durante el día, empleando para ello las series temporales de irradiación de los piranómetros, estas mediciones naturalmente integran el efecto de las nubes, pero se presentan como una técnica alternativa cuando no se dispone de imágenes de satélites ni de observadores.

IMÁGENES DE SATÉLITE

Se emplearon imágenes de satélite de órbita polar NOAA AVHRR. La resolución espacial de estas imágenes es de 1.1 km en el nadir. Las bandas espectrales (longitud de ondas en micras) del sensor AVHRR que van del canal 1 al canal 5 son respectivamente 0.58-0.68, 0.72-1.10, 3.55-3.93, 10.3-11.3, y 11.5-12.5. Estas imágenes fueron captadas por la estación receptora del Servei Meteorològic de Catalunya, mediante un receptor Dartcom HRPT system.

En cuanto a la resolución temporal, se pueden obtener hasta tres imágenes diarias (alrededor de las 7.30, 14.30 y 19.30 horas LST) con el paso consecutivo de dos satélites NOAA. En este estudio, por cuestiones técnicas solo estuvieron disponibles las imágenes correspondientes a las 14.30 horas (NOAA-14).

La cabecera de las imágenes proporciona información acerca del satélite, fecha y hora de adquisición, canal del receptor y los coeficientes de calibración. La calibración de la imagen es de tipo lineal, y según se trate del canal visible proporcionan el albedo o si es el canal

infrarrojo térmico proporciona información de la temperatura.

PROCEDIMIENTO OPERATIVO

El procedimiento consiste en realizar una serie de test a tres bandas de la imagen NOAA AVHRR, específicamente la 1, 3 y 4 de manera de establecer unos umbrales adecuados para la identificación de los distintos tipos de nubes.

En términos generales, la detección de nubes a través de imágenes de satélite depende del contraste entre las nubes y el fondo. En la banda visible este contraste es en términos de diferencias de reflectividades, mientras que en el infrarrojo es en términos de diferencia de temperaturas de brillo que incluyen tanto los efectos de reflectividad como de emisión térmica.

Una técnica sencilla y rápida para la detección de nubes, consiste en la evaluación de la radiancia y la aplicación de umbrales predeterminados entre los distintos canales del sensor AVHRR, lo cual permite discriminar entre distintos tipos de superficie (suelo, mar, nieve, etc.) y nubes. Allen *et al.* (1990) y Laine *et al.* (1999), desarrollan y evalúan algoritmos para discriminar entre nubes, nieve y superficie terrestre utilizando una técnica multispectral a partir de los canales 1, 3 y 4 del sensor AVHRR NOAA.

Para la detección de las nubes se empleó el algoritmo desarrollado por Laine *et al.* (1999), el cual por medio de la reflectividad del canal 1 (R_1) y la temperatura de brillo de los canales 3 y 4 (T_3 y T_4 respectivamente) permite separar nubes, nieve y suelo, el procedimiento consiste básicamente en la aplicación de cuatro test.

La primera hipótesis considera que normalmente las nubes son más frías que el suelo, excepto en condiciones de inversión térmica atmosférica. Aprovechando esta condición, las nubes frías ubicadas en las capas altas de la atmósfera pueden ser identificadas mediante la aplicación de un valor mínimo de temperatura de brillo T_{\min} para el canal 4.

El segundo test consiste en un procedimiento general para la detección de nubes, mediante el cual a través de la aplicación de un umbral empírico de 8 K para $T_3 - T_4$, permite separar las nubes respecto del suelo y del mar.

El tercer test permite separar la alta reflectividad de las nubes y la nieve, respecto de las zonas libres de nieve y el suelo mediante la aplicación de una reflectividad mínima de 0.15 para el canal 1. El último test separa nubes respecto de hielo y nieve, utilizando el mismo principio del test 2, pero con un umbral empírico de 4 K.

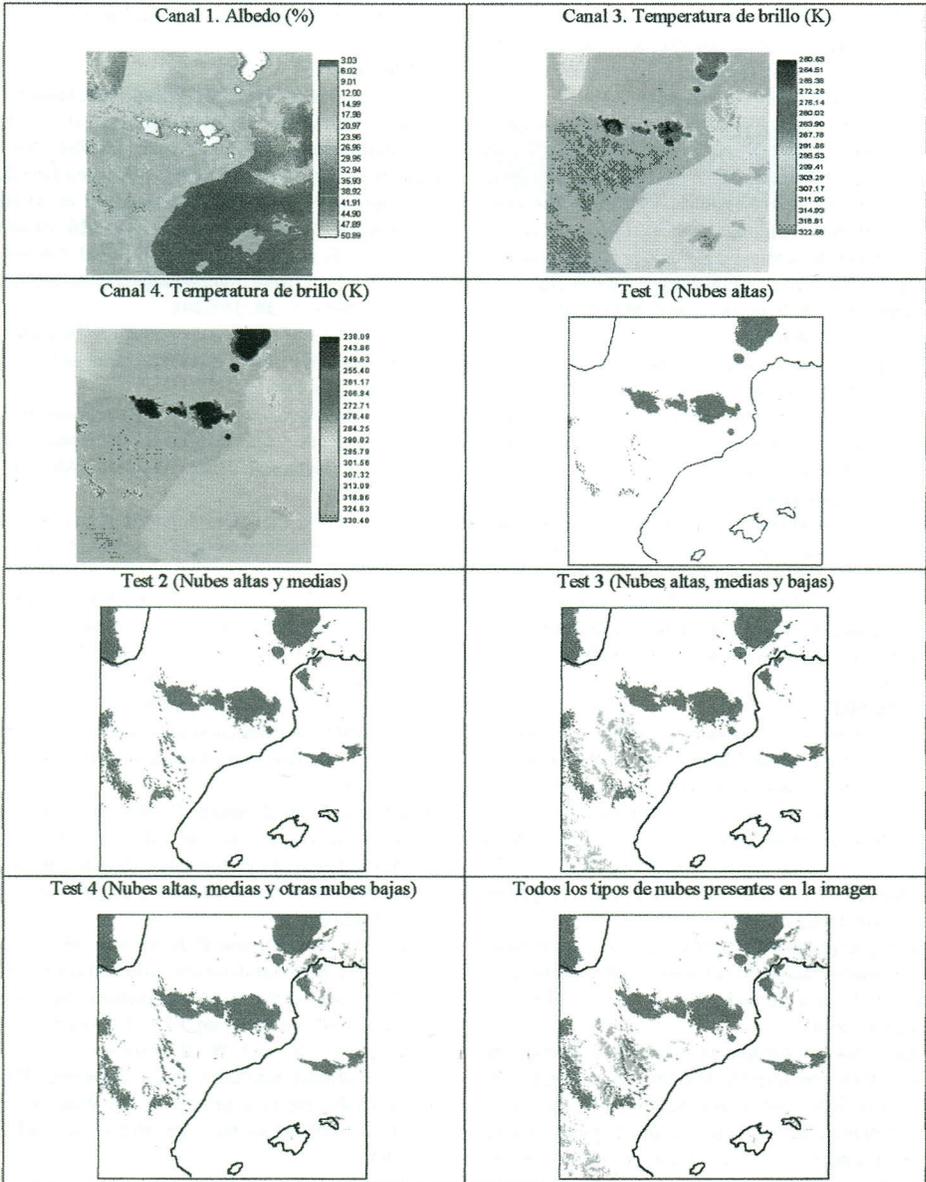


Figura 2. Ejemplo del algoritmo de detección de nubes para una imagen NOAA correspondiente al 11/08/98.
(Ver figura en color en la página 679)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Figura 2 se muestra la aplicación del algoritmo a una imagen NOAA adquirida el 11 de agosto de 1998. En esta figura se representan los canales 1, 3 y 4 del sensor AVHRR, que corresponden al albedo (%) y a las temperaturas de brillo (K) de los canales 3 y 4 respectivamente.

Cuando se aplica el test 1, las nubes altas (cirrus, cirrocumulus, etc.) son más evidentes y aparecen localizadas por la cadena montañosa de los Pirineos en la esquina superior de la imagen. Al aplicar el test 2, aparecen algunas nubes medias (altocumulus, altostratus, etc.) tanto en el Golfo de Vizcaya como en el Golfo de Lyon y sobre el mar mediterráneo.

Al aplicar el test 3 aparecen nuevamente las nubes altas y medias conjuntamente con las nubes bajas (cumulus, stratus, etc.). Estas nubes están localizadas sobre una gran extensión continental de la esquina inferior izquierda de la imagen.

El test 4 alcanza a detectar una serie de nubes bajas localizadas sobre el Golfo de Lyon, el mar Mediterráneo y las Islas Baleares, que no fueron detectadas por los test anteriores. En la última imagen se representan todos los tipos de nubes presentes. Para obtener una clasificación detallada del tipo de nubes puede aplicarse el procedimiento descrito por Karlsson (1989).

CONCLUSIÓN

El algoritmo de detección de nubes empleado resulta ser bastante bueno al discriminar con efectividad las nubes respecto del suelo, la nieve y el hielo.

En cuanto a la eficiencia de la separación e identificación de nubes respecto del suelo se obtienen valores cercanos al 100% en condiciones de ausencia de nieve, tal como los valores reportados por Laine *et al.* (1999) en circunstancias similares.

Esta técnica ha sido usada en la detección de nubes para la determinación de radiación solar superficial en Cataluña a través de imágenes de satélites (Flores y Baldasano, 2001).

Es de hacer notar que en el caso de Cataluña, únicamente en lo que respecta al centro norte de Cataluña (algunos períodos cortos durante el invierno) y a la cadena montañosa de los Pirineos (durante todo el invierno) pueden presentarse amplias zonas cubiertas de nie-

ve, por lo que en la mayoría de los casos el test 3 es suficiente para la adecuada detección de nubes.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN R., P. DURKEE, and C. H. WASH, 1990: Snow/cloud discrimination with multispectral satellite measurements. *J. Appl. Meteor.*, **29**, 994-1004.
- BAUM, B. A. and Q. TREPTE, 1999. A Grouped Threshold Approach for Scene Identification in AVHRR Imagery. *J. Atmos. Ocean. Technol.*, **16**, 793-800.
- DUCHON, C. E. and M. S. O'MALLEY, 1999. Estimating Cloud Type from Pyranometer Observations. *J. Appl. Meteor.*, **38**, 132-141.
- FLORES, H. and J. M. BALDASANO (2001), Solar Radiation Mapping from NOAA AVHRR data in Catalonia (Spain). En Prensa.
- GARCÍA-PERTIERRA, M., 1996. Clasificación nubosa (AVHRR) de noche. *IV Simposio Nacional de Predicción*. Memorial "Alfonso Ascaso", Madrid, 15-19 abril.
- KARLSSON, K. G., 1989. Development of an operational cloud classification model. *Int. J. Remote Sens.*, **10**, 687-693.
- LAINE, V., A. VENÄLÄINEN, M. HEIKINHEIMO and O. HYVÄRINEN, 1999: Estimation of Surface Solar Global Radiation from NOAA AVHRR Data in High Latitudes. *J. Appl. Meteor.*, **38**, 1706-1719.
- LUBIN, D. and E. MORROW, 1998. Evaluation of an AVHRR Cloud Detection and Classification Method over the Central Arctic Ocean. *J. Appl. Meteor.*, **37**, 166-183.
- MCNIDER, R. T., W. B. NORRIS, D. M. CASEY, J. E. PLEIM, S. J. ROSELLE AND W. M. LAPENTA, 1997. Assimilation of satellite data in regional air quality models. *Air pollution Modeling and Its Application XII*, **22**, 25-35.
- PEURA, M., A. VISA and P. KOSTAMO, 1996. A new approach to land-based cloud classification. *Proceeding of the 13th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 143-147, Vienna.
- SCHIFFER, R. A. and W. B. ROSSOW, 1983: The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP): the first project of the World Climate Research Program. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, **64**, 779-784.