

## Interpretación automática de imágenes. Mejoras en el sistema de enmascaramiento de nubes para AVHRR usando técnicas de computación conexionista

J.A. Torres (\*), A. Fernández (\*), F. Guindos (\*), M. Peralta (\*) y M. Cantón (\*)  
[jtortes@ualm.es](mailto:jtortes@ualm.es)

(\* ) G. I. Tratamiento de imágenes. Universidad de Almería. C/. Sacramento s/n. 04120 Almería

**RESUMEN:** En este trabajo se presenta un sistema de enmascaramiento de nubes en imágenes de satélite NOAA, que ha sido desarrollado a partir de un trabajo anterior de enmascaramiento automático desarrollado durante 1997 por los autores. Este nuevo modelo de enmascaramiento supone una mejora sustancial en relación al sistema inicial ya que se incluye conocimiento específico de la imagen a enmascarar dentro del sistema de enmascaramiento, y se usa un modelo de computación neuronal menos costoso desde el punto de vista computacional. Se muestran una serie de resultados del sistema en imágenes de la zona del Estrecho de Gibraltar y Mar de Alborán, Islas Canarias y zona de Cabo Verde.

**ABSTRACT:** This work is an analysis of a cloud masking system applied to AVHRR satellite images, that have been developed from a first work of automatic cloud masking developed on 1997. This new model of cloud masking increases the performance by means of the use of image dependent knowledge to modify the program parameters and an easier of compute neuronal technique. Results shown several cloud mask obtained by applying the system over AVHRR images of the Mediterranean sea, Canary Island and Cabo Verde areas.

**Palabras clave:** Teledetección, interpretación automática, redes neuronales, computación híbrida, AVHRR.

### INTRODUCCIÓN

El proceso de identificación de nubes a partir de imágenes de satélite ha sido objeto de estudio desde hace varias décadas. Shin et al. (1996) describe cuatro características generales que identifican una formación nubosa en imágenes de satélite:

1. Mayor brillo que los datos de zonas marinas.
2. Menor temperatura que los datos relativos al mar.
3. Variabilidad espacial alta.
4. Respuesta espectral diferente a la de la superficie marina.

Las aproximaciones usadas en el enmascaramiento de estructuras nubosas son dos: Las técnicas de umbralizado y las técnicas de análisis de textura de la imagen.

Las técnicas de umbralizado se basan en la búsqueda de un valor a partir del cual, se puede considerar que todo lo que haya por encima (o por debajo) de éste, son datos que pueden pertenecer a estructuras nubosas. (Simpson 1995), y (Parada 1995) usan técnicas basadas en umbrales.

Las técnicas de umbralización adolecen de algunos problemas cuando tratamos de automatizarlas:

1. Fuerte dependencia de la zona geográfica de los datos. Los valores radiométricos de las estructuras nubosas cambian en función de la zona geográfica.

2. Fuerte dependencia de la fecha de obtención de los datos. Los frentes nubosos de invierno presentan valores radiométricos distintos a los de las nubes en épocas más cálidas.

Las técnicas basadas en el análisis de texturas o coherencias usan información acerca de la variabilidad de la información contenida en una imagen para determinar si un determinado pixel pertenece o no a una estructura nubosa. Estas técnicas usan distintos tipos de características para medir la textura en una imagen:

1. Estadísticas de 2º orden de Haralick (Hung et al. 1992) que dan información sobre la entropía, la homogeneidad, etc. dentro de una imagen.
2. Medidas de varianza en la imagen como la técnica de coherencias de Coakley, et al.1986.

Las técnicas basadas en análisis de la variabilidad de la imagen presentan algunos problemas:

1. França et al.,1995 estiman que este tipo de métodos no identifican bien nubes bajas, con temperaturas cercanas a la del mar, ni tampoco frentes nubosos, con baja variabilidad térmica.
2. Las medidas de textura son lentas de procesar en computadora (de la misma forma que las medidas de variabilidad para el caso de las técnicas basadas en coherencias). Esto puede ser un problema importante a la hora de desarrollar

un proceso automatizado, por el número de cálculos a realizar.

### Resumen del método original de enmascaramiento automático de nubes

El sistema para enmascaramiento de nubes desarrollado en (Torres et al, 1997), usaba un modelo de computación basado en dos redes neuronales en cascada, que usaban información de los canales 2 y 4 del AVHRR.

El sistema estaba desarrollado en dos fases:

- ◆ Construcción de un mapa de píxeles candidatos a partir de información de la banda 4, calculando una medida de variabilidad sobre el píxel y su valor normalizado de temperatura de brillo. Esa información se pasa a través de una red neuronal con estructura de red de propagación hacia atrás y el resultado es un mapa de píxeles susceptibles de ser considerados como nubes.
- ◆ Detección de píxeles nubosos a partir del mapa de candidatos. En esta fase se analizan sólo aquellos píxeles que pertenecían al mapa de candidatos. De estos se obtiene su temperatura de brillo normalizada en los canales 2 y 4 y se pasa por una segunda red de propagación hacia atrás. El resultado es una máscara de nubes obtenida sin ajuste manual de parámetros.

Sobre el método existen, sin embargo, algunos elementos que es posible afinar.

- ◆ La expresión de la normalización de los valores digitales de la imagen incorpora dos términos que atenuan las dependencias de los datos de la estación del año y de la localización geográfica. Estos valores están tomados de manera experimental y no tienen en cuenta el tamaño de la imagen, el porcentaje de zona nubosa, y otros detalles como el tipo de nube a enmascarar.
- ◆ Un modelo con dos redes neuronales en cascada supone una importante cantidad de operaciones en coma flotante. Este problema se agudiza si analizamos la manera de calcular la salida en una red de propagación hacia atrás, en el que se producen varios cálculos de productos de matrices y la computación de funciones tangentes hiperbólicas. Cuando el tamaño de la imagen es grande este procedimiento puede volverse lento.

### Learning Vector Quantization (LVQ)

La técnica LVQ (discretización del vector de aprendizaje) es una modificación de los modelos de redes neuronales que hacen uso de aprendizaje competitivo. En dichos modelos, el entrenamiento consiste en un proceso iterativo en el que los distintos elementos de procesamiento (PE) compiten por la activación frente a una determinada entrada. El PE. ganador suele ajustar sus pesos de interconexión con la finalidad de disminuir la distancia entre el vector de entrada y el patrón al que responde. En este sentido los sistemas competitivos generan una agrupación en base a las propiedades del espacio vectorial en el que se encuentran los vectores.

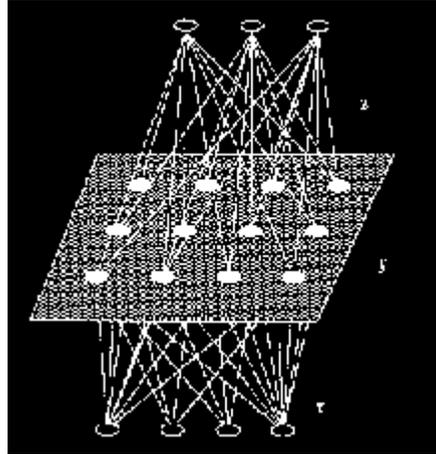


Figura 1.- Estructura de LVQ. Se aprecia el nivel Y (competitivo y autoorganizativo), y el nivel Z en el que se encuentra el conocimiento de refinado de la agrupación.

Este proceso no es directamente utilizable en algunos problemas de clasificación ya que los modelos competitivos tienden a agrupar vectores que disten poco del patrón aprendido, sin tomar en cuenta ninguna otra consideración semántica (del dominio del problema).

Con LVQ se incorpora a la red competitiva una capa de aprendizaje supervisado en el que los patrones aprendidos son reagrupados en función de las características del problema.

### METODOLOGIA

En el desarrollo de esta nueva técnica hemos puesto especial hincapié en la eliminación de parámetros obtenidos experimentalmente. En su lugar intentaremos usar algún tipo de conocimiento sobre la imagen con la que vamos a tratar,

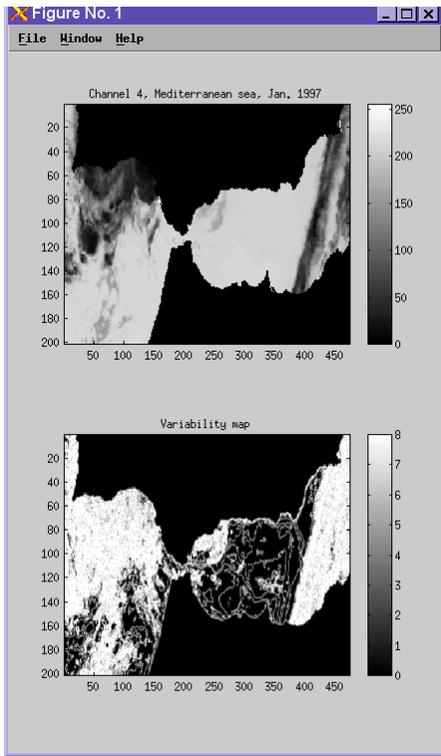
especialmente sobre sus píxeles con mayor índice de variabilidad.

El procedimiento comienza calculando los valores de variabilidad de los píxeles en los canales 2 y 4 según la expresión

$$x \equiv r^d(i, j) = \left\{ \left. \begin{array}{l} x(i, j) \neq x(k, l) \\ x(k, l) \in I_{channel} \\ \wedge \\ dist(x(i, j), x(k, l)) \leq d \end{array} \right\} \right.$$

donde  $x(k, l)$  y  $x(i, j)$  son valores de intensidad en la banda 4,  $I_{channel}$  es el canal correspondiente de la escena AVHRR sobre la que se va a realizar el proceso de enmascaramiento,  $d$  es un número que indica una distancia en píxeles y  $dist$  es una función de computo de distancia.

Esta expresión proporciona dos mapas de variabilidad (para los canales 2 y 4), que son usados para determinar un valor umbral en la imagen.



**Figura 2.-** Imagen AVHRR (canal 4) de la zona del estrecho de Gibraltar. En oscuro los valores de nubes, y, debajo, el mapa de variabilidad. Los valores más altos en blanco.

En efecto, los valores de variabilidad superiores a 5 en el canal 4, se corresponden con estructuras de extrema variabilidad (casi con toda seguridad estructuras nubosas), por lo que el sistema nos ofrece un método para determinar el umbral por debajo del cual podemos acotar los valores de las estructuras nubosas.

Un procedimiento similar puede realizarse con el canal 2, y, una vez obtenidos estos umbrales se construye un vector de características con 4 valores, definidos por las siguientes expresiones

$$\begin{aligned} v_1 &= d_2 / 8 && \text{Esta} \\ v_2 &= d_4 / 8 \\ v_3 &= 1 - \frac{u_2}{I_2} \\ v_4 &= 1 - \frac{u_4}{I_4} \end{aligned}$$

Donde  $d_i$  es el valor de variabilidad en el canal  $i$ ,  $u_i$  es el valor de umbral obtenido en el canal  $i$  e  $I_i$  es la temperatura de brillo en el canal  $i$ .

Usando este modelo se entrenó una red con estructura LVQ, a partir de 400 ejemplos. Dentro del conjunto de entrenamiento hemos incluido algunos ejemplos artificiales (que no provienen de un caso real en una imagen) que permitan eliminar determinadas combinaciones del vector de características (zonas de albedo muy alto pero con variabilidad muy baja, por ejemplo). De esta manera se inyecta conocimiento de alto nivel a la red.

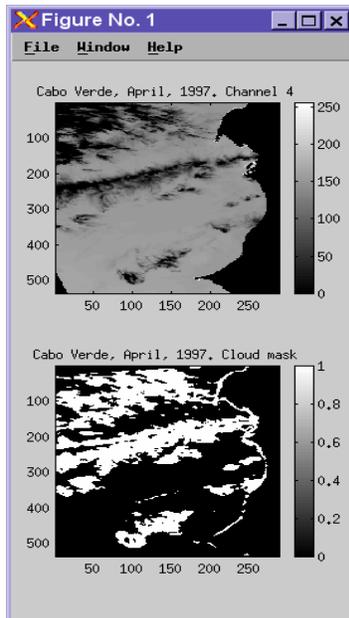
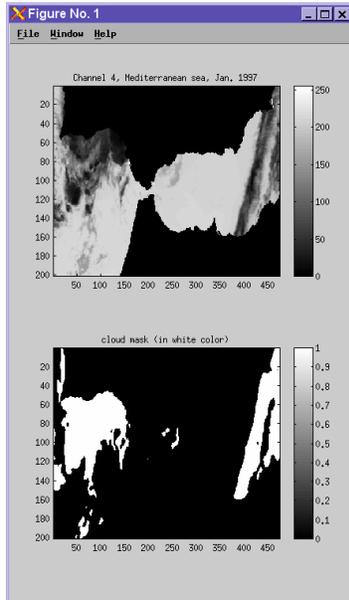
El sistema ha sido desarrollado en Matlab, con una estación de trabajo UNIX SPARC y obtiene resultados similares a los del sistema original, aunque usando una única red neuronal, y una computación más sencilla.

Para terminar, hemos incluido la red dentro de un procedimiento que calcula, para cada píxel de una escena, su vector de características, y después lo pasa por la red neuronal para determinar si es un píxel nuboso.

**RESULTADOS**

Hemos analizado el sistema con una batería de 36 imágenes obteniendo resultados en la máscara de

nubes en distintas zonas geográficas y para periodos de tiempo distintos con una precisión análoga a la obtenida usando el método de Parada, 1995. Las siguientes figuras muestran algunos de los resultados obtenidos



**Figura 3.-** Ejemplos de máscaras de nubes en la zona del Mediterraneo y Cabo Verde.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Coakley, J.A.; Bretherton, F. P., 1982, Cloud cover from high-resolution scanner data: Detecting an allowing for partially filled fields of view. *J. of Geophys. Research*, 87, 4917-4932.
- [2] França, G. B., Cracknell, A. P., 1995. A simple cloud masking approach using NOAA AVHRR daytime data for tropical areas. *Int. J. of Remote Sensing*, 9, 1697-1705.
- [3] Hung, S. L.; Cheng, A. Y. S.; Lee, V. C .S.,1992. Neural net classifier for satellite imageries. *Proceeding of the SPIE-International Society for Optical Engineering*. Vol. 1709, Iss: pt. 1 p. 269-74.
- [4] Lehar, S.; Howells, T.; Smotroff, Y., 1990. Application of Grossberg and Mingolla neural vision model to satellite weather imagery. *INNC'90*. p. 805-8.
- [5] Parada, M.,1995. Desarrollo de algoritmos para la obtención de mapas de temperatura superficial a partir de imágenes de satélite. Estudio de las estructuras oceanográficas en el Mar de Alborán y el Estrecho de Gibraltar. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- [6] Shin, D., Pollard, J. K., Muller, J. P., 1996. Cloud detection from thermal infrared images using a segmentation technique. *Int. J. of Remote sensing*, vol. 17, no. 14, 2845-2856.
- [7] Simpson, J. J.; Gobat, J. Y.,1995. Improved cloud detection for daytime AVHRR scenes over land. *Remote Sens. Env.* 55:21-49
- [8] Thiermann, V.; Ruprecht, E., 1992, A method for the detection of clouds using AVHRR infrared observations. *Int. J. of Remote Sensing*, 13, 1829-1841.
- [9] Torres, J. A., Guindos, F., Peralta, M., Fernandez, A. Cantón, M, Parada, M. García, L., Tejera, A. 1997. "Enmascaramiento automático de estructuras nubosa en imágenes de satélite AVHRR usando modelos de computacion neuronal". VIII, SELPER. Merida, Venezuela.

#### AGRADECIMIENTOS

A los doctores Luis García Weil y Antonio Juan Ramos de los departamentos de Física Aplicada y de Biología, de la Universidad de Las Palmas por la selección de las imágenes para su procesamiento.

Este trabajo ha sido realizado con la financiación del proyecto CICYT. MAR97-0464-C04.