

INFORMACIÓN TÉRMICA Y VISIBLE DEL SENSOR AVHRR PARA EL ESTUDIO DE LAS FLORACIONES TÓXICAS EN LAS COSTAS GALLEGAS.

J.A. Triñanes, A. Tobar, I. Sordo y J. Arias

Laboratorio de Sistemas. Dpto. Electrónica e Computación. Facultad de Física. Campus Sur. 15706 Santiago de Compostela.

RESUMEN

En este artículo presentamos la configuración de un sistema de información basado en teledetección, relacionado con la detección y prevención de las denominadas "mareas rojas". Hacemos también, una introducción acerca de los procesados sobre las imágenes recibidas, uno de ellos sobre las banda visible 1 y la del infrarrojo cercano 2 del sensor AVHRR. Finalmente, describimos el software de visualización y postprocesado de las imágenes enviadas desde nuestro centro de recepción y procesado hasta el organismo encargado del estudio del fenómeno tóxico. Este software ha sido diseñado específicamente para tal fin.

INTRODUCCIÓN

Desde 1991, el Laboratorio de Sistemas ha venido colaborando con el Centro de Control de Calidad del Medio Mariño (CCCMM) en el desarrollo de una estrategia conjunta de control de los efectos de las floraciones tóxicas que periódicamente producen graves pérdidas económicas en el sector marisquero de las rías gallegas. Esta colaboración se ha dividido en dos partes bien definidas. Por un lado, un trabajo conjunto en el estudio de las condiciones que favorecen la presencia de este fenómeno dentro de las rías, su persistencia y su eliminación. En esta etapa se está trabajando con modelos de circulación (POM), así como en el desarrollo bajo ArcView de aplicaciones específicas que permiten la visualización y el análisis de las medidas llevadas a cabo periódicamente por los biólogos. En el otro extremo y centrándonos en el objetivo de este artículo se encuentra el estudio de la dinámica oceánica mesoescalar fuera de la zona de estuarios. Junto a las consideraciones meteorológicas, la evolución de la masa de agua condiciona de manera importante la evolución de la marea roja, principalmente en aquellas fechas en las que hay más probabilidades de que se produzca.

DESCRIPCIÓN

La Figura 1 muestra la interacción existente entre ambos laboratorios.

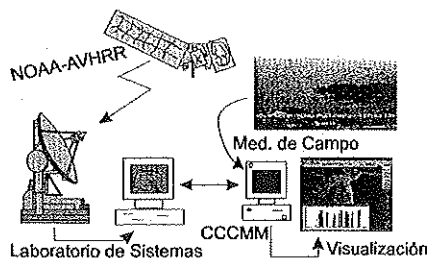


Figura 1. Descripción del sistema.

Por un lado, nuestro laboratorio proporciona a CCCMM datos de temperatura superficial, dinámica así como un nuevo producto denominado índice suspensión, que describiremos más adelante. En el sentido opuesto, el CCCMM nos proporciona datos en tiempo real de las medidas que rutinariamente son adquiridas dentro de las rías.

METODOLOGÍA

Los datos recibidos en nuestra estación receptora HRPT son procesadas en tiempo real de tal manera que los productos finales son obtenidos apenas 5 minutos después de que el pase haya finalizado. Se han implementado rutinas de procesado que automáticamente operan sobre la imagen y extraen los diversos productos secuencialmente. Hasta hace menos de un año, los datos eran transmitidos telefónicamente vía módem. Este proceso estaba automatizado mediante un script que operaba bajo el macrolenguaje Expect. En la actualidad, los datos están accesibles para el CCCMM a través de Internet en formato comprimido, disminuyendo de esta manera el tiempo necesario de transferencia.

El tipo de datos enviados son de 2 tipos: imágenes SST e imágenes del que hemos denominado índice de suspensión (IS). Para extraer la información térmica empleamos los típicos algoritmos "split-window" para pases diurnos y "triple-window" para los nocturnos.

El IS está relacionado con la diferencia de reflectancia del agua en las bandas espectrales 1 (roja) y 2 (infrarrojo cercano) del sensor AVHRR. En aguas relativamente limpias, alejadas de la desembocadura de los principales ríos, cualquier aumento significativo de la señal

puede deberse a concentraciones significativas de materia orgánica, quizás de naturaleza tóxica. Para zonas de reflexión especular del sol ("sun-glint") la relación entre ambas bandas es cercana a la unidad, mientras que se mantiene bastante por debajo de este valor para zonas de turbidez de aguas. Del análisis de la resolución espectral de ambas bandas está claro que no son las más apropiadas para el estudio de un fenómeno de estas características. Se encuentran alejadas de los rangos óptimos y además son demasiado anchas para estudios precisos. Pero desde nuestro punto de vista, el IS puede ser de gran utilidad para detectar concentraciones medias-altas de materia suspendida aunque no proporcione idea alguna acerca de la naturaleza tóxica de la misma.

El cómputo del IS se lleva a cabo mediante la ecuación siguiente[1],

$$IS = G * \left(ND_1 - \frac{ND_2}{C_{21}} \right) - A * G * \left(\frac{(p - 1024.5)}{1024} \right)^2 + O$$

donde ND₁ y ND₂ son los niveles digitales de la banda 1 y 2 respectivamente, G es un factor de ganancia, p es el número de pixel en la línea y el segundo término de la ecuación sirve de término corrector para los píxeles situados fuera del nódulo del satélite. C₂₁ representa la relación entre la reflectancia en la banda 2 y la de la banda 1 para las zonas de "sun-glint", propiciando la eliminación de estas zonas. El factor O es un valor de desplazamiento que permite que para zonas de aguas claras los valores obtenidos sean positivos. Una imagen típica se muestra a continuación,



Figura 2. Imagen de IS del día 30 de marzo de 1997.

HERRAMIENTAS SOFTWARE

La visualización de los datos enviados han exigido el desarrollo de herramientas de análisis adecuadas. Bajo Windows95 y de acuerdo a las especificaciones del usuario final hemos desarrollado un software que permite al biólogo

estudiar detalladamente las imágenes térmicas y de IS. Con el objetivo de acelerar las rutinas gráficas y de procesado de datos, todas las funciones han sido implementadas mediante DLLs. El interface de usuario se muestra en la Figura 3.

Las funciones implementadas son las siguientes:

a) Cambio de paleta de color. Las imágenes se pueden visualizar tanto en niveles de grises como en color. En ambos casos el usuario puede modificar sencillamente la paleta, ecualizarla, invertirla, señalar los niveles mínimo y/o máximo de la imagen entre los que se operará y, finalmente, elegir un determinado intervalo o paso de color. Estas tareas se realizan rápidamente y permite al usuario asignar la misma paleta de color a diferentes imágenes para visualizarlas en secuencia.

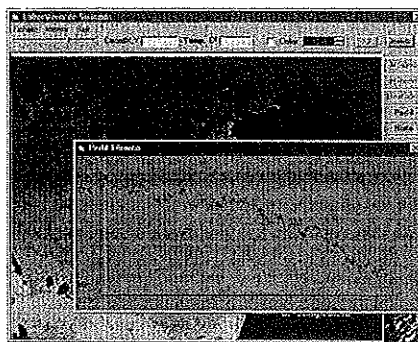


Figura 3. Interface de usuario.

b) Edición de características. El operador puede editar un fichero asociado a la imagen que puede ser empleado para describir los rasgos más significativos de la misma. Asimismo, puede ser empleado por nosotros para añadir comentarios acerca de cualquier aspecto que consideremos de importancia.

c) Visualización de perfiles. Con esta funcionalidad el usuario puede visualizar el perfil de temperaturas entre los extremos de una recta, permitiendo estudios de variabilidad térmica espacial. Importante para el estudio de la intensidad del afloramiento estival.

d) Información batimétrica. En cada movimiento del ratón se muestra información de la profundidad en esas coordenadas. Estos datos han sido extraídos del fichero etop05 e implementados en un formato accesible al programa.

e) Histograma. En una ventana aparte se muestra el histograma de la imagen de temperaturas.

Permite especificar el intervalo de representación.

f) Impresión. La imagen con el fichero de anotación asociado pueden ser impresas en un formato predeterminado. La impresión puede realizarse tanto en color como en escala de grises, empleando la paleta actual en cada caso.

g) Finalmente e implementado en la última versión del programa, ya finalizada, hemos añadido un módulo de visualización de movimiento. Las floraciones tóxicas suelen tener lugar bajo condiciones meteorológicas y oceanográficas favorables. Estas suelen ser aguas tranquilas, baja salinidad, termoclina poco profunda,... El modo de propagación más normal suele ser en el seno de una masa de agua en movimiento. Esta última funcionalidad del software nos permite conocer el patrón general de velocidades de la capa superior. El algoritmo de procesado es el bien conocido de la búsqueda del máximo de la correlación cruzada (MCC) en el dominio espacial[3][4]. Este algoritmo está basado en la búsqueda de la correlación máxima de una ventana de la primera imagen, denominada ventana patrón, en otra de la segunda imagen denominada ventana de búsqueda. Por lo general la elección del tamaño de la ventana de búsqueda depende de la dinámica de la zona y del intervalo temporal entre imágenes sucesivas. Dado el corto intervalo temporal entre imágenes podemos deducir que los procesos físicos no advectivos que afectan a la capa superficial del mar como difusión e intercambio atmosférico pueden ser despreciados y así, el método MCC producirá buenos resultados para el estudio de la dinámica costera gallega.

Sobre los resultados finales aplicamos un filtro de la mediana. El suavizado que impone este filtro permite aplicar la suposición de que los movimientos de la superficie del océano son localmente coherentes en dirección. Este filtrado se lleva a cabo sobre aquellos vectores con un valor de correlación cruzada superior o igual a un umbral situado en 0.7, un nivel relativamente alto para el que se acostumbra a encontrar en la literatura pero que a nosotros nos proporciona buenos resultados. Así se hace un primer filtrado de los vectores obtenidos, eliminando aquellos que peor comportamiento tienen. Se han propuesto diversos tests de significancia para la estimación del umbral de correlación cruzada más apropiado para calcular las velocidades advectivas. Básicamente, estos métodos están basados en la medida de la probabilidad de que los coeficientes de correlación cruzada sean elevados para imágenes no correlacionadas

mediante muestreo aleatorio. Todos ellos proporcionan máximos de correlación sensiblemente menores que el aquí empleado, lo que apoya la bondad de nuestra medida.

La Figura 4 muestra los vectores de movimiento superpuestos sobre una imagen SST. Las zonas desprovistas de vectores corresponden a zonas nubosas en una o ambas imágenes sobre las cuales el algoritmo no aplica el proceso. También pueden corresponder a zonas con bajos valores de correlación o áreas con vectores que no verifican el test de coherencia espacial.

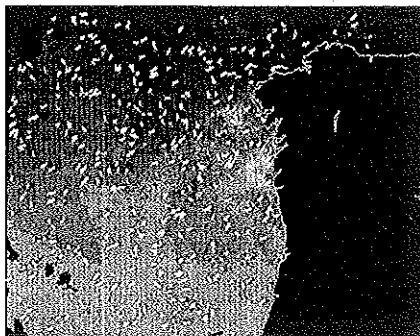


Figura 4. Movimiento de la masa de agua superficial con un intervalo de 9 horas el día 30 de marzo de 1997.

CONCLUSIÓN

De lo anterior se concluye que como complemento a las medidas in situ dentro de las rías llevadas a cabo por el CCCMM, los datos proporcionados por nuestro laboratorio pueden ser de gran utilidad para el estudio del mecanismo de formación de las floraciones tóxicas. La falta de información fuera de la zona de rías ha sido suplida por un aporte diario en tiempo real, siempre que las condiciones nubosas lo permitan. El próximo lanzamiento (previsto en estos momentos para el 9 de julio) del sensor SeaWiFS presumiblemente nos permitirá obtener información precisa de la dinámica de producción primaria. Nuestra estación ha sido autorizada y tiene la capacidad para recibir los datos procedentes del SeaStar pero mientras el uso regular a bajo coste de los datos de color de ese u otros satélites no se produzca, los mapas de IS pueden ser una solución alternativa barata y de fácil extracción. Junto con las imágenes SST y, consiguientemente, la información relacionada con la dinámica de las masas de agua, los efectos de las mareas rojas sobre la economía local quizás puedan ser reducidos en alguna medida.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J.F.R. Gower, "Red Tide Monitoring Using AVHRR HRPT Imagery from A Local Receiver", *Remote Sens. Environ.* 48:309-318 (1994).
- [2] R.P. Stumpf y M.A. Tyler, "Satellite Detection of Bloom and Pigment Distributions in Estuaires". *Remote Sens. Environ.* 24:385-404 (1988).
- [3] X. Qing, D. Pairman, S.J.MacNeill y E.J.Barnes, "Computing Advective Velocities from Satellite Images of Sea Surface Temperature". *IEEE Trans. Geosci. And Remote Sensing.* 30:166-175 (1992).
- [4] R. Tokmakian, P.T. Strub y J.McClean-Padman, "Evaluation of the Maximum Cross-Correlation Method of Estimating Sea Surface Velocities from Sequential Satellite Images", *J.Atmos. Oceanic Tech.* 7:852-865 (1990).