

## DETECCIÓN DE BARCOS EN IMÁGENES SAR BASADA EN CRITERIOS ESTADÍSTICOS

Marivi Tello, Carlos López-Martínez, Jordi Mallorquí y Antoni Broquetas  
[toni@tsc.upc.es](mailto:toni@tsc.upc.es)

*Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)  
Dept. Teoria del Senyal i Comunicacions (TSC)  
Campus Nord UPC D3-211  
Jordi Girona 1-3, 08034 Barcelona, Spain*

### RESUMEN

El Vessel Monitoring System (VMS) o sistema de monitorización de barcos es un instrumento que debe instalarse en todos los barcos pesqueros cuya longitud exceda los 20 metros y que es empleado por la Unión Europea para controlar sus actividades. Si su funcionamiento es el previsto, este sistema proporciona la posición del barco, pero en muchos casos, en barcos sin licencia o en barcos en los que no funciona correctamente el equipo de monitorización, la presencia del barco no puede ser identificada. Por ello, el objetivo del proyecto IMPAST (Improving Fisheries Monitoring by Integrating Passive and Active Satellite Technologies) es desarrollar un sistema que combine la información procedente de imágenes tomadas por satélite, en particular por un radar de apertura sintética (SAR), y la procedente de VMS, con el fin de mejorar la monitorización de los pesqueros. En este contexto se ha realizado un estudio de las técnicas de filtrado aplicadas a imágenes SAR, con el fin de mejorar la detección de barcos pesqueros, la comunicación presenta los resultados obtenidos con el filtro de Lee y la propuesta de un nuevo método de detección, basado en un parámetro estadístico.

### ABSTRACT

The Vessel Monitoring System (VMS) is a tool that should be installed in every fishing vessel exceeding 20 meters, used by the European Community to control their activities. In principle, this system allows to obtain the position of the vessel, but in some cases, particularly in not licensed vessels, or in ships where the monitoring equipment is not working correctly, the presence of the ship cannot be identified. Thus, the aim of project IMPAST (Improving Fisheries Monitoring by Integrating Passive and Active Satellite Technologies) is to develop a pre-operational system which will combine information from satellite imagery, specifically synthetic aperture radar (SAR) and VMS together to improve fisheries monitoring and control. In this context the impact on ship detection using several filtering techniques on the SAR image has been assessed. The paper presents an experimental study of the ship detection improvement using the Lee filter. Then, a new method of detection, based on a statistical parameter, is presented.

**Palabras clave:** SAR, 'speckle', filtrado, detección de barcos.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de radar de apertura sintética (SAR) constituyen una herramienta muy útil de observación de superficies terrestres, con independencia de la meteorología y del ciclo día-noche. No obstante, la interpretación de la información contenida en datos SAR y, en particular, la intensidad de la reflectividad de la superficie observada es, en algunas ocasiones, en extremo complicada. En efecto, la no homogeneidad

de la imagen reduce la detectabilidad de objetos. Por otra parte, en el caso de observación de barcos, la resolución de las imágenes SAR, hace que un barco ocupe muy pocos píxeles (en casos extremos para las imágenes que se usarán en este artículo, 3 píxeles). En estas condiciones, el objetivo de la aplicación de técnicas de filtrado es reducir este ruido para mejorar los resultados de los algoritmos de detección, utilizados posteriormente. Después de realizar pruebas con distintos filtros, como el de la media, de la mediana, Kuan, sigma, Frost y Gamma,

los mejores resultados se obtienen con el filtro de Lee.

En este artículo, se observará el efecto del filtrado de Lee y, a partir de ahí, se realizará un estudio para la obtención de un parámetro estadístico que permita resaltar los barcos, facilitando su detección.

#### PRINCIPIOS DEL FILTRO DE LEE

Consideraremos que la imagen de amplitud SAR  $z(m,n)$  afectada de ruido de 'speckle' puede expresarse a partir de una imagen libre de ruido  $x(m,n)$  y el ruido multiplicativo  $v(m,n)$ . Con esto, se obtiene la relación:

$$z(m,n) = x(m,n)v(m,n)$$

El ruido  $v$  se considera independiente de  $x$  y se obtiene su desviación estándar normalizada como:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\text{var}(z)}}{\bar{z}}$$

donde  $\sqrt{\text{var}(z)}$  y  $\bar{z}$  son la desviación estándar y la media de la zona homogénea respectivamente.

En el filtrado de Lee (Lee 1980), la media y la varianza de la señal original se estiman localmente en una ventana de tamaño reducido con el fin de adaptarse a la heterogeneidad de la imagen. En particular, se aproxima la media de la imagen original por la media local de la ventana aplicada a la imagen. Por otra parte, aplicando la definición de desviación estándar a  $z$ , puesto que  $z$  es el producto de  $x$  y  $v$ , se puede aislar de la expresión de la desviación de  $z$  la desviación estándar de  $x$  como:

$$\text{var}(x) = \frac{\text{var}(z) + \bar{z}^2}{\sigma + 1} - \bar{x}^2$$

En esta ecuación,  $\bar{z}$  y  $\text{var}(z)$  se estiman a partir de la media y la varianza de la ventana local aplicada a la imagen afectada por ruido 'speckle'. Mediante el filtrado de Lee, se obtiene un estimador de  $x$  que minimiza el error cuadrático medio y que se calcula mediante la expresión:

$$x = \bar{z} + k (z - \bar{z})$$

Con el factor lineal:

$$k = \frac{\text{var}(x)}{x^2 \sigma^2 + \text{var}(x)}$$

#### RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se dispone de un conjunto de imágenes de tipo SGF (SAR Georeferenced Fine) del satélite RADARSAT de una zona del mar Cantábrico. Aunque el algoritmo se aplica a la imagen completa, para observar mejor los efectos del filtro, se trabajará con fragmentos de la imagen original que se muestra en la Figura 1.

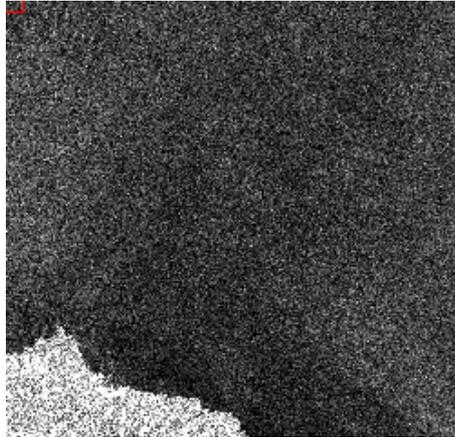


Figura 1.- Imagen RADARSAT completa.

La Figura 2 muestra un fragmento de la imagen de 250 x 250 píxeles, que presenta un barco en el centro.

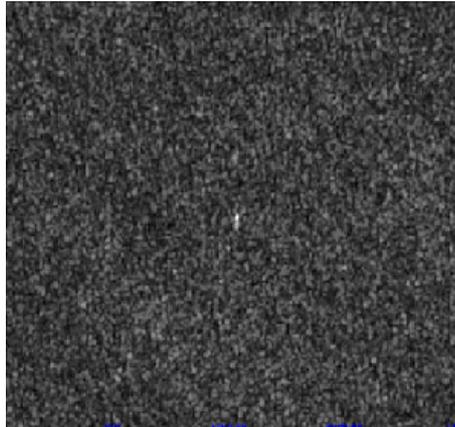
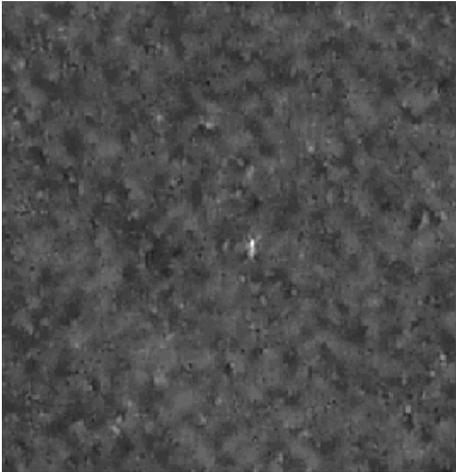


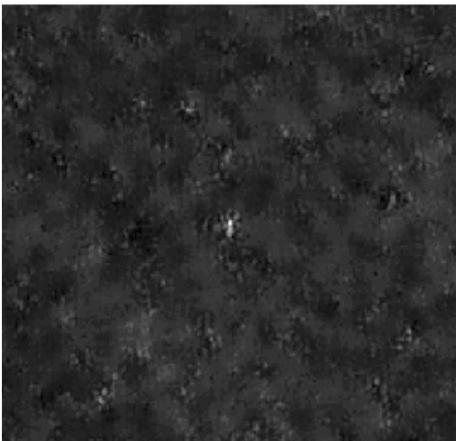
Figura 2.- Fragmento de la imagen original (250 x 250 px).

Aplicamos un filtrado de Lee, variando la dimensión de la ventana utilizada y se observa un aumento del contraste entre el barco y el fondo de la imagen. En las Figuras 3 y 4, se presentan las imágenes filtradas con ventanas de  $7 \times 7$  y  $11 \times 11$  respectivamente.



**Figura 3.-** Fragmento de la imagen original después de filtrado Lee con ventana  $7 \times 7$ .

En la Figura 3, se observa una disminución del ruido de fondo de la imagen, respecto a la intensidad de los píxeles correspondientes al barco. En la Figura 4, aumentando la dimensión de la ventana, el barco resalta aún más del fondo.



**Figura 4.-** Fragmento de la imagen original después de filtrado Lee con ventana  $11 \times 11$ .

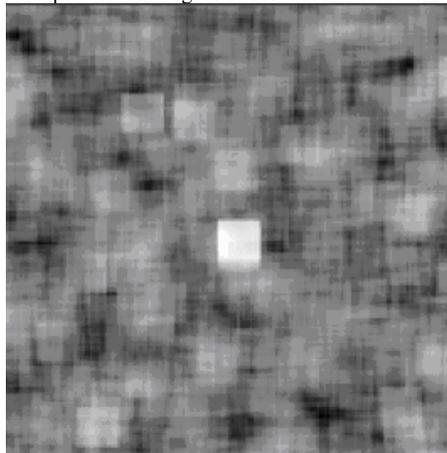
Cuantitativamente, en el fragmento de imagen sin filtrar, el nivel de intensidad de los píxeles correspondientes al barco es aproximadamente el triple del mar, mientras que en el fragmento de imagen filtrado con filtro Lee con ventana  $11 \times 11$ , el nivel de intensidad de los píxeles correspondientes al barco es aproximadamente 7 veces superior al nivel del fondo. Por otra parte, el filtrado elimina picos de intensidad que podrían producir falsas alarmas en una detección posterior.

#### DETECCIÓN DE BARCOS BASADA EN UN PARÁMETRO ESTADÍSTICO

Intuitivamente, la acción del filtro de Lee se puede explicar de la siguiente manera: en zonas homogéneas, la varianza de la señal original tiende a 0 y por ello la estimación tiende a la media local. En zonas heterogéneas, la varianza de la imagen original es elevada, debido a la heterogeneidad de la imagen. En este caso,  $k$  tiende a 1 y la estimación se aproxima por el valor de  $z$ .

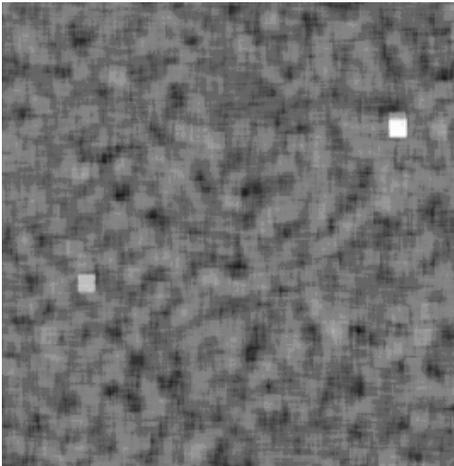
Partiendo del hecho de que el mar presenta unas variaciones aleatorias, a diferencia de la naturaleza determinista del barco, se ha estudiado el empleo del factor lineal  $k$  para la detección del blanco. Este factor lineal será aproximadamente nulo en el mar e incrementará su valor cuando la ventana de análisis contenga un blanco. Por otra parte, destacar que el margen de variación de este parámetro se encuentra entre 0 y 1 y esto independientemente del margen dinámico de la imagen.

En la Figura 5, se presenta el parámetro  $k$  de la porción de imagen anterior:



**Figura 5.-** Parámetro  $k$  de la porción de imagen anterior (ventana  $13 \times 13$ ).

Se muestra en la Figura 6 el parámetro  $k$  de un fragmento de 1000 x 1000 píxeles de la imagen original, en el que se aprecian claramente dos barcos:



**Figura 6.-** Parámetro  $k$  de un fragmento de la imagen original (ventana 29x29)

Como este método se basa en aspectos puramente estadísticos, con ventanas pequeñas (3 x 3, 5 x 5) su efecto no es significativo. Se debe utilizar una ventana lo suficientemente grande para permitir una medida fiable de la varianza, pero lo suficientemente ajustada para que un barco represente una porción no despreciable de los píxeles de la ventana.

#### CONCLUSIONES

En definitiva, las imágenes a las que se aplica filtrado de Lee muestran unos píxeles correspondientes a los barcos más brillantes, respecto al mar. Teniendo en cuenta que los algoritmos de detección se basan exclusivamente en la aplicación de umbrales a la imagen original, un filtrado previo mejora la detección de barcos a cambio de un ligero aumento del coste computacional. La mejora se ha constatado experimentalmente con SUMO, un programa de detección automática de barcos, elaborado por Joint Research Centre de la Comisión Europea en Ispra (Italia) (Kourti 2002). Cabe mencionar también que el filtrado, si bien, resalta el barco, tiende a desdibujar su contorno (aunque en numerosas ocasiones, por las características de resolución de las imágenes probadas, no es viable obtener la forma del barco).

Por otra parte, se ha presentado un método inspirado en el parámetro lineal de la ecuación del filtrado de Lee. Este método parece eficiente y robusto para detección de la posición de un barco y es independiente del margen dinámico de la señal. Por ello, puede tratarse de un método interesante cuando los algoritmos de detección o de filtrado no sean suficientes o en el caso de detecciones dudosas. En particular, podría combinarse con métodos más respetuosos con el contorno del barco, para alcanzar mejores resultados.

#### BIBLIOGRAFÍA

Kourti, N., Schwartz G., Shepherd, I. "Integrating active and passive satellite-based technologies to improve European Fisheries Monitoring and Control", IEEE, pp.2126-2128, 2002

Lee, J., 1980. Refined Filtering of Image Noise Using Local Statistics. Computer Graphics and Image Processing 15, 380-389 (1981).

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la CICYT TIC2002-04451-C02-01 y el proyecto IMPAST Q5RS-2001-02266 de la Unión Europea