

# NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH MỘT SỐ THAM SỐ SÓNG BẰNG CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM

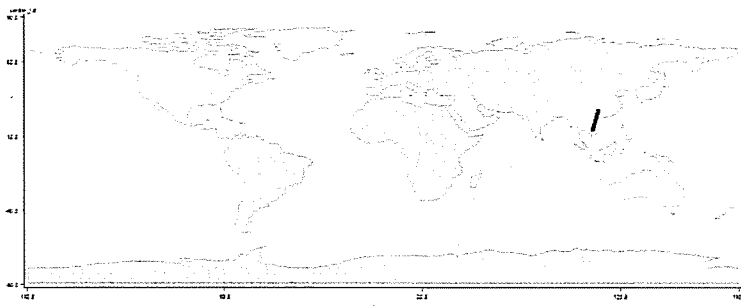
Nguyễn Thị Hải, Nguyễn Thanh Trang, Vũ Tiến Thành - Trung Tâm Hải Văn.  
Lê Quốc Hưng, Phạm Văn Giang - Trung tâm Viễn thám Quốc gia

**T**rong những năm gần đây, kỹ thuật radar đang được ứng dụng một cách rộng rãi trong các công tác giám sát tài nguyên thiên nhiên và môi trường. Những ưu thế vượt trội của kỹ thuật radar như công tác thu thập ít phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, thu thập dữ liệu trong một phạm vi lớn một cách nhanh chóng, thu thập dữ liệu ở vùng sâu vùng xa đặc biệt là nó có khả năng thu thập dữ liệu biển trên các vùng biển và hải đảo. Hiện nay, các đầu thu ảnh radar vệ tinh đã được thiết lập các chế độ chụp để ghi nhận trực tiếp các dữ liệu về biển cung cấp những thông tin giá trị phục vụ cho công tác nghiên cứu biển. Việt Nam với vùng biển rộng lớn trải dài từ bắc xuống nam qua nhiều vĩ độ và kiểu thời tiết vô cùng phức tạp nên khai thác có hiệu quả kỹ thuật radar trong nghiên cứu biển biển có ý nghĩa hết sức quan trọng. Trong nghiên cứu này, chúng tôi thử nghiệm chiết tách một số thành phần của sóng biển như độ cao sóng, hướng sóng,... từ dữ liệu radar của vệ tinh ENVISAT ASAR.

## 1. Giới thiệu

Được phóng lên quỹ đạo từ ngày 1 tháng 3 năm 2002, vệ tinh ENVISAT với 10 đầu thu khác nhau đã thu thập được rất nhiều dữ liệu quan trắc có giá trị của trái

đất trong đó có dữ liệu hải văn. Đầu thu ASAR với chế độ sóng (WM) cho phép thu thập dữ liệu từ những bức ảnh nhỏ (có kích thước 10 km x 5 km đến 5 km x 5 km) dọc theo quỹ đạo vệ tinh với tần suất 100 km chụp một lần.



Hình 1. Vết của 1 dải quét vùng biển vịnh Bắc Bộ

Dữ liệu sóng biển thu thập được từ đầu thu ASAR theo chế độ sóng có chất lượng cao với phạm vi toàn cầu. Đầu thu ASAR chế độ sóng có thể thu thập thông tin về gió trên bề mặt biển, dòng biển, phổ sóng biển. Các thành phần sóng biển có thể chiết tách được từ dữ liệu thu thập và có thể dùng cho việc xây dựng các mô hình sóng để dự báo hoặc kiểm tra chuẩn hóa các mô hình; quan sát dự báo các hình thái thời tiết biển cực đoan; phân tích nghiên cứu các đặc điểm của sóng với thời tiết biển.

Dữ liệu từ ASAR chế độ sóng sau khi được xử lý sẽ cung cấp cho ta hình ảnh các phổ sóng của sóng biển được thể hiện dưới dạng lưới tọa độ cực theo tần số và hướng sóng. Ở Việt Nam, ứng dụng dữ liệu radar phục

vụ công tác nghiên cứu sóng biển còn rất hạn chế. Nghiên cứu cách thức xử lý ảnh ASAR chế độ sóng để tính chuyển các giá trị phổ sóng về các thành phần của đặc trưng của sóng như độ cao sóng hữu dụng và hướng sóng, chu kỳ... từ đó ứng dụng được vào quá trình nghiên cứu sóng biển.

## 2. Phương pháp phân tích sóng từ ảnh viễn thám

### a. Phương pháp phân tích phổ sóng từ dữ liệu ảnh viễn thám

Theo công trình nghiên cứu của Engen and Johnsen (1995), phổ sóng từ tư liệu ảnh viễn thám được xác định theo công công thức:

$$\Phi_{f^v, k}^{\Delta t} = \frac{1}{4\pi^2} \exp(-k_x^2 \beta^2 f^v(0)) * \int_{R^2} \exp(-ikx) \exp(\exp(-k_x^2 \beta^2 f^v(x)) * \{1 + f^R(x) + ik_x \beta (f^{Rv}(x) - f^{Rv}(-x)) + k_x^2 \beta^2 [f^{Rv}(x) - f^{Rv}(0)] [f^{Rv}(-x) - f^{Rv}(0)]\} d^2x \quad (1)$$

Trong đó:  $\Phi_{\rho^{1,2}}^{\Delta t}$  là phổ chéo được tính từ 2 cảnh ảnh, nó được xác định như phổ Fourier của hàm phương sai  $\rho^{1,2}$

$$\Phi_{\rho^{1,2}}^{\Delta t} = F(\rho^{1,2}) \quad (2)$$

$\beta$  được xác định bởi công thức  $\beta = R/V$ , R là góc

$$f^R(x) = 0.5 \int_{R^2} F(k) * |T_k^R|^2 \exp(i\omega\Delta t) + F(-k) * |T_{-k}^R|^2 \exp(-i\omega\Delta t) \exp(ikx) * d^2k \quad (3)$$

$$f^{Rv}(x) = 0.5 \int_{R^2} F(k) * T_k^R (T_k^v)^* \exp(i\omega\Delta t) + F(-k) * T_{-k}^R (T_{-k}^v)^* \exp(-i\omega\Delta t) \exp(ikx) * d^2k \quad (4)$$

$$f^v(x) = 0.5 \int_{R^2} F(k) * |T_k^v|^2 \exp(i\omega\Delta t) + F(-k) * |T_{-k}^v|^2 \exp(-i\omega\Delta t) \exp(ikx) * d^2k \quad (5)$$

nghiêng của tia radar, V là vận tốc của tia radar; là số sóng thành phần;

w: tần số sóng = g\*k;

i là cường độ trung bình của tia radar.

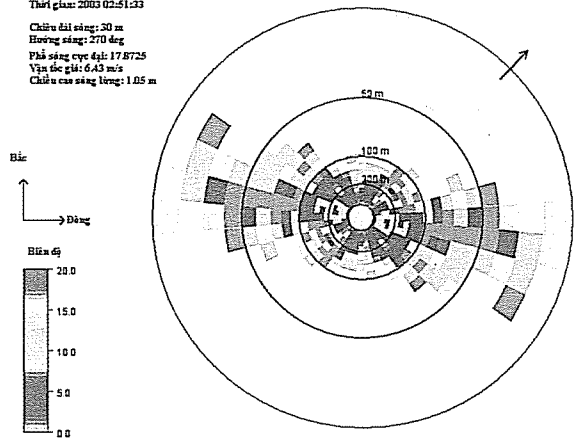
Các hàm  $f^v, f^{Rv}, f^R$  được xác định bởi công thức:

**b. Quy trình phân tích phổ sóng từ ảnh viễn thám**  
Dữ liệu ảnh chế độ sóng ASAR

Thời gian: 2003 02:51:23  
Chiều dài sóng: 20 m  
Hướng sóng: 270 deg  
Phải sóng cực đại: 17.8725  
Vận tốc gió: 6.43 m/s  
Chiều cao sóng bằng: 1.05 m



Hình 2a. Ảnh gốc chụp cảnh sóng



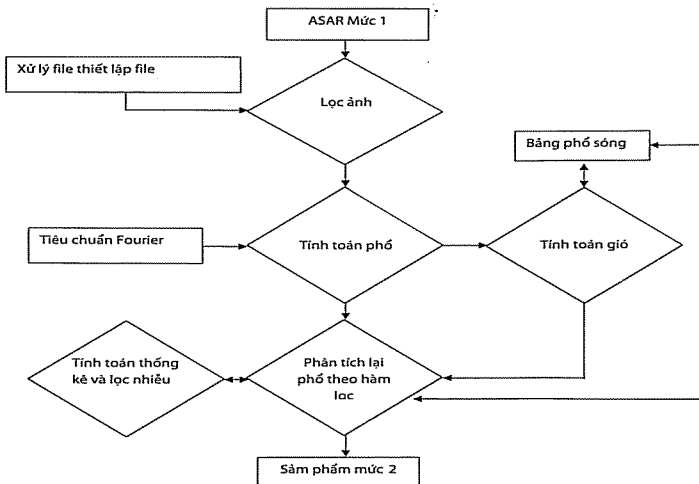
Hình 2b. Phổ sóng phân tích từ cảnh sóng

Ảnh chế độ sóng của ASAR có 3 mức xử lý ảnh. Mức 0 là ảnh gốc ghi nhận tín hiệu tán xạ ngược từ bề mặt biển trở lại vệ tinh, các tín hiệu ghi được ở dạng thô và chưa được xử lý. Mức 1 gồm có 2 loại: ASA\_WVI\_1P là ở dạng phức hợp và các giá trị phổ sóng cho 1 cảnh sóng theo cả phương vị và khoảng cách. ASA\_WVS\_1P là ảnh ASA\_WVI\_1P mà giá trị trên ảnh đã được xử lý về dạng phổ sóng cho 2 cảnh sóng. Mức 2 – ASA\_WVW\_2P là ảnh ở mức 1 đưa về dạng

phổ sóng (Hình 2b).

*Các bước xử lý ảnh*

Thông thường, chỉ có ảnh đã xử lý mức 1 mới được cung cấp cho người sử dụng và các bước xử lý ảnh được bắt đầu tính từ mức 1. Ảnh mức 1 single look complex (SLC) được dùng để tính toán ra mức cao nhất – mức 2. Xử lý từ mức 1 sang mức 2 được thực hiện theo quy trình sau:



Hình 3. Sơ đồ tổng quan xử lý ảnh ASAR chế độ sóng mức 2

# NGHIÊN CỨU & TRAO ĐỔI

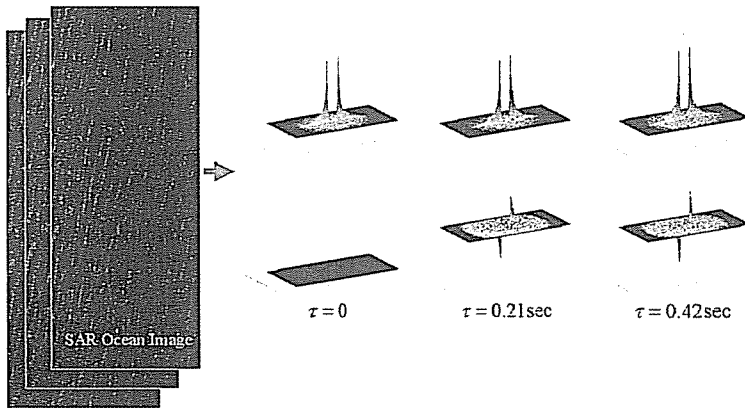
## Dữ liệu đầu vào

Dữ liệu đầu vào là ảnh ASAR ở mức 1 và các thông số hỗ trợ được đưa dưới dạng các tham số theo một danh sách chuẩn để đáp ứng yêu cầu xử lý.

## Bảng tra cứu phổ

Là một bộ dữ liệu mô phỏng phổ chéo được cung cấp bởi phần mềm và dùng để lấy phổ chéo phi tuyến, các tham số nhiễu, tham số hàm RAR MTF và trường gió. Một bộ dữ liệu trong bảng tra cứu phổ sóng được cung cấp cho mỗi dải và mỗi phân cực ứng với ảnh chế độ sóng.

Quá trình xử lý thực hiện theo các bước dưới đây:



**Hình 4. Tính toán phổ sóng từ 3 cảnh sóng**

- Tính toán thống kê và lọc nhiễu: Đây là quá trình thống kê và loại bỏ những phần tử nhiễu trong đồng phổ. Kết quả của quá trình là đồng phổ và 2 phổ chéo ở  $\tau$  và  $2\tau$ .

### c. Tính các tham số từ phổ sóng phân tích

Độ cao sóng được tính theo công thức:

$$H_s = \sqrt[3]{\int E(f, \theta) df d\theta} \quad (6)$$

$$H_w = \sqrt[3]{\int_{f < 1/12s} E(f, \theta) df d\theta} \quad (7)$$

Chu kỳ sóng trung bình được tính theo công thức:

$$T = \sqrt{\int E(f, \theta) df d\theta / \int E(f, \theta) f^2 df d\theta} \quad (8)$$

Trong đó:

-  $E(f, \theta)$  là năng lượng ứng với tần số  $f$  được phân tích từ mô hình phổ hai chiều theo công trình của Engen and Johnsen (1995).

- $H_s$  là độ cao sóng có nghĩa;
- $H_w$  là độ cao sóng lừng;
- $T$  là chu kỳ sóng.

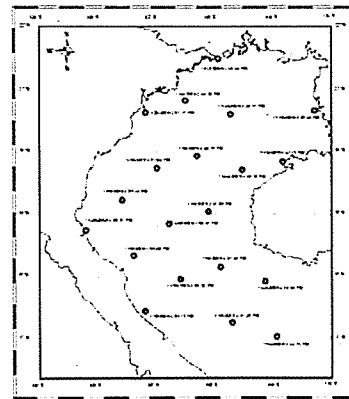
## 3. Ứng dụng phân tích dữ liệu ảnh viễn thám trên vịnh Bắc Bộ

### a. Nguồn dữ liệu ảnh

- Lọc ảnh: loại bỏ hiệu ứng của tần số thấp trên ảnh SLC bằng cách sử dụng phin lọc Gauss tần số thấp với độ rộng của phin lọc lấy từ tham số trong cài đặt. Đồng thời quá trình sẽ cung cấp ảnh cường độ của ảnh SLC.

- Tính toán phổ sóng: Tính toán đồng phổ và 2 phổ chéo tương ứng từ 3 cảnh sóng. Quá trình này sẽ thực hiện tách cảnh sóng và tính toán tất cả các tổ hợp phổ. Thông thường người ta sử dụng tách ra 3 cảnh sóng (Hình 4) để đưa ra 3 phổ là 1 đồng phổ và 2 phổ chéo. Quá trình xử lý được dựa trên nguyên lý periodogram.

Ảnh được phân tích từ nguồn ảnh ASAR chế độ sóng trong mùa đông năm 2003. Vị trí các cảnh ảnh trong mùa đông trên vịnh Bắc Bộ bao gồm các cảnh ảnh phân bố như hình 6.



**Hình 6. Vị trí các cảnh ảnh ASAR chế độ sóng phân tích**

### b. Các kết quả phân tích

Từ các dữ liệu ảnh thu thập trong mùa đông năm 2003 chúng tôi đã tiến hành phân tích một số tham số sóng chính: Độ cao sóng  $H_s$ , độ cao sóng lừng, hướng sóng và chiều dài sóng, cụ thể trong bảng dưới đây:

STT	Vị trí		Thời gian chụp	Hướng sóng trung bình (deg)	Chiều dài sóng (m)	Độ cao sóng lừng (m)	Độ cao sóng Hs (m)
	Kinh độ	Vĩ độ					
1	110.13	15.39	11/3/2003-2:41:08 PM	80.00	144.25	0.61	0.63
2	109.94	16.28	11/3/2003-2:41:23 PM	70.00	144.25	0.42	0.43
3	109.15	19.83	11/3/2003-2:42:23 PM	80.00	221.36	0.42	0.42
4	108.67	15.48	11/6/2003-2:46:55 PM	80.00	166.38	1.34	1.34
5	108.48	16.37	11/6/2003-2:47:10 PM	70.00	125.06	0.64	0.68
6	108.28	17.26	11/6/2003-2:47:25 PM	70.00	191.91	0.42	0.50
7	108.09	18.15	11/6/2003-2:47:40 PM	80.00	255.33	0.63	0.73
8	107.89	19.04	11/6/2003-2:47:55 PM	80.00	255.33	0.42	0.51
9	107.70	19.93	11/6/2003-2:48:10 PM	80.00	294.51	0.32	0.36
10	107.50	20.82	11/6/2003-2:48:25 PM	70.00	255.33	0.32	0.33
11	107.20	15.66	11/9/2003-2:52:43 PM	60.00	191.91	1.68	1.75
12	106.81	17.44	11/9/2003-2:53:13 PM	80.00	221.36	0.53	0.54
13	106.61	18.33	11/9/2003-2:53:28 PM	40.00	255.33	0.42	0.42
14	106.41	19.22	11/9/2003-2:53:43 PM	80.00	221.36	0.42	0.42
15	106.22	20.11	11/9/2003-2:53:58 PM	80.00	191.91	1.68	2.12
16	110.87	15.33	11/19/2003-2:38:16 PM	60.00	125.06	0.70	0.71
17	110.67	16.21	11/19/2003-2:38:31 PM	70.00	125.06	0.69	0.75
18	110.48	17.10	11/19/2003-2:38:46 PM	70.00	125.06	0.82	0.87
19	110.28	17.99	11/19/2003-2:39:01 PM	70.00	125.06	0.46	0.47
20	109.69	20.66	11/19/2003-2:39:46 PM	80.00	221.36	0.45	0.46
21	109.49	21.55	11/19/2003-2:40:01 PM	70.00	221.36	1.68	2.01
22	109.44	15.26	11/22/2003-2:44:01 PM	80.00	294.51	1.13	1.90
23	109.24	16.15	11/22/2003-2:44:16 PM	70.00	294.51	1.26	2.33
24	109.05	17.04	11/22/2003-2:44:31 PM	80.00	294.51	1.27	2.59
25	108.86	17.93	11/22/2003-2:44:46 PM	80.00	294.51	1.68	2.58
26	108.66	18.81	11/22/2003-2:45:01 PM	80.00	221.36	1.68	1.82
27	108.46	19.70	11/22/2003-2:45:16 PM	90.00	339.70	1.68	2.93
28	108.26	20.59	11/22/2003-2:45:31 PM	80.00	255.33	1.15	1.39
29	108.06	21.48	11/22/2003-2:45:46 PM	70.00	191.91	0.70	0.70
30	107.41	17.96	11/25/2003-2:50:32 PM	90.00	191.91	0.42	0.42
31	107.21	18.85	11/25/2003-2:50:47 PM	70.00	255.33	1.27	1.65
32	107.02	19.73	11/25/2003-2:51:02 PM	80.00	294.51	1.26	1.63
33	106.82	20.62	11/25/2003-2:51:17 PM	80.00	191.91	1.04	1.13
34	105.80	18.74	11/28/2003-2:56:31 PM	80.00	191.91	1.68	1.96

Để đánh giá mức độ tin cậy của kết quả phân tích sóng từ ảnh viễn thám, một số cảnh ảnh có cùng vị trí và thời gian trùng với số liệu quan trắc sóng từ các nguồn khác nhau được làm cơ sở để so sánh đánh giá dựa trên các tiêu chuẩn Bias và RMSE:

$$Bias = \bar{Y}_i - \bar{X}_i \quad (9)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - X_i)^2}{n}} \quad (10)$$

Bảng danh sách các vị trí dùng để so sánh đánh giá kết quả phân tích.

STT	Vị trí cảnh ảnh		Trạm so sánh
	Kinh độ	Vĩ độ	
1	107,70	19,93	Bạch Long Vỹ
2	107,50	20,82	Cò Tô
3	106,81	17,44	Cồn Cỏ
4	106,61	18,33	Trạm phao
5	106,82	20,62	Hòn Dấu
6	105,80	18,74	Hòn Ngự

Dưới đây là kết quả so sánh đánh giá độ tin cậy của kết quả phân tích.

Tham số	Bias	RMSE
Độ cao sóng Hs (m)	0,13	0,2
Hướng sóng (deg)	14	17

### 4. Kết luận

Qua kết quả phân tích một số tham số sóng từ dữ liệu ảnh viễn thám ENVISAT có một số nhận xét sau:

- Kết quả phân tích độ cao và hướng sóng được thực hiện bằng công nghệ viễn thám trên khu vực vịnh Bắc Bộ đã được so sánh và kiểm nghiệm với các số liệu sóng quan trắc từ các trạm hải văn và trạm phao đặt các chỉ tiêu Bias: 0,13 và RMSE: 0,2 đối với độ cao sóng; bias: 14, RMSE: 17 đối với hướng sóng.

- Với kết quả đánh giá trên cho thấy các dữ liệu sóng phân tích từ ảnh viễn thám là nguồn dữ liệu có

thể đáp ứng được đối với các mục đích nghiên cứu ứng dụng khác nhau, bổ sung vào nguồn dữ liệu sóng quan trắc vốn rất hiếm trên vùng Biển Đông và ven biển Việt Nam

- Các kết quả đánh giá trên cần khách quan và nhiều hơn vì số liệu được lấy để so sánh chủ yếu là các số liệu sóng được quan trắc bằng các thiết bị thô sơ như máy ngắm sóng, thậm chí có một số trạm là quan trắc bằng mắt chỉ có rất ít số liệu sóng được quan trắc bằng phao.

### Tài liệu tham khảo

1. Li, Xiao-Ming; Lehner, Susanne; and Thomas Bruns (2009), "Ocean Wave Integral Parameter Measurements Using ENVISAT ASAR Wave Mode Data," submitted to *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.
2. Li, Xiao-Ming; König, Thomas; Schulz-Stellenfleth, Johannes; and Lehner, Susanne (2009), "Validation and intercomparison of ocean wave spectra retrieval scheme using ASAR wave mode data," submitted to *International Journal of Remote Sensing*.
3. Li, Xiao-Ming and Lehner, Susanne (2009), "Utilization of ASAR Wave Mode Data for Shipping Safety," *Proceedings of Oceans' 09 IEEE, Bremen, Germany, DOI: 10.1109/OCEANSE.2009.5278274*.