

THỬ NGHIỆM ĐỒNG HÓA SỐ LIỆU ĐỘ CAO SÓNG BIỂN QUAN TRẮC BẰNG RADAR BIỂN TRONG MÔ HÌNH SWAN

TS. **Trần Quang Tiến** - Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

ThS. **Nguyễn Thanh Trang** - Trung tâm Hải văn

Đồng hóa dữ liệu là một phương pháp sử dụng kết hợp thông tin để cải thiện dự báo và mô hình tham số. Ba thuật toán thông dụng được sử dụng để đồng hóa dữ liệu radar HF vào mô hình sóng SWAN. Các sơ đồ đang được xem xét là Bộ lọc Kalman tổ hợp, nội suy tối ưu tổ hợp và một chương trình biến phân ba chiều. Hai cách tiếp cận để cập nhật phổ sóng đại dương bao gồm mô tả phổ sử dụng tích phân thông số sóng của toàn bộ phổ và thông số sóng trong dải tần số khác nhau. Trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi giới thiệu kết quả nghiên cứu thử nghiệm đồng hóa số liệu độ cao sóng biển quan trắc bằng rada biển trong mô hình SWAN.

1. Giới thiệu các phương pháp đồng hóa

- Phương pháp Newtonian Nudging

Phương pháp Newtonian Nudging hay phương pháp tương quan là một phương pháp thực nghiệm về đồng hóa số liệu được sử dụng rộng rãi (Hoke và Anthes, 1976). Phương pháp này đòi hỏi phải thêm một thành phần vào trong các phương trình dự báo mà ảnh hưởng của nó (effectively nudges) giúp tiến gần tới trạng thái thực tế. Thành phần thêm vào này (nudging term) phụ thuộc vào thời gian và nếu quá lớn thì sẽ ảnh hưởng đến việc giải các phương trình dự báo, nhưng nếu quá nhỏ thì nó sẽ không chiếm ưu thế so với các thành phần khác (Stauffer và Seaman, 1990). Trong các phương trình, thành phần nudging thường không lớn hơn độ lớn tối thiểu của các thành phần chiếm ưu thế trong phương trình dự báo. Nudging thường được sử dụng để đồng hóa trên một khu vực hay các quan trắc trên quy mô nhỏ khi mà bài toán nội suy thống kê trở nên khó giải quyết. Kỹ thuật nudging nói chung thường được sử dụng trong các mô hình khí tượng và mô hình đánh giá chất lượng không khí cũng như các mô hình hải dương (Seaman và Michelson, 2000).

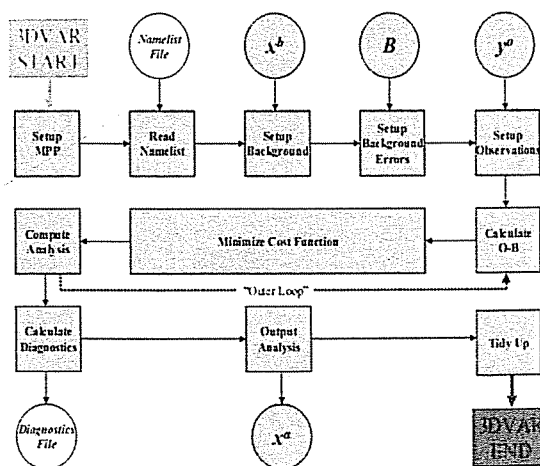
- Phương pháp 3Dvar

Đồng hóa số liệu 3Dvar là một kỹ thuật sử dụng sai số ước lượng của cả quan trắc (observation) và trường ban đầu (background field). Thông qua mối

quan hệ tương quan, tức là sự sai khác giữa trường ban đầu và quan trắc là nhỏ nhất. Sự sai khác này được mô tả thông qua hàm giá trị (Ide, 1997)

$$J(x) = J^b + J^o = \frac{1}{2}(x - x^b)^T B^{-1}(x - x^b) + \frac{1}{2}(y - y^o)^T (E + F)^{-1}(y - y^o) \quad (1)$$

Vấn đề tìm biến thông qua việc giải phương trình bằng phương pháp lặp để xác định trạng thái x sao cho hàm J(x) tiến tới giá trị nhỏ nhất. Phương pháp giải này cho khả năng có nghiệm gần đúng nhất (phương sai tối thiểu) ước tính của các biến trạng thái theo cả hai nguồn dữ liệu: nền (dự báo trước đó) X_b và quan sát X₀ (Lorenz 1986). Phù hợp với các điểm dữ liệu riêng lẻ được nhấn mạnh bởi các ước tính về sai lệch của chúng: B, E và F là nền.



Hình 1. Cấu trúc chương trình đồng hóa dữ liệu bằng phương pháp biến phân 3 chiều (3DVAR)

- Phương pháp 4Dvar

Đồng hóa số liệu 4 chiều cho phép các quan trắc phân bố không đồng đều theo cả không gian và thời gian được đồng hóa trực tiếp vào mô hình dự báo. 4D-VAR là thuật toán tương tự như 3D-VAR nhưng trong hàm giá trị sẽ có thêm một thành phần, tức là một hàm theo thời gian. Một yếu tố bất lợi của kỹ thuật 4D-VAR đó là nó đòi hỏi thời gian tính toán lớn, với cấu hình của máy tính phải rất lớn.

- Phương pháp Kalman Filtering

Lọc Kalman là một hệ thống đồng hóa dữ liệu liên lục có thể áp dụng cho các lĩnh vực đa chiều (houtekamer và mitchell, 1998). Phương pháp này liên quan đến một chu trình phân tích liên lục được thực hiện trong các quy trình dự báo và phân tích. quy trình dự báo liên quan đến việc thiết lập một trường nền thông qua và tính toán là một ước tính của các sai khác trong chính mô hình dự báo. Trong quy trình phân tích liên quan đến việc cập nhật các quan trắc mới và sẽ thu được những phân tích mới. Các kết quả này được thực hiện bằng cách sử dụng các số liệu quan trắc, các số liệu nền và các sai số tính toán giữa trường nền, phân tích, và các số liệu quan trắc.

Thuật toán đồng hóa theo Kalman có thể xem như một giá trị ban đầu được thêm vào một vài giá trị khác như: các phương trình biểu diễn trạng thái mô hình (model state) với sai số mô hình $\bar{\epsilon}_m$, điều

kiện ban đầu là xấp xỉ với sai số $\bar{\epsilon}_b$ (background error); và có các quan trắc ở hiện tại y_n với các sai số quan trắc $\epsilon_{o,n}$. Biểu thức toán học biểu diễn dưới dạng:

$$\frac{\partial \bar{x}}{\partial t} + \bar{M}(\bar{x}) = \bar{\epsilon}_m \tag{2}$$

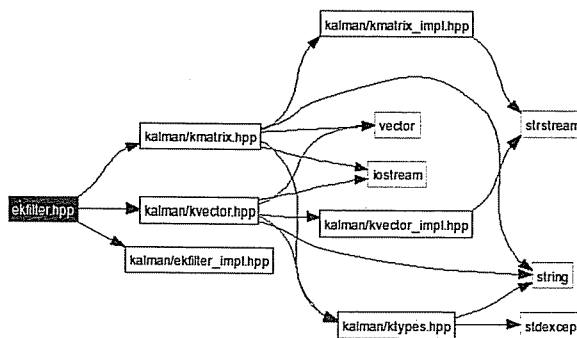
$$\bar{x}(0) = \bar{x}_b(0) + \bar{\epsilon}_b \tag{3}$$

$$y_n = H_n(\bar{x}) = \epsilon_{o,n} \quad n=1, \dots, N$$

Trong phương trình (3), chúng ta có H_n là hoạt động quan trắc (observation operator), mà tính toán trong mô hình tương ứng với bộ quan trắc y_n . Thậm chí, nếu y_n ước lượng biến trạng thái mô hình hiện (nhiệt độ), hoạt động quan trắc sẽ vẫn cần thiết để nội suy trạng thái mô hình, điều này luôn luôn có độ phân giải hữu hạn, để xác định vị trí của quan trắc khi mà đo đạc một cách gián tiếp, như quan trắc bằng viễn thám.

2. Giới thiệu chương trình đồng hóa số liệu theo sơ đồ đồng hóa Kalman

Chương trình đồng hóa theo sơ đồ Kalman được phát triển bởi các nhà nghiên cứu của Viện Thủy lực Delft Hydraulic Hà Lan trong dự án phát triển kỹ năng đồng hóa dữ liệu hải dương (OPENDA). Nghiên cứu này kế thừa và khai thác ứng dụng chương trình đồng hóa dữ liệu theo sơ đồ lọc Kalman cho mô hình Swan trong dự án OPENDA.



Hình 2. Cấu trúc chương trình đồng hóa dữ liệu bằng hàm lọc Kalman

Chương trình đồng hóa theo sơ đồ Kalman được xây dựng trên ngôn ngữ java scrip. Chương trình bao gồm 4 mô đun chính sau:

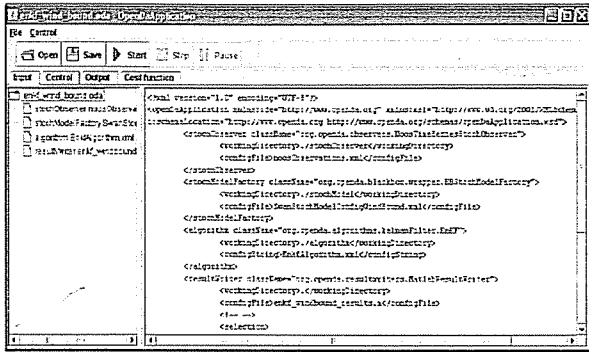
- Stoch Observet noosobservaertion: Mô đun

này có nhiệm vụ quản lý và điều khiển dữ liệu quan trắc sóng phục vụ cho đồng hóa dữ liệu.

- StochModelFactory SwanStoch Model Config Windbound: Quản lý và điều khiển mô hình SWAN

trong đó các tham số và dữ liệu đầu vào của mô hình được khai báo trong file swaninp.swn

- Algorithm EnkfAlgorith.xml: thực hiện quản lý và điều khiển chương trình lọc Kalman.
- Result Write enkf_windbound_result: Quản lý và điều khiển kết quả đầu ra của chương trình.



Hình 3. Sơ đồ trình đồng hóa dữ liệu sử dụng phương pháp lọc Kalman

3. Thử nghiệm đồng hóa số liệu độ cao sóng biển quan trắc bằng radar biển trong mô hình SWAN

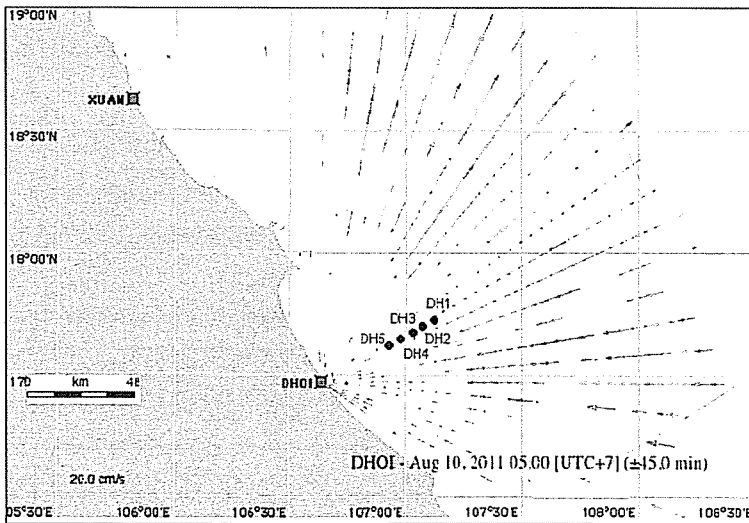
Mục tiêu của đồng hóa dữ liệu sóng từ quan trắc bằng radar biển để tạo trường sóng ban đầu cho công tác dự báo sóng bằng mô hình số trị. Trong bài báo này chúng tôi đưa một số kết quả thử nghiệm đồng hóa số liệu độ cao sóng bằng dữ liệu quan trắc từ trạm radar vào mô hình SWAN theo sơ đồ lọc Kalman.

Các dữ liệu đầu vào:

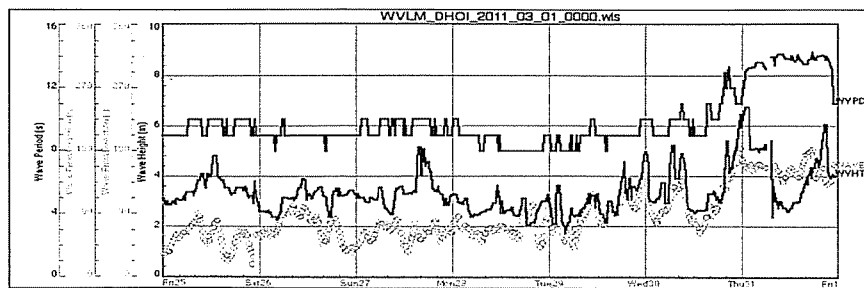
- Dữ liệu trường gió từ mô hình khí tượng.
- Số liệu sóng tại biên lồng bao gồm (độ cao, chu kỳ và hướng)
- Số liệu sóng quan trắc bằng radar biển

Tổng số điểm quan trắc sóng đưa vào đồng hóa bao gồm 05 điểm quan trắc sóng bằng trạm radar Đồng Hới

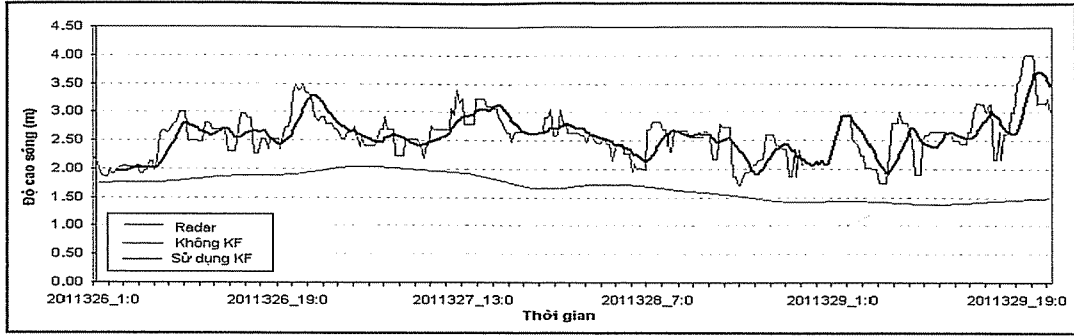
- | | | |
|--------|---------------------------------|--------|
| DH_01: | (106059'33",17052'27"), | DH_02: |
| | (106057'25",17050'02"), | DH_03: |
| | (106055'18",17047'37"), | DH_04: |
| | (106053'11",17045'12"), | DH_05: |
| | (106051'03",17042'47") (hình 4) | |



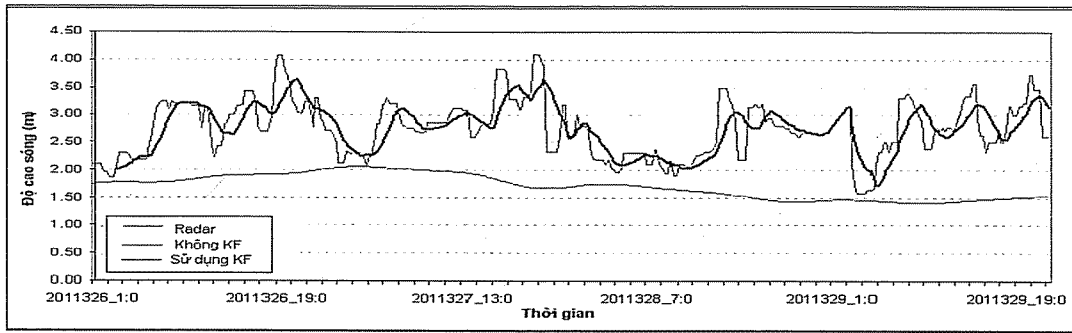
Hình 4. Vị trí các điểm truy xuất số liệu sóng đồng hóa tại trạm radar Đồng Hới



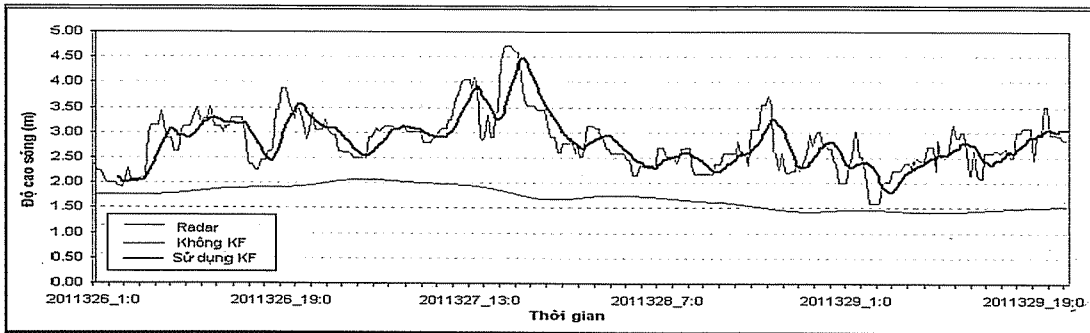
Hình 5. Số liệu quan trắc sóng tháng 03 năm 2011 tại trạm radar Đồng Hới



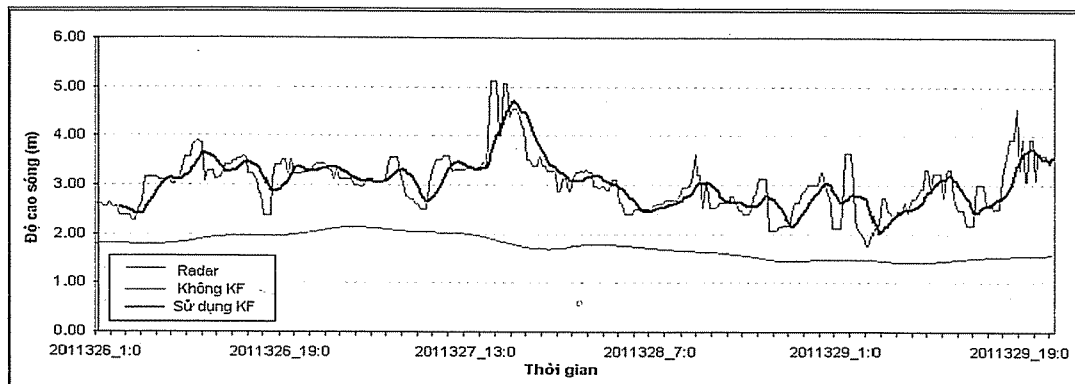
Hình 6. Kết quả so sánh độ cao sóng tại điểm DH_01



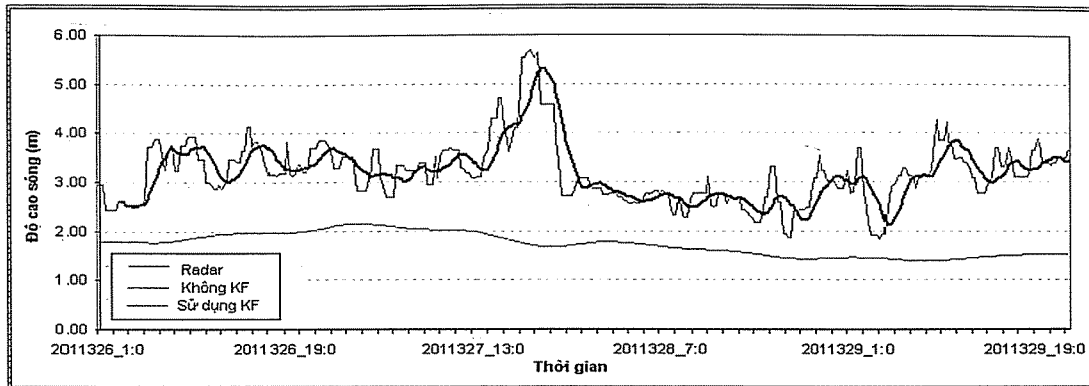
Hình 7. Kết quả so sánh độ cao sóng tại điểm DH_02



Hình 8. Kết quả so sánh độ cao sóng tại điểm DH_03



Hình 9. Kết quả so sánh độ cao sóng tại điểm DH_04



Hình 10. Kết quả so sánh độ cao sóng tại điểm DH_05

4. Nhận xét

Qua kết quả thử nghiệm đồng hóa dữ liệu sóng quan trắc từ trạm radar biển Đồng Hới bằng chương trình đồng hóa theo sơ đồ lọc Kalman nhận thấy rằng: Việc áp dụng đồng hóa số liệu theo sơ đồ Kalman vào mô hình SWAN cho các kết quả khả qua và sát với thực tế hơn. Tuy nhiên để thực hiện được việc đồng hóa dữ liệu này cần phải có nguồn dữ liệu cập nhật liên tục theo thời gian thực, hệ thống máy tính phải rất mạnh để thực hiện công việc tính toán khổng lồ trong sơ đồ lọc Kalman. Đối với lưới tính của SWAN trong thử

nghiệm này được cài đặt trong máy có cấu hình bình thường, dự báo trong 5 ngày mất khoảng thời gian 20 phút khi chưa có đồng hóa số liệu, khi đưa đồng hóa số liệu vào thì thời gian để thực hiện cho dự báo 5 ngày mất khoảng 33 giờ. Như vậy với điều kiện hiện tại thì chưa thể đưa đồng hóa số liệu sóng vào dự báo tác nghiệp được, sau khi được trang bị hệ thống máy tính cấu hình cao và có cơ chế chia sẻ cập nhật số liệu quan trắc sóng kịp thời hiệu quả thì triển khai đồng hóa số liệu theo sơ đồ Kalman trong SWAN sẽ tăng độ chính xác của dự báo sóng.

Tài liệu tham khảo

1. Kiều Quốc Chánh, Tổng quan hệ thống đồng hóa lọc Kalman tổ hợp và ứng dụng cho mô hình dự báo thời tiết WRF. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 27, Số 15 (2011) 17-28.
2. Hoàng Đức Cường, Nguyễn Thị Thanh, Trần Thị Thảo, Nghiên cứu ứng dụng sơ đồ đồng hóa số liệu 3DVAR cho mô hình WRF nhằm dự báo quỹ đạo bão trên Biển Đông. *Hội thảo khoa học Quốc gia về Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biến đổi Khí hậu*, 2012.
3. Huỳnh Thị Hồng Ngự, La Thị Cang, Đồng hóa số liệu bằng phương pháp biến phân bốn chiều trong dự báo thời tiết bằng phương pháp số trị. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ* 11, số 12 – 2008.
4. H.S. Chen, NOAA/NWS/NCEP 5200, *A Variational Wave Height Data Assimilation for an Operational Wave Model*, 2003.
5. G. Emmanouil, G. Galanis, University of Athens, School of Physics, Division of Applied Physics, Atmospheric Modeling and Weather Forecasting Group, University Campus, Bldg. PHYS-V, 15784 Athens, Greece. *Assimilation of radar altimeter data in numerical wave models: an impact study in two different wave climate regions. Ann. Geophys.*, 25, 581–595, 2007.
6. D.N. Fox, W.J. Teague, and C.N. Barron, Naval Research Laboratory, Stennis Space Center, Mississippi, USA. *The Modular Ocean Data Assimilation System (MODAS)*, 2002.