



Hoàn thiện bộ số liệu dòng chảy bề mặt thu thập từ Radar tần số cao ứng dụng kết hợp hai phương pháp nội suy EOF và 2dVar

Nguyễn Thị Thu Mai^{1,*}, Alexei Sentchev², Trần Mạnh Cường³

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Trường ĐH Littoral – Côte d'Opale, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences,
UMR 8187-LOG, 32 avenue Foch, 62930 Wimereux, Cộng Hòa Pháp

³Trung tâm Hải văn, Tổng cục biển và Hải đảo Việt Nam, Bộ Tài Nguyên và Môi trường,
Số 8 Pháo Đài Láng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 30 tháng 11 năm 2018

Chỉnh sửa ngày 11 tháng 12 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 25 tháng 12 năm 2018

Tóm tắt: Hiện nay có hơn 350 trạm radar tần số cao (HF Radar) hoạt động trên bờ biển của 37 quốc gia trên toàn thế giới cho phép lập bản đồ của dòng chảy bề mặt biển. Tuy nhiên, dữ liệu đo đạc từ HF radar thường bị gián đoạn (mất số liệu) cả về không gian và thời gian. Do đó, trong khuôn khổ bài báo này sẽ đưa ra phương pháp để hoàn thiện bộ số liệu dòng chảy bề mặt thu nhận từ trạm HF radar. Trước tiên, số liệu dòng chảy bề mặt sẽ được lọc nhiễu, sau đó kết quả đó được nội suy theo thời gian bằng hàm trực giao thực nghiệm EOF và nội suy theo không gian bằng hàm nội suy biến thể hai chiều 2dVar. Bên cạnh đó, các tác giả đã bước đầu áp dụng phương pháp nội suy biến thể hai chiều 2dVar vào số liệu HF radar tại Việt Nam và đã nhận kết quả ban đầu khả quan. Các phương pháp được sử dụng trong bài báo này hứa hẹn sẽ đem lại hiệu quả khi áp dụng để hoàn thiện bộ số liệu dòng chảy bề mặt lấy từ các trạm HF radar tại Việt Nam trong tương lai gần.

Từ khóa: Phương pháp nội suy EOF, 2dVar, biển Iroise, HF radar, dòng chảy bề mặt.

1. Mở đầu

1.1. Giới thiệu về radar tần số cao

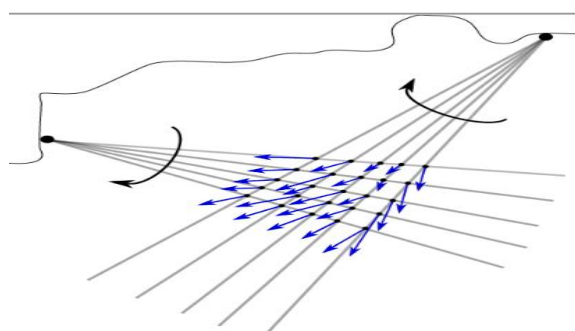
Trong những năm gần đây, radar tần số cao hay thường được gọi là HF radar được sử dụng

rộng rãi trên toàn thế giới để giám sát dòng chảy bề mặt. Về cơ bản, hệ thống trạm radar tần số cao hoạt động giống như một trạm radio trong đó nó phát ra một xung ngắn của tín hiệu radio sau đó phân tích tín hiệu phản xạ lại để tính toán ra dòng chảy bề mặt dựa vào nguyên tắc tán xạ Bragg. Khi các sóng di chuyển, sự dịch chuyển của các sóng này sẽ thay đổi tần số của các tín hiệu quay trở lại, hiện tượng này được gọi là dịch chuyển Doppler. Sự dịch

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84- 984596945
Email: nguyenthumaihus@gmail.com
<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4335>

chuyển Doppler của tín hiệu radio khi bị phản xạ lại từ các sóng bề mặt sẽ cung cấp vận tốc xuyên tâm theo hướng của một trục radar. Các vận tốc xuyên tâm được thu từ nhiều radar (ít nhất hai radar) được kết hợp và nội suy để đưa ra dòng chảy bề mặt.

Radar tần số cao sử dụng dải băng tần từ 3 đến 30 MHz với bước sóng từ 10 đến 100m. Do đó, các hệ thống radar tần số cao có thể đo dòng chảy cho một vùng rộng từ vài km ven biển lên đến 200km ở ngoài khơi. Ưu điểm chính của radar tần số cao là phạm vi giám sát theo không gian và thời gian gần như hoàn toàn tương thích với độ phân giải của các mô hình số hoàn lưu ven biển [1]. Hơn nữa, hệ thống radar tần số cao cung cấp dữ liệu đáng tin cậy ngay cả trong điều kiện thời tiết cực đoan như giông bão, lốc, biển động. Bên cạnh các ưu điểm kể trên, số liệu dòng chảy bề mặt thu thập từ radar tần số cao thường bị gián đoạn cả về không gian và thời gian. Khoảng trống trong dữ liệu có thể được giải thích một phần bởi yếu tố môi trường như tín hiệu thấp do điều kiện bề mặt đại dương. Bên cạnh đó, do cần phải có ít nhất 2 radar hoạt động liên tục mới đưa ra được vận tốc dòng chảy bề mặt nên khi một hoặc hai radar ngừng hoạt động trong thời gian vài tiếng đến một vài ngày cũng gây ra tình trạng mất số liệu [2]. Trên thực tế, để phục vụ công tác tìm kiếm cứu nạn hay khắc phục sự cố tràn dầu có phạm vi thời gian từ vài giờ đến vài ngày nên yêu cầu chuỗi số liệu dòng chảy bề mặt liên tục.

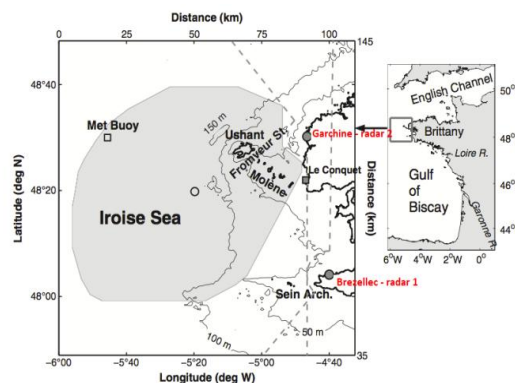


Hình 1. Vận tốc xuyên tâm thu từ hai radar để hình thành vectơ dòng chảy bề mặt.

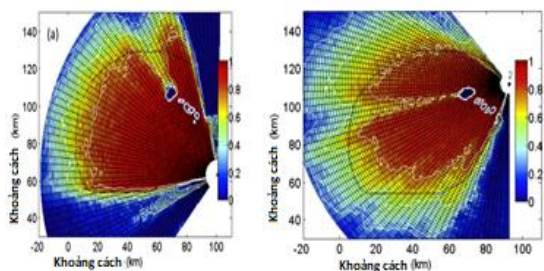
Vi vậy, trong báo cáo này để hoàn thiện chuỗi số liệu dòng chảy bề mặt, các tác giả đã áp dụng các phương pháp và công nghệ được phát triển bởi đội ngũ các nhà khoa học Pháp, các chuyên gia trong lĩnh vực radar tần số cao.

1.2. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu chủ yếu trong báo cáo này là vùng biển Iroise nằm ở phía đông bắc của vịnh Biscay – nơi được giám sát bởi hai trạm radar tần số cao từ năm 2006 (Hình 2a): trạm radar số 1 Brezellec và trạm số 2 Garchine. Hệ thống trạm này được lắp đặt tại bờ tây Brittany để giám sát dòng chảy về mặt lên tới 140 km ngoài khơi và cung cấp vận tốc xuyên tâm mỗi 20 phút. Hầu hết các nhà hải dương học nghiên cứu về hoàn lưu biển Iroise bằng phương pháp đo đạc và phương pháp mô hình số đều chỉ ra rằng hoàn lưu biển Iroise rất khó để nghiên cứu bằng phương pháp in-situ bởi nó bị chi phối bằng dòng triều cực lớn (thường xuyên đạt 3m/s) và tác động của gió tây, tây nam mạnh và hoạt động thường xuyên [3]. Các quá trình vật lý phức tạp đã khiến biển Iroise trở thành một trong những biển nguy hiểm nhất châu Âu. Do đó, số liệu dòng chảy bề mặt thu được từ radar tần số cao mang đến cơ hội tốt để giám sát vùng biển này.



a) Khu vực nghiên cứu – Biển Iroise và hai trạm radar tần số cao. Các trạm radar được kí hiệu bằng chấm tròn màu xám



b) Phần trăm số liệu có sẵn trên miền nghiên cứu (bên trái-Radar 1 Brezellec; bên phải-Radar 2 Garchine)

Hình 2. Mô tả khu vực nghiên cứu và số liệu sử dụng.

2. Số liệu và phương pháp

2.1. Số liệu vận tốc dòng chảy hướng tâm thu được từ radar tần số cao

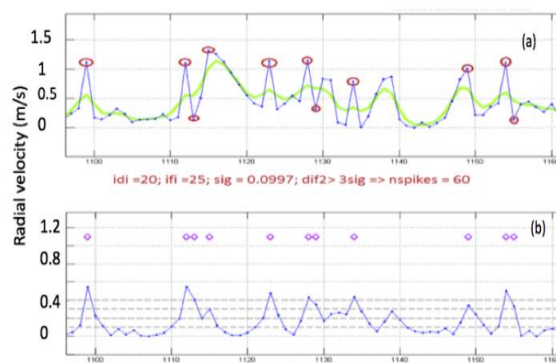
Số liệu đầu vào là vận tốc dòng chảy hướng tâm lấy từ hai trạm radar: trạm radar Brezellec nằm ở phía nam của vùng nghiên cứu; trạm radar 2- Garchine nằm ở phía bắc của vùng nghiên cứu. Hai trạm radar này hoạt động với tần số 12.4MHz quan trắc biển Iroise ở các góc độ khác nhau, thu thập thông tin cần thiết để thiết lập bản đồ vecto dòng chảy bằng cách kết hợp các thành phần xuyên tâm trên bờ mặt mở rộng đến 140km. Dọc theo trục radar, càng xa dần trạm radar thì phần trăm dữ liệu càng giảm dần (**Error! Reference source not found.**). Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả sử dụng số liệu vận tốc xuyên tâm trong 1 năm từ ngày 27 tháng 12 năm 2007 đến 26 tháng 12 năm 2008. Trong 1 giờ các trạm radar cung cấp 3 lần số liệu, mỗi lần cách nhau 20 phút, radar 1 nhận số liệu ở các phút số 10, 30, 50 còn radar 2 nhận các số liệu ở 00, 20, 40 phút. Kết hợp số liệu vận tốc xuyên tâm từ 2 trạm radar ta có được dòng chảy bề mặt mỗi 20 phút.

2.2. Phương pháp

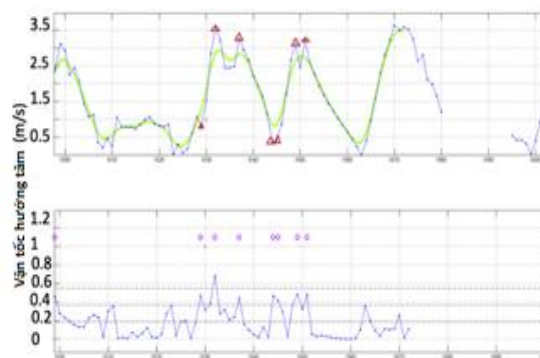
2.2.1. Lọc nhiễu

Bước đầu tiên trong xử lý số liệu thu nhận từ các trạm radar là phát hiện và loại bỏ nhiễu.

Đầu tiên chuỗi vận tốc xuyên tâm sẽ được làm trơn bằng phương pháp Gaussian tạo ra sự thay đổi chậm về giá trị để dễ dàng nhìn thấy xu hướng của số liệu. Độ chênh lệch giữa vận tốc xuyên tâm ban đầu và vận tốc xuyên tâm sau khi là trơn được kí hiệu là Dif. Sau đó, ta so sánh Dif với độ lệch chuẩn (STD). Sự khác biệt giữa 2 điểm liên tiếp khi vận tốc nhỏ là nhỏ hơn so với khi vận tốc lớn, do đó, chúng tôi chia số liệu thành 2 trường hợp để lựa chọn điều kiện lọc nhiễu dựa trên giá trị của vận tốc xuyên tâm.



Hình 1. Chuỗi số liệu vận tốc xuyên tâm theo thời gian— ứng với trường hợp 1 (a) Đường màu xanh lá là vận tốc là trơn; đường màu nước biển là vận tốc xuyên tâm ban đầu và chấm đỏ để thể hiện các điểm nhiễu. (b) Đường màu xanh dương là Dif, chấm tím là thể hiện điểm nhiễu, đường gạch nối màu ghi là n lần STD.



Hình 4. Chuỗi số liệu vận tốc xuyên tâm theo thời gian ứng với trường hợp 2 (a) Đường màu xanh lá là vận tốc là trơn; đường màu nước biển là vận tốc xuyên tâm ban đầu và chấm đỏ để thể hiện các điểm nhiễu. (b) Đường màu xanh dương là Dif, chấm tím là thể hiện điểm nhiễu, đường gạch nối màu ghi là n lần STD.

Trường hợp 1, khi vận tốc xuyên tâm nhỏ hơn 1.5 m/s (TH vận tốc nhỏ), tại 1 điểm nếu (a) Radar1: $Diff > 3*STD$ và (b) Radar 2 $Diff > 2*STD$ thì điểm đó là nhiễu và sẽ bị loại bỏ (Hình 3).

Trường hợp 2, khi vận tốc xuyên tâm lớn hơn 1.5m/s, tại 1 điểm nếu (a) Radar 1: $Diff > 3.5*STD$ và (b) Radar 2: $Diff > 2.5*STD$ thì điểm đó là nhiễu và sẽ bị loại bỏ (Hình 4).

2.2.2. Các phương pháp nội suy

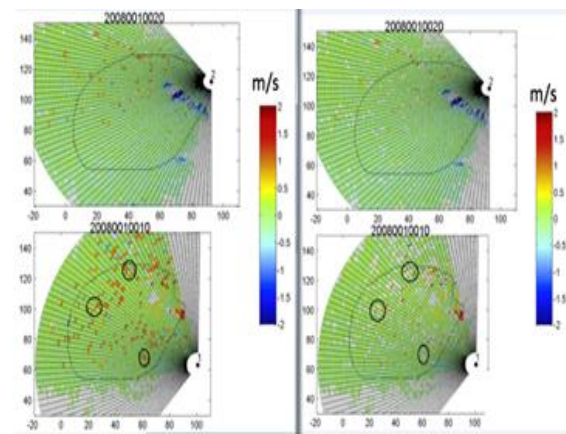
Như đã nêu trên, số liệu lấy từ radar tần số cao hay chứa các khoảng trống dữ liệu, việc lấp đầy các khoảng trống đó để có được chuỗi số liệu liên tiếp về không gian và thời gian rất quan trọng trong phục vụ công tác dự báo để tìm kiếm cứu nạn và khắc phục sự cố tràn dầu. Trong những năm gần đây, nhiều thuật toán được xây dựng để thu được trường vận tốc dòng chảy về mặt từ vận tốc xuyên tâm bởi rất nhiều nhà khoa học. Họ đã chứng minh lợi ích của việc kết hợp hai phương pháp hàm trực giao thực nghiệm EOF và phương pháp nội suy biến thể hai chiều để nâng cao chất lượng số liệu dòng chảy bề mặt bằng radar tần số cao [4, 6]. Hàm nội suy EOF có khả năng lấp đầy khoảng trống số liệu theo thời gian. Sau đó số liệu ấy sẽ được nội suy theo không gian bằng hàm 2dVar được mô tả chi tiết bởi Max Yarechuck và Alexei Sentchev [4, 6].

Trong bài báo này, số liệu sau khi được lọc nhiễu sẽ được chia làm ba trường hợp để nội suy dựa trên các khoảng trống số liệu. Trường hợp 1, nếu số liệu bị khuyết dưới 2h thì ta dễ dàng nội suy bằng phép nội suy tuyến tính. Trường hợp 2, nếu số liệu bị khuyết lớn hơn 2h đến 1- 2 ngày (trường hợp 1 radar ngừng hoạt động) hoặc có phần trăm số liệu có sẵn trên toàn miền nhỏ, số liệu được nội suy bằng EOF. Trường hợp thứ 3, khi số liệu bị thiếu một khoảng thời gian lớn hơn 2h đến 1-2 ngày và (a) khi hai radar ngừng hoạt động cùng một thời điểm hoặc (b) khi một radar ngừng hoạt động, cùng thời điểm đó số liệu từ radar thứ 2 cũng hạn chế thì ta thay thế số liệu radar thứ 2 tại thời điểm đó bằng khoảng số liệu tương ứng

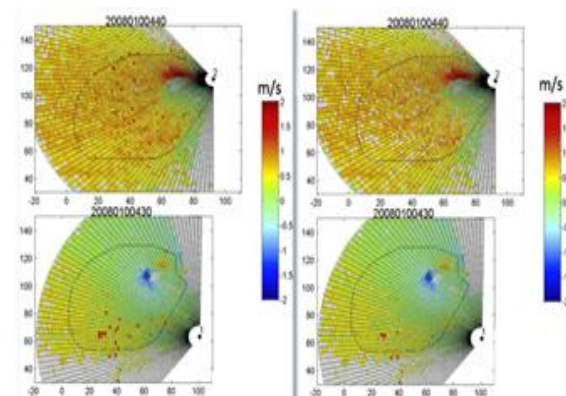
trước hoặc sau 12h24 phút rồi nội suy bằng EOF. Vận tốc xuyên tâm sau khi được nội suy bằng EOF sẽ được nội suy theo không gian bằng 2dVar và cho ra kết quả cuối cùng là vận tốc dòng chảy bề mặt.

3. Kết quả

3.1. Kết quả lọc nhiễu



a) Thời điểm 0h20 tháng 01 năm 2008



b) Thời điểm 4h40 ngày 10 tháng 1 năm 2008

Hình5. So sánh giữa vận tốc xuyên tâm trước và sau khi lọc nhiễu (hình bên trái là số liệu gốc, hình bên phải là số liệu sau khi lọc nhiễu).

So sánh giữa bản đồ vận tốc xuyên tâm trước và sau khi lọc nhiễu được trình bày trên

hình 4 dưới đây. Các số liệu nhiễu sẽ được loại bỏ và tạo thành các ô trống trên bản đồ vận tốc xuyên tâm. Nhìn chung, kết quả so sánh cho thấy, chương trình lọc nhiễu cho kết quả tốt. Việc lọc nhiễu đối với vận tốc lớn (>1.5m/s) (Hình 5b) đem lại kết quả tốt hơn so với lọc nhiễu đối với vận tốc nhỏ (<1.5m/s) (Hình 5a). Trên thực tế, đối với số liệu thu thập từ radar biển khi vận tốc càng nhỏ thì lượng nhiễu càng lớn. Tổng phần trăm nhiễu rơi vào khoảng 10% đến 15%.

3.2. Kết quả sau chương trình nội suy EOF

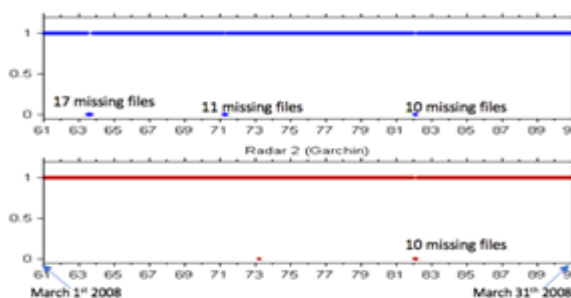
Giai đoạn từ ngày 14 tháng 4 đến ngày 2 tháng 8 năm 2008 (từ ngày 196 đến ngày 215 Julian) là ví dụ tiêu biểu cho trường hợp thứ 2 khi một radar (radar 1- Brezellec) ngừng hoạt động trong thời gian vài giờ đến 16 giờ (tương đương với 49 file dữ liệu bị mất) (Hình 6a). Phần trăm dữ liệu ban đầu bị mất là 37.81%, sau khi nội suy bằng EOF phần trăm dữ liệu được phục hồi là 31.16%. Hình 7a dưới đây trình bày trường vận tốc xuyên tâm ban đầu (đường màu xanh lá cây), trường vận tốc xuyên tâm khi được biến đổi để phù hợp với chương trình EOF (đường màu đỏ) và trường vận tốc xuyên tâm sau khi nội suy bằng EOF (đường màu xanh nước biển) theo thời gian, khi số liệu đầu đủ thì ba đường này sẽ trùng nhau. Kết quả cho thấy hàm trực giao thực nghiệm EOF hoạt động rất hiệu quả trong việc lấp đầy khoảng trống dữ liệu.

Giai đoạn từ ngày 5 tháng 11 đến ngày 4 tháng 12 năm 2007 là ví dụ điển hình cho trường hợp 3 khi cả hai radar ngừng hoạt động cùng một thời điểm và số liệu từ radar 1 là hạn chế (Hình 6b). Giải pháp được đưa ra cho trường hợp này là thay thế đoạn số liệu lấy từ radar 1 trong thời kỳ radar 1 và radar 2 cùng ngừng hoạt động bằng đoạn số liệu trước đó (cách một khoảng 12h25 phút bằng chu kỳ của sóng triều M2), sau bước này phần trăm số liệu bị mất chỉ giảm 0.86 % (từ 43.96% xuống còn 43.10%) nhưng chương trình EOF có thể hoạt động được. Sau khi nội suy bằng EOF phần trăm số liệu bị mất đã giảm mạnh từ 43.10% xuống còn 7.63%. Chương trình EOF đã hoạt

động rất tốt khi tái tạo được 35.47% số liệu đã mất. Hình 7b và hình 8 dưới đây minh họa hiệu quả của chương trình nội suy EOF trong việc tái tạo số liệu đã mất.

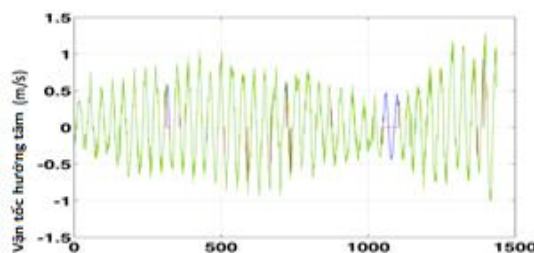


(a) Giai đoạn từ ngày 14 tháng 07 đến ngày 2 tháng 08 năm 2008 (tương ứng với ngày 196 đến 215 Julian)

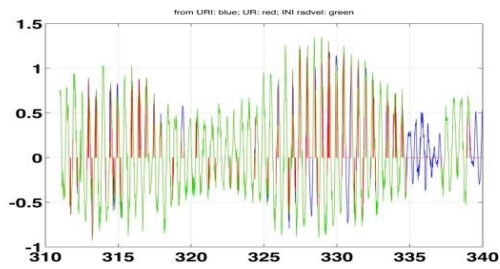


(b) giai đoạn từ ngày 5 tháng 11 đến ngày 4 tháng 12 năm 2007 (tương ứng với ngày 311 đến 340)

Hình 6. Phần trăm số liệu vận tốc xuyên tâm (0 -1 tương ứng với 0-100%).

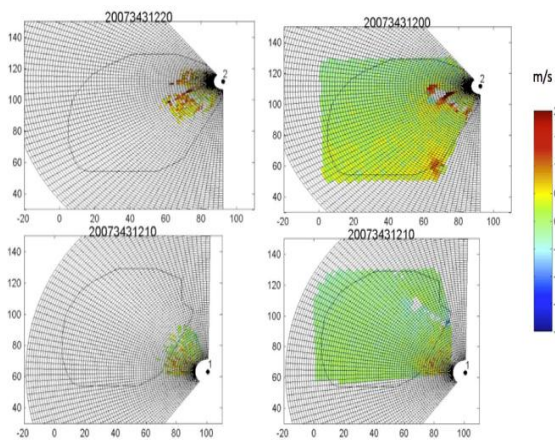


(a) số liệu từ radar 1 trong giai đoạn từ ngày 14 tháng 7 đến ngày 02 tháng 8 năm 2008



(b) số liệu từ radar2 trong giai đoạn từ ngày 5 tháng 11 đến 4 tháng 12 năm 2007

Hình 7. Vận tốc xuyên tâm theo thời gian. Đường màu xanh lá là vận tốc xuyên tâm ban đầu; đường màu đỏ là vận tốc xuyên tâm trên lưới mới của chương trình nội suy EOF; đường xanh nước biển là vận tốc xuyên tâm sau khi nội suy bằng EOF.

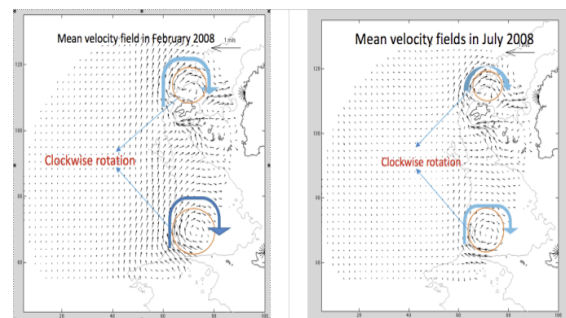


Hình 8. So sánh bản đồ vận tốc xuyên tâm ban đầu (hình bên trái) và bản đồ vận tốc xuyên tâm sau khi nội suy bằng EOF cho ngày 7 tháng 12 năm 2007.

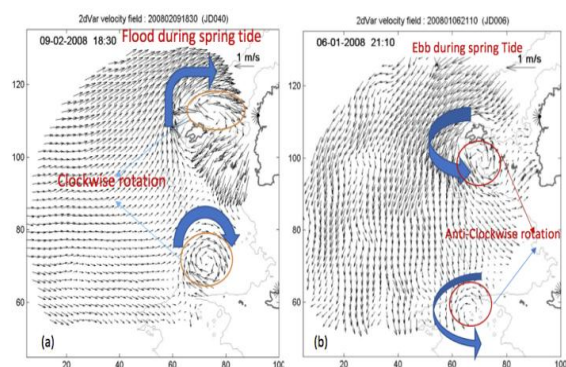
3.3. Nội suy 2dvar

Sau chương trình hàm biến thể hai chiều 2dVar, chúng ta nhận được bộ số liệu vận tốc dòng chảy bề mặt U, V hoàn thiện cho một năm từ tháng 10 năm 2007 đến tháng 9 năm 2008, số liệu này rất hữu ích để ứng dụng rất nhiều ứng dụng khác nhau. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả sử dụng bộ số liệu đã được hoàn thiện để nghiên cứu xoáy và dòng chảy quanh hai đảo lớn trong khu vực nghiên cứu là đảo Ushant và Sein Arch. Kết quả trường vận tốc trung bình tháng cho một năm từ tháng 10/2007

đến tháng 9/2008 đã chỉ ra sự tồn tại thường trực của hai xoáy thuận quanh đảo Ushant phía đông bắc và đảo Sein Arch phía đông nam của biển Iroise (Hình 9). Tuy nhiên khi đi vào phân tích chi tiết sự biến thiên dòng chảy bề mặt cho thấy, trong pha nước cao của kì triều cường tồn tại tại xoáy thuận ở hướng khuất gió của đảo Ushant và hướng tây bắc của đảo Sein Arch (Hình 10a). Trong pha nước thấp của kì triều cường xuất hiện xoáy nghịch xung quanh hướng hướng biển của đảo Ushant và đảo Sein Arch (Hình 10b). Các xoáy xuất hiện quanh hai đảo Ushant và Sein Arch thường tồn tại từ 1 đến 2 giờ và vận tốc trung bình trong khoảng 0.3 đến 0.5 m/s. Theo kết quả phân tích dòng chảy bề mặt cho thấy vận tốc dòng chảy đạt cực đại 4 m/s ở phía bắc đảo Ushant vào tháng 5 năm 2008 và đạt 2.7 m/s ở phía tây nam đảo Sein Arch vào tháng 6 năm 2008.

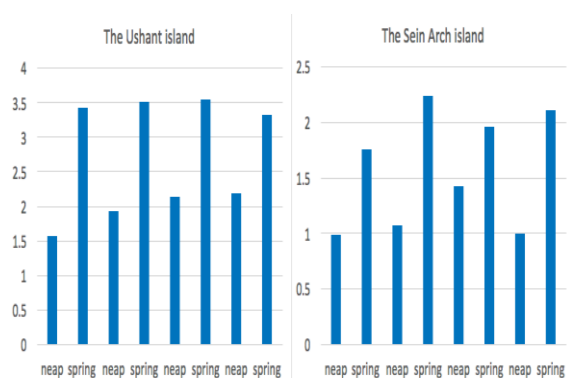


Hình 9. Trường vận tốc dòng chảy trung bình tháng năm 2008.



Hình 10. Dòng chảy bề mặt trên toàn miền nghiên cứu (a) vào pha nước cao trong kì triều cường; (b) vào pha nước thấp trong kì triều cường.

Như đã đề cập bên trên, trường dòng chảy trên biển Iroise rất phức tạp do tác động của dòng triều cực mạnh. Trong phần này, các tác giả thực hiện phân tích chi tiết cho vận tốc dòng chảy bề mặt lúc triều cường và triều kiệt tại vị trí quanh đảo Ushant và Sein Arch cho hai tháng liên tiếp tháng 2 và tháng 3 năm 2008. Kết quả phân tích chi tiết biến đổi vận tốc dòng chảy quanh hai đảo cho thấy vận tốc cực đại thường xuất hiện 3 giờ trước khi thủy triều đạt cực đại trong kì triều cường và khi thủy triều đạt cực tiểu trong thời kì triều kiệt. Trên biển Iroise, vận tốc dòng chảy thường đạt cực đại ở phía đông nam và tây bắc của đảo nơi tiếp xúc với dòng chảy triều. Các kết quả cũng cho thấy vận tốc dòng chảy trong kì triều cường thường cao hơn 3m/s và trong kì triều kiệt vận tốc dòng chảy thường vượt qua 1.5 m/s. Biến thiên trung bình của vận tốc dòng chảy giữa kì triều cường và triều kiệt quanh đảo Ushant là 1.5 m/s. Từ tháng 2 đến tháng 3 năm 2008, vận tốc cực đại đạt 3.6 m/s xảy ra lúc 8h30 ngày 9 tháng 3 năm 2008. Trong thời kì nước kiệt, vận tốc đạt cực đại 2.2 m/s xảy ra vào 4h10 ngày 17 tháng 3 năm 2008. Phía nam biển Iroise, vận tốc cực đại xuất hiện ở phía nam đảo Sein Arch trong kì triều cường vận tốc dòng chảy thường đạt 2 m/s và trong kì triều kiệt, vận tốc dòng chảy thường cao hơn 1 m/s. Biến thiên trung bình của vận tốc dòng chảy giữa kì triều cường và triều kiệt quanh đảo Sein Arch là 0.9 m/s.



Hình 11. Vận tốc dòng chảy lớn nhất tại kì triều cường và triều kiệt ở quanh đảo Ushant (bên trái) và đảo Sein Arch (bên phải).

Từ tháng 2 đến tháng 3 năm 2008, vận tốc cực đại quanh đảo Sein Arch đạt 2.4 m/s tại thời điểm 10h10 ngày 24 tháng 2 năm 2008. Trong kì triều kiệt vận tốc cực đại đạt 1.4 m/s xảy ra tại 18h10 ngày 4 tháng 3 năm 2008.

3.4. Ứng dụng thử nghiệm phương pháp nội suy 2dvar cho số liệu radar Codar Seasonde ở Việt Nam

Tại Việt Nam, hệ thống quan trắc Radar biển gồm 03 trạm Radar biển tầm xa do hãng Codar sản xuất đã được triển khai dọc bờ biển Việt Nam tại khu vực vịnh Bắc Bộ hoạt động ở tần số 4.65 MHz với tầm quan trắc từ 220 – 300 km hiện do Trung tâm Hải văn quản lý. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả đã bước đầu áp dụng phương pháp nội suy biến thể hai chiều 2dvar cho số liệu lấy từ các trạm radar lắp đặt để quan sát vịnh Bắc Bộ, Việt Nam. Năm 2017, Trung tâm Hải văn bắt đầu đưa hệ thống phao trôi vào sử dụng để nghiên cứu hoàn lưu vịnh Bắc Bộ. Ngày 29 tháng 7 năm 2017 phao trôi bắt đầu được thả tại Hà Tĩnh nơi nằm trong tầm quan trắc của hệ thống radar biển. Do đó, các tác giả sử dụng số liệu thu thập từ phao trôi để so sánh với số liệu đã được xử lý bằng phương pháp nội suy OMA và phương pháp nội suy 2dVar.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng bộ số liệu dòng chảy tầng mặt quan trắc từ radar biển trong khoảng thời gian từ 29 tháng 07 năm 2017 đến 05 tháng 8 năm 2017 để ứng đánh giá phương pháp 2dVar cho bộ số liệu tại Việt Nam. Phương pháp chúng tôi sử dụng để đánh giá là mô hình GNOME để dự báo hướng di chuyển của phao và so sánh với số liệu thực đo. Phương trình cơ bản của mô hình GNOME được trình bày như sau [5]:

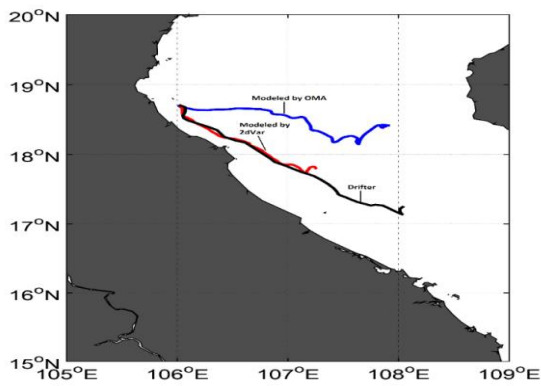
$$x = x_0 + \int_{t_0}^{t_1} u(x, y, t) dt + R_{(0,1)} \sqrt{6D(t_1 - t_0)}$$

(1)

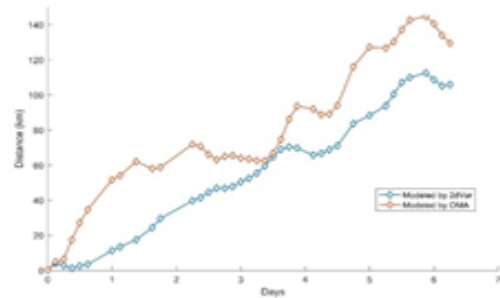
$$y = y_0 + \int_{t_0}^{t_1} v(x, y, t) dt + R_{(0,1)} \sqrt{6D(t_1 - t_0)}$$

(2)

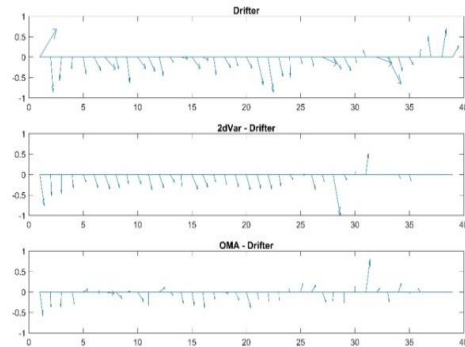
trong đó x, y là vị trí của phao trôi ở thời gian t , $[u(x,y,t), v(x,y,t)]$ là thành phần dòng chảy theo phương x, y ; $[x_0, y_0; t_0]$ là vị trí và thời gian ban đầu, D là hệ số khuếch tán, $R(0,1)$ là hệ số khuếch tán của mô hình random walk. Hệ số khuếch tán thường được lấy $100\text{m}^2/\text{s}$. Số liệu sau khi nội suy bằng phương OMA và 2dVar được sử dụng làm số liệu đầu vào cho mô hình GNOME để thử nghiệm khả năng dự báo quỹ đạo đường đi của phao. Chúng tôi chạy chương trình GNOME trong thời gian 150h, kết quả đầu ra được lưu lại sau mỗi giờ. Hình 11 đến hình 13 là kết quả so sánh giữa đường đi của phao trôi được mô phỏng bằng số liệu thực đo và số liệu đầu vào sau khi nội suy bằng OMA và 2dVar. Mặc dù cả số liệu của cả 2 phương pháp đều cho thấy sai số ngày càng tăng dần theo thời gian nhưng số liệu từ phương pháp 2dVar cho kết quả tốt hơn so với OMA (Hình 12). Sai số trung bình giữa mô phỏng bằng phương pháp 2dVar và số liệu phao trôi là 0.15m/s và giá trị sai số căn quân phương (RMSE) là 0.34 m/s . Trong 24h đầu tiên, phương pháp 2dVar cho thấy khả năng dự báo rất tốt với khoảng cách sai số chỉ khoảng 10km , điều này rất có ý nghĩa trong công tác dự báo tìm kiếm cứu nạn cũng như khắc phục sự cố tràn dầu.



Hình 12. Sánh đường đi của phao trôi (đường màu đen), dự báo quỹ đạo đường đi của phao trôi bằng số liệu kết quả từ phương pháp 2dVar (đường màu đỏ), phương pháp OMA (đường màu xanh dương).



Hình 13. Khoảng cách của đường dự báo quỹ đạo đường đi của phao trôi bằng kết quả của phương pháp 2dVar (màu xanh dương) và kết quả từ phương pháp OMA (màu da cam) với đường đi thực tế của phao trôi trong thời gian 7 ngày.



Hình 14. Vector dòng chảy dọc theo quỹ đạo phao trôi (hình trên cùng), dự báo quỹ đạo của phao trôi từ kết quả của phương pháp 2dVar (hình ở giữa), dự báo quỹ đạo của phao trôi từ kết quả của phương pháp OMA (hình dưới cùng).

4. Kết Luận

Trong nghiên cứu này, dựa trên kinh nghiệm thực tế và quan sát các tác giả đã đưa ra được bộ tiêu chí tốt để lọc nhiễu số liệu vận tốc xuyên tâm thu thập từ hệ thống radar biển tần số cao. Đồng thời việc ứng dụng các phương pháp nội suy bằng hàm trực giao thực nghiệm EOF và hàm biến thể hai chiều 2dVar cho kết quả tốt trong việc lấp đầy các khoảng trống dữ liệu cả về không gian và thời gian. Từ đó, các tác giả đã hoàn thiện bộ dữ liệu dòng chảy bề

mặt thu thập từ radar biển với độ phân giải cao (cả về không gian và thời gian tương ứng là 20 phút và 1 km), thành công này mở ra cơ hội để nâng cao khả năng dự báo phục vụ công tác tìm kiếm cứu hộ, cứu nạn và khắc phục sự cố tràn dầu.

Khi bước đầu áp dụng phương pháp nội suy biển thể hai chiều 2dVar vào số liệu radar biển Việt Nam và so sánh với số liệu đo đạc từ phao trôi trong cùng một thời điểm cho thấy kết quả phù hợp.

Tài liệu tham khảo

- [1] Yaremchuk, M., and A. Sentchev, 2011: A combined EOF/variational approach for mapping radar-derived sea surface currents, *Cont. Shelf Res.*, 31,758-768.
- [2] Shay, L. K., J. Martinez-Pedala, T. M. Cook, and B. K. Haus (2007) High-frequency radar mapping of surface currents using WERA. *J. Am. Oceanic Tech.*, 24,484-503.
- [3] Sentchev, A., P. Forget, Y. Barbin, and M. Yaremchuk, 2012: Surface circulation in the Iroise Sea (Western Brittany) derived from high resolution current mapping by HF radars. *J. Marine Systems* (in press).
- [4] Max Yarechuck, Alexei Sentchev (2013) Interpolation of the Radial Velocity Data from Coastal HF Radars. Naval Research Lab Stennis Detachment Stennis Space Center Ms Oceanography Div. ADA583326.
- [5] NOAA Office of Response and Restoration. General NOAA oil spill modelling environment (GNOME) Technical Documentation.
- [6] Richard E. Thomson, William J. Emery-Data Analysis Methods in Physical Oceanography, Third Edition-Elsevier Science (2014).

Applying the Method of EOF Interpolation and 2dVar to Complete the Ocean Surface Current Data Obtained from HF Radar System

Nguyen Thi Thu Mai¹, Alexei Sentchev², Tran Manh Cuong³

¹VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

²Université du Littoral – Côte d'Opale, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, UMR 8187-LOG, 32 avenue Foch, 62930 Wimereux, France

³Center for Oceanography, Vietnam Administration of Seas and Islands, MONRE, No. 8 Phao Dai Lang, Hanoi, Vietnam

Abstract: There are now over 350 high frequency radar (HF radar) stations operating on the coast of 37 countries around the world that allow the mapping of ocean surface current. However, observation from HF radars are often interrupted (loss of data) in both space and time due to signal inference, backscatters, ocean state. Therefore, in this study, we will present a method to improve the surface current data collected from HF radar system. Firstly, the radial surface current data will be filtered intermittently, then the result is interpolated over time and space by the orthogonal experimental EOF and the 2dVar bi-directional variable interpolation. In addition, the authors have initially applied 2dVar interpolation method to the HF radar data in Vietnam and received initial positive results. The methods used in this paper promise to be effective when applied to improve surface flow data obtained from HF radar stations in Vietnam in the future.

Keywords: EOF interpolation, 2dVar, Iroise sea, HF radar, ocean surface current.