

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP LOWESS TRONG NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC NHIỆT MUỐI VỊNH BẮC BỘ

Hà Thanh Hương, GS. TS. Đinh Văn Ưu - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội
Đinh Văn Mạnh - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Cấu trúc nhiệt muối trong biển luôn được quan tâm hàng đầu trong nghiên cứu biển. Vịnh Bắc Bộ là khu vực nghiên cứu khá lý tưởng do vùng này chịu các tác động phức tạp của các sông, sự phân hóa trường gió và chế độ nhiệt trên mặt biển. Trong thời gian qua chúng tôi đã ứng dụng phương pháp bình phương tối thiểu có trọng số (LOWESS) để xây dựng mặt cong trơn thể hiện sự phân hóa cấu trúc nhiệt độ, độ muối theo trường bề mặt và theo độ sâu nhằm tiệm cận gần đúng nhất sự phân hóa đa dạng của các trường này trong nghiên cứu các trường thủy văn biển trên khu vực nghiên cứu. Trong bài báo này đưa ra phương pháp xây dựng mặt cong trơn biến thiên của nhiệt độ, độ muối theo độ sâu khu vực Vịnh Bắc Bộ thông qua sử dụng các số liệu khảo sát đo đạc thu thập. Với phương pháp mới này chúng ta hoàn toàn có thể xây dựng một cấu trúc 3 chiều nhiệt độ, độ muối tin cậy trên toàn Vịnh khi có được trường bề mặt ban đầu phục vụ cho các mô hình dự báo biển và đã khẳng định tính hiệu quả của phương pháp xây dựng mặt cong cấu trúc nhiệt muối trong nghiên cứu biển.

1. Đặt vấn đề

Bài toán xác định cấu trúc hoàn lưu biển đã và đang được các nhà khoa học quan tâm bởi tính ứng dụng thiết thực của trường này trong các ngành công nghiệp biển.

Vịnh Bắc Bộ là khu vực phát triển kinh tế du lịch chiến lược của nước ta, vì vậy việc xác định biến động cấu trúc hoàn lưu Vịnh có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong bối cảnh phát triển kinh tế - xã hội hiện nay khi mà các hoạt động kinh tế của con người gây ảnh hưởng nghiêm trọng cho vùng Vịnh này.

Phương pháp bình phương tối thiểu có trọng số (LOWESS) đã được Cleveland (1979) đưa ra và lần đầu tiên được ứng dụng để xây dựng mặt cong biến thiên cấu trúc nhiệt muối theo trường bề mặt và theo độ sâu nhằm phục vụ các mô hình nghiên cứu biển.

2. Cơ sở dữ liệu và phương pháp xây dựng cấu trúc nhiệt muối theo độ sâu

a. Cơ sở dữ liệu

- Trường số liệu đồng hóa từ ảnh viễn thám nhiệt độ nước mặt biển (SST) cập nhật theo hệ thống MODAS của phòng Nghiên cứu Hải quân Hoa kỳ (NRC).

- Các phân bố nhiệt độ, độ muối theo phương thẳng đứng được căn cứ theo các số liệu trong bộ

Atlas đại dương thế giới (WOA2001, WOA 2005, WOA 2009).

- Các số liệu đo đạc khảo sát của các đề tài được lưu trữ tại Viện nghiên cứu Hải sản, số liệu của dự án hợp tác Việt- Xô, Việt -Trung

Đặc điểm các số liệu đo đạc khảo sát theo độ sâu:

• Số liệu CTD:

- Đo đạc tại các trạm không liên tục và không đồng bộ được cập nhật từ tháng 1/2006 đến tháng 5/2013.

- Các trạm đo khá dày ở phía bờ Tây Vịnh.

• Số liệu các chuyến khảo sát của dự án Việt - Xô, Việt - Trung ít nhưng có giá trị cao vì nằm ở phần bờ Đông Vịnh.

• Số liệu WOA có rất ít tập trung chủ yếu ở vùng cửa Vịnh.

b. Phương pháp xây dựng cấu trúc nhiệt muối theo độ sâu

1) Các phương pháp truyền thống

Các nghiên cứu trước đây nhiều tác giả đã xây dựng profile của nhiệt độ, độ muối theo độ sâu theo các phương pháp:

- Theo hàm vạn năng

- Theo hàm Splines

- Theo hàm đa thức bậc cao.

Trong đó:

• Xây dựng phân bố nhiệt độ theo độ sâu bằng hàm Splines trở nên khá phổ biến trong những năm gần đây [1]. Ưu điểm của phương pháp này là luôn thỏa mãn được những điểm kì dị đột biến của trường nhiệt muối và luôn bám sát được theo quy luật phân bố của những trường này khi xét tại một điểm. Tuy nhiên, nhược điểm lại thể hiện ở chỗ với những nguồn số liệu đo đạc khác nhau và khả năng đo của các chuyển khảo sát khác nhau nên trước khi sử dụng nguồn số liệu này để xây dựng hàm Splines phân bố nhiệt độ độ muối thường phải quy về các tầng chuẩn cố định để thực hiện điều này lại gây ra sự lãng phí nguồn số liệu đo đạc. Với những khu vực có sự phân hóa nhiệt độ mạnh theo không gian như Vịnh Bắc Bộ thì việc ứng dụng hàm Splines để xác định cấu trúc nhiệt muối đại diện cho một vùng giới hạn cũng gây ra nhiều sai số đáng kể.

• Xây dựng phân bố nhiệt độ theo độ sâu bằng hàm đa thức bậc cao [2]. Trong những nghiên cứu trước đây về cấu trúc nhiệt muối vùng nước nông người ta thường lấy giá trị nhiệt muối theo tầng sâu để xây dựng hàm profile nhiệt độ độ muối dưới dạng các hàm đa thức bậc cao cỡ bậc 5, 6 tương ứng với 5, 6 tầng sâu đã chia. Ưu điểm của phương pháp này là đảm bảo khi có một chuỗi số liệu nhiệt muối thì hàm đa thức bậc cao sẽ đi qua tất cả các điểm giá trị theo tầng của chuỗi số liệu đó. Tuy nhiên, sai số sẽ xuất hiện tại các điểm uốn ở hai đầu, một hàm phân bố không đại diện được phân bố chuẩn đối với một khu vực biến thiên nhiệt muối lớn theo không gian cũng như thời gian.

• Để khắc phục những nhược điểm của các phương pháp trên tác giả đã xây dựng mặt cong phân bố nhiệt độ độ muối theo độ sâu và theo nhiệt độ bề mặt bằng phương pháp bình phương tối thiểu có trọng số địa phương (LOWESS). Việc xây dựng mặt cong nhiệt độ và độ muối cho khu vực Vịnh Bắc Bộ này là khả thi hơn các phương pháp khác bởi:

- Tận dụng được triệt để vị trí các điểm đo (thể hiện được sự phân hóa nhiệt độ theo phương ngang).

- Tận dụng nguồn số liệu đồng hóa từ ảnh viễn thám để xây dựng trường 3D nhiệt độ theo độ sâu.

- Mô phỏng tương đối những khu vực ít số liệu

Tại sao phải xây dựng mặt cong nhiệt độ theo độ sâu? Bởi vì:

- Dữ liệu không đồng bộ cả về không gian và thời gian.

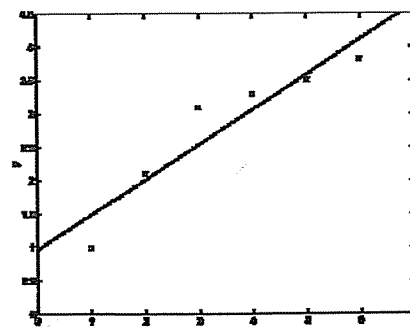
- Khu vực nghiên cứu có sự biến động mạnh của nhiệt độ, độ muối.

- Dữ liệu ít (khó khăn khi chia nhỏ khu vực).

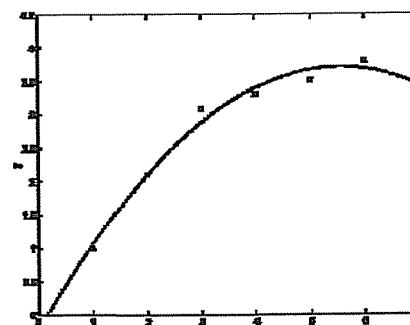
2) Phương pháp LOWESS

Phương pháp LOWESS (locally weighted scatter plot smooth) là một phương pháp hồi quy tuyến tính có trọng số địa phương dùng để xấp xỉ tập dữ liệu rời rạc bằng mặt trơn.

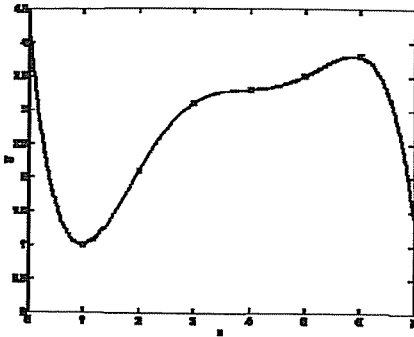
Khi ta xấp xỉ một tập điểm rời rạc bằng đường thẳng trong hình thứ 1, ta thấy hầu hết các điểm đều nằm xa ngoài đường thẳng. Vì vậy xấp xỉ này không tốt. Khi ta dùng đa thức bậc hai như trong hình thứ 2 ta nhận được một xấp xỉ tốt hơn vì hầu hết các điểm đều nằm trên hoặc gần đường cong. Nếu tăng lên thành đa thức bậc 5, ta sẽ nhận được một đường cong đi qua tất cả các điểm của tập dữ liệu hình thứ 3. Tuy nhiên, chúng ta không mong đợi đường cong có thể dự báo tốt vì sự dao động lớn của đường cong tại các điểm đầu mút.



Hình 1 . Xấp xỉ tuyến tính chuỗi số liệu rời rạc



Hình 2 . Xấp xỉ dạng đa thức bậc 2 chuỗi số liệu rời rạc



Hình 3 . Xấp xỉ dạng đa thức bậc 5

Như chúng ta thấy ở ví dụ trên, một vài giá trị của tập dữ liệu ở hai đầu mút có thể ảnh hưởng rõ rệt đến đường cong xấp xỉ. Đây cũng chính là khó khăn chung đối với chúng ta khi sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu. Để khắc phục điều này, Cleveland (1979) đã đưa ra phương pháp LOWESS. Trong phương pháp này để xác định giá trị xấp xỉ của hàm số tại 1 điểm x ta sẽ dùng 1 lân cận các điểm quanh x với số lượng cố định và gán cho mỗi điểm một trọng số, trọng số này sẽ giảm dần khi các điểm càng cách xa x . Sau đó áp dụng phương pháp bình phương tối thiểu có trọng số để tìm giá trị xấp xỉ tại x . Quá trình này được lặp lại cho mỗi điểm x thuộc tập dữ liệu.

Các bước thực hiện: Giả sử tập dữ liệu gồm n giá trị đo đạc z_{ij} tại các điểm trong mặt phẳng. Ta cần xây dựng hàm xấp xỉ cho tập điểm trên.

1. Cố định một giá trị q và quanh mỗi điểm $p_{ij} = (x_{ij}, y_{ij})$ ta sẽ chọn 1 lân cận gồm $2\left\lceil \frac{qn}{2} \right\rceil$ điểm dung để xấp xỉ giá trị của hàm. Giá trị q càng lớn thì hàm nhận được càng trơn, nhưng khả năng mô tả chính xác tập dữ liệu sẽ giảm đi.

2. Gọi d_{ij} là khoảng cách từ điểm xa nhất trong lân cận đến điểm p_{kl} đang xét. Khi đó trọng số w_{kl} của điểm p_{kl} trong lân cận được xác định như sau:

$$w_{kl} = T\left(\frac{|p_{ij} - p_{kl}|}{d_{ij}}\right) \quad (1)$$

trong đó:

$$|p_{ij} - p_{kl}| = \sqrt{(x_{ij} - x_{kl})^2 + (y_{ij} - y_{kl})^2} \quad (2)$$

và hàm trọng T xác định bởi:

$$T(u) = \begin{cases} (1 - |u|^3)^3 & \text{khí } |u| < 1 \\ 0 & \text{khí } |u| \geq 1 \end{cases} \quad (3)$$

Như vậy trọng số của điểm p_{ij} đang xét được

gán bằng 1, còn trọng số của các điểm p_{kl} trong lân cận của nó sẽ giảm dần cho đến những điểm cách xa p_{ij} nhất sẽ có trọng số bằng 0.

3. Để tính giá trị xấp xỉ $f(x_{ij}, y_{ij})$ ta sẽ dùng phương pháp bình phương tối thiểu có trọng số.

Ta đặt:

$$\begin{aligned} a_{estimate} &= \frac{\sum_{k,l} w_{kl}^2 (x_{kl} - \bar{x})(z_{kl} - \bar{z})}{\sum_{k,l} w_{kl}^2 (x_{kl} - \bar{x})^2} \\ b_{estimate} &= \frac{\sum_{k,l} w_{kl}^2 (y_{kl} - \bar{y})(z_{kl} - \bar{z})}{\sum_{k,l} w_{kl}^2 (y_{kl} - \bar{y})^2} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{và } c_{estimate} = \bar{z} - a_{estimate} \bar{x} - b_{estimate} \bar{y}.$$

Trong đó $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ là các trung bình theo trọng số:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{k,l} w_{kl} x_{kl}}{\sum_{k,l} w_{kl}}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{k,l} w_{kl} y_{kl}}{\sum_{k,l} w_{kl}}, \quad \bar{z} = \frac{\sum_{k,l} w_{kl} z_{kl}}{\sum_{k,l} w_{kl}} \quad (5)$$

Ta nhận được giá trị xấp xỉ tại p_{ij} :

$$f(x_{ij}, y_{ij}) = a_{estimate} x_{ij} + b_{estimate} y_{ij} + c_{estimate} \quad (6)$$

3. Các kết quả ứng dụng phương pháp LOWESS xây dựng mặt cong nhiệt độ, độ muối theo độ sâu.

Có thể thấy rằng với trường nhiệt độ phân hóa mạnh theo mặt rộng ở khu vực vịnh Bắc Bộ trong tháng 1 (biến thiên từ 18,5 - 22,5 độ vĩ trong phạm vi 1x1 độ kinh vĩ) như trong hình 4 thì việc xác định một profile chuẩn của nhiệt độ theo độ sâu trong phạm vi này sẽ gây ra những sai số lớn.

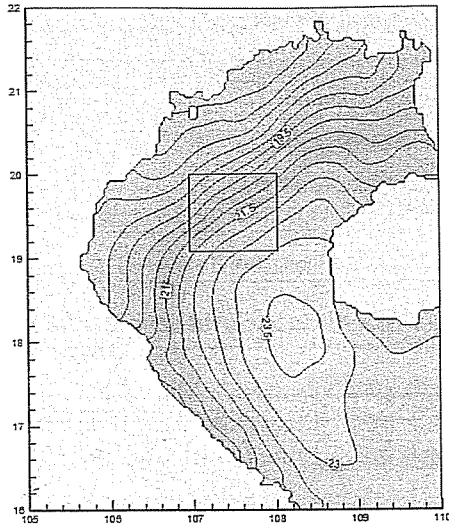
Trên cơ sở lý thuyết của phương pháp LOWESS ta tiến hành xác định mặt nhiệt độ và độ muối bằng việc xác định các giá trị trong đó z là biến nhiệt độ hoặc độ muối, x là biến nhiệt độ hoặc độ muối bề mặt được lấy từ dữ liệu nhiệt độ bề mặt được đồng hóa bằng ảnh vệ tinh của cơ sở dữ liệu MODAS, y là biến theo độ sâu, hàm f được xác định từ cơ sở dữ liệu đo đạc thu thập được. Sử dụng tham số q để hiệu chỉnh.

Toàn bộ chương trình tính toán được viết trên phần mềm Matlab đã được thực hiện:

- Xây dựng mặt cong nhiệt độ, độ muối biến đổi theo độ sâu và theo nhiệt độ, độ muối bề mặt.

- Với mỗi giá trị kinh độ vĩ độ và nhiệt độ hay độ muối bề mặt ta có thể đưa ra được 1 profile theo độ

sâu tương ứng nằm trên mặt cong tại lát cắt là giá trị bề mặt.

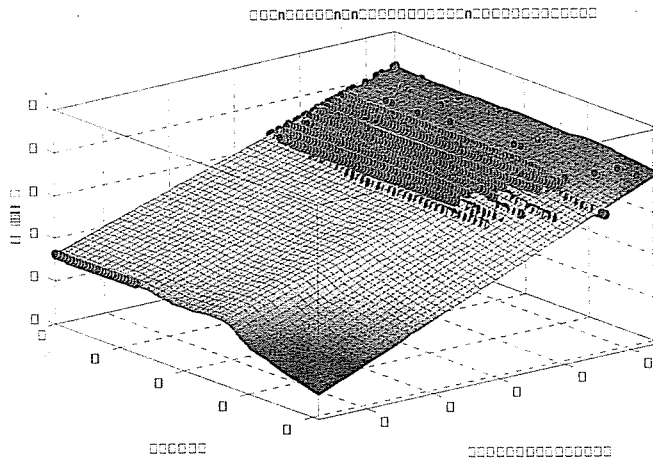


Hình4. Phân hóa nhiệt độ mặt trung bình tháng 1

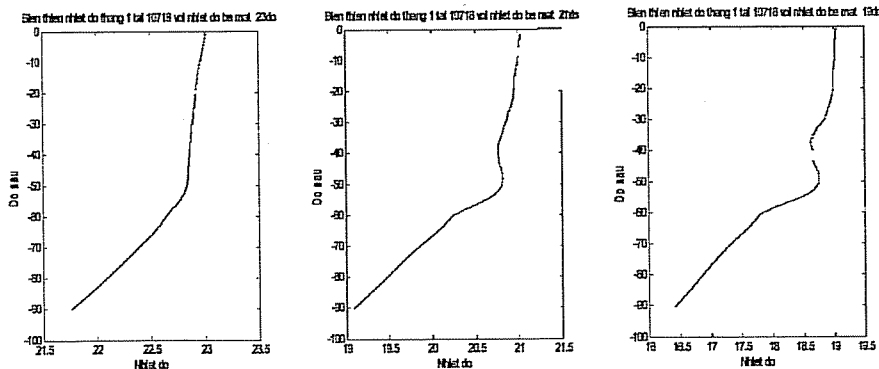
Hình 5, 7 cho ta mặt cong biến thiên của nhiệt độ theo độ sâu và theo sự phân hóa của nhiệt độ bề mặt tại vùng giới hạn bởi 107-108°E và 18-19°N

(khu vực giữa Vịnh Bắc Bộ) tháng 1 và tháng 7 trong nhiều năm, các điểm sáng trên hình thể hiện các giá trị đo đạc, khảo sát theo độ sâu tại khu vực này. Có thể thấy rằng các chuỗi nhiệt độ đo đạc theo độ sâu tại khu vực giới hạn này có nhiệt độ bề mặt biến thiên từ 19,2 - 24 độ ở tháng 1 và từ 28,6 - 31 độ trong tháng 7 nằm rải rác trong toàn vùng và được đo đạc không đồng bộ vào các ngày khác nhau trong tháng và trong nhiều năm. Mặt cong được xây dựng theo phương pháp LOWESS phân bố nhiệt độ theo độ sâu đã thể hiện rất tốt sự biến thiên này.

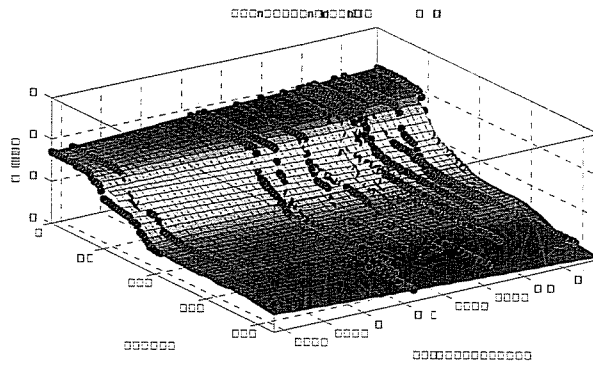
Ứng với mỗi giá trị nhiệt độ bề mặt ban đầu ta sẽ có 1 profile tương ứng với nhiệt độ đó, các profile tại các vị trí có nhiệt độ bề mặt khác nhau sẽ khác nhau (hình 6, 8). Dựa vào các profile nhiệt độ ta cũng có thể thấy được xu thế độ dày của lớp đồng nhất nhiệt phát triển xuống các tầng nước khá sâu vào mùa đông (40 - 50 m) và tương đối mỏng vào mùa hè (10 m) ở khu vực giữa Vịnh.



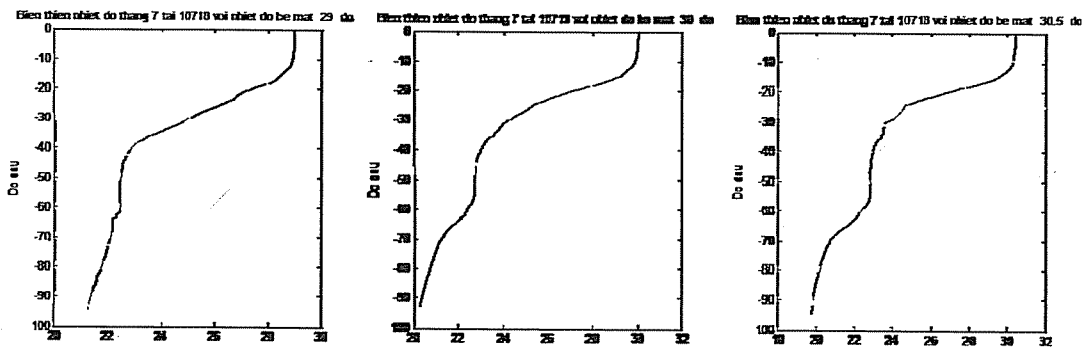
Hình 5. Mặt cong nhiệt độ tháng 1 theo độ sâu và theo biến thiên nhiệt độ tầng mặt tại khu vực 107-108°E và 18-19°N Vịnh Bắc Bộ



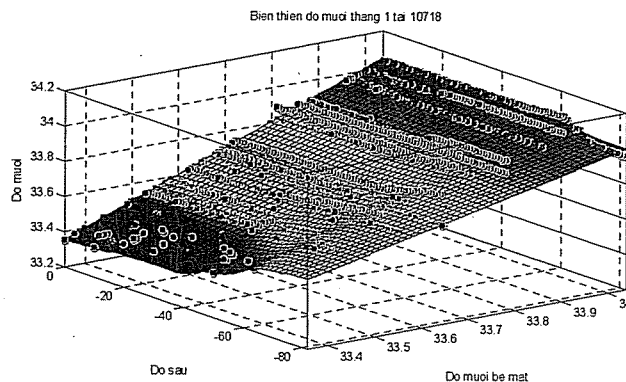
Hình 6. Profile nhiệt độ tháng 1 khu vực 107-108°E và 18-19°N theo các lát cắt với nhiệt độ bề mặt tương ứng là 23 độ, 21 độ và 19 độ



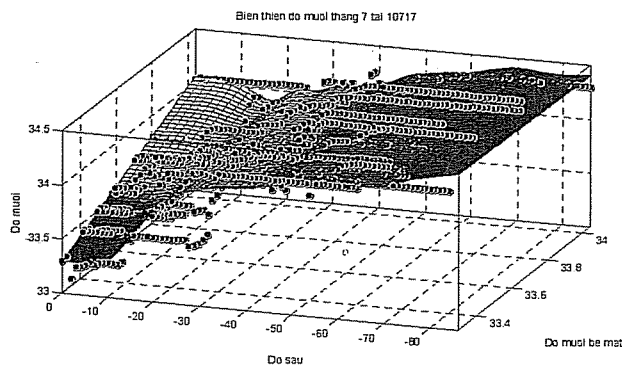
Hình 7. Mặt cong nhiệt độ tháng 7 theo độ sâu và theo biến thiên nhiệt độ tầng mặt tại khu vực 107-108°E và 18-19°N Vịnh Bắc Bộ



Hình 8. Profile nhiệt độ tháng 7 khu vực 107-108°E và 18-19°N theo các lát cắt với nhiệt độ bề mặt tương ứng là 29, 30 và 30,5 độ



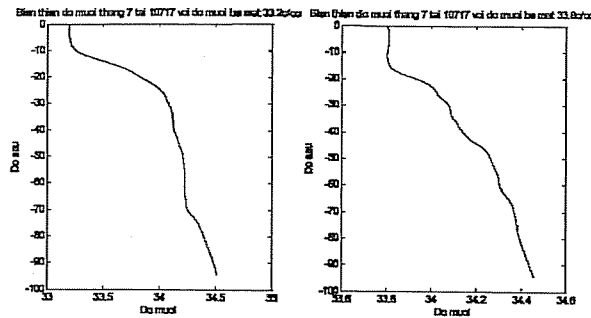
Hình 9. Mặt cong độ muối tháng 1 theo độ sâu và theo biến thiên độ muối tầng mặt tại khu vực 107-108°E và 18-19°N Vịnh Bắc Bộ



Hình 10. Mặt cong độ muối tháng 7 theo độ sâu và theo biến thiên độ muối tầng mặt tại khu vực 107-108°E và 17-18°N Vịnh Bắc Bộ

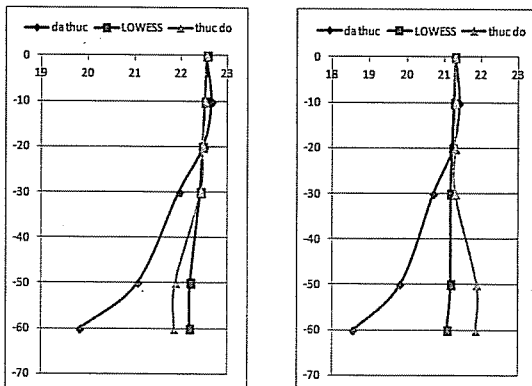
Mặt cong độ muối biến thiên không lớn về giá trị nhưng lại có sự phân bố khá khác biệt ở những vùng nước nông hơn (các chuỗi đo đặc tại vị trí nhỏ hơn 30m) bởi vậy mặt cong thể hiện biến đổi nhanh

theo sự thay đổi độ muối bề mặt thể hiện tốt sự khác nhau giữa các vị trí khác nhau trong khu vực giới hạn và theo độ muối bề mặt (hình 9, 10, 11).



Hình 11. Profile độ muối tháng 7 khu vực 107-108°E và 17-18°N theo các lát cắt với độ muối bề mặt tương ứng là 33,2‰ và 33,8‰ độ

So sánh kết quả tính toán (hình 12) theo phương pháp xây dựng mặt cong và theo hàm đa thức bậc cao với chuỗi số liệu thực đo ta nhận thấy rằng với kết quả tính toán xác định cấu trúc nhiệt muối tại một khu vực giới hạn thì hàm đa thức cho sai số rất lớn ở những tầng sâu do sự phân hóa khá lớn của nhiệt độ trong một khu vực nên một hàm đa thức bậc cao không thể đại diện cho một giới hạn miền tính được, trong khi đó phương pháp xây dựng mặt cong đã bao quát hết được sự biến thiên nhanh của nhiệt độ, độ muối theo biến bề mặt do đó kết quả cho ra chính xác hơn nhiều.



Profile nhiệt độ tháng 1 tại 107.96°E và 19.76°N với nhiệt mặt là 22.54 độ

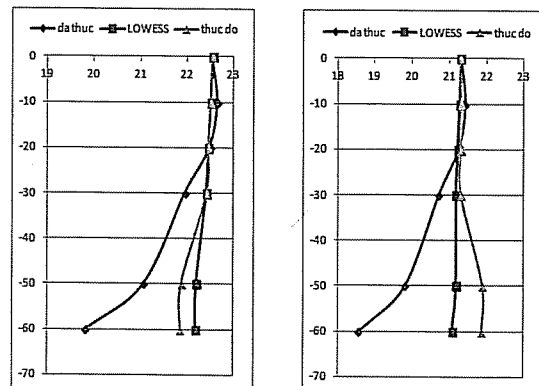
Profile nhiệt độ tháng 1 tại 107.5° E và 19.48° N với nhiệt mặt là 21.29 độ

Hình 12. Kết quả so sánh các phương pháp

Ưu điểm của phương pháp LOWESS là thể hiện tốt phân bố theo độ sâu ở cả những vùng nước nông ven bờ vào các tháng mùa hè và tháng chuyển tiếp (hình 13).

(Còn tiếp trang 48)

Có thể thấy rằng sai số lớn hơn ở những tầng sâu trong mùa đông so với mùa hè do sự phân hóa nhiệt độ mùa đông rất lớn từ mặt đến đáy và theo mặt rộng, các số liệu khảo sát trong phạm vi 1 độ kinh vĩ vào mùa đông biến thiên mạnh và mặt cong được xây dựng phải thỏa mãn gần đúng nhất cho các điểm đo đặc.



Profile nhiệt độ tháng 1 tại 107.96°E và 19.76°N với nhiệt mặt là 22.54 độ

Profile nhiệt độ tháng 1 tại 107.5° E và 19.48° N với nhiệt mặt là 21.29 độ

Hình 13. Kết quả so sánh giữa tính toán và thực đo

4. Kết luận

Như vậy, với phương pháp xây dựng mặt cong phân bố nhiệt độ, độ muối theo độ sâu cho ta kết quả rất tốt, thể hiện được sự phân hóa mạnh mẽ của nhiệt độ, độ muối trong khu vực Vịnh Bắc Bộ. Với phương pháp mới này chúng ta hoàn toàn có thể xây dựng một cấu trúc 3 chiều nhiệt độ, độ muối trên toàn Vịnh khi có được trường bề mặt ban