Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển; Tập 16, Số 4; 2016: 364-372
DOI: 10.15625/1859-3097/16/4/7212
http://www.vjs.ac.vn/index.php/jmst

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP KHÉP KÍN RỐI TRONG MÔ PHỎNG TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ NƯỚC MẶT BIỂN KHU VỰC BIỂN MIỀN TRUNG VIỆT NAM

Vũ Thị Vui*, Nguyễn Kim Cương, Nguyễn Minh Huấn

Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN
*E-mail: vuivt89@gmail.com

Ngày nhận bài: 25-12-2015

TÓM TẮT: *Bài báo này ứng dụng mô hình ROMS để mô phỏng trường nhiệt mặt biển khu vực miền Trung Việt Nam thông qua sử dụng các sơ đồ khép kín rối khác nhau. Các sơ đồ khép kín rối Brunt-Vaisala và KPP được ứng dụng với cùng điều kiện mô phỏng nhằm đưa ra những so sánh về tính thích hợp và hiệu quả giữa hai phương pháp tại khu vực biển miền Trung Việt Nam. Các kết quả mô phỏng bằng hai sơ đồ đã được so sánh với tập bản đồ các "điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận" (năm 2009) cũng như được so sánh với nhau. Những gợi ý về việc sử dụng các sơ đồ này cũng đã được rút ra. Kết quả nghiên cứu có thể được ứng dụng trong việc sử dụng cũng như lựa chọn các sơ đồ khép kín rối để mô phỏng trường nhiệt cho các khu vực cụ thể. Đây là một trong những vấn đề tương đối cần thiết khi sử dụng mô hình số.*

Từ khóa: *ROMS, KPP, Brunt-Vaisala, SST, sơ đồ khép kín rối.*

MỞ ĐẦU

Trong lĩnh vực nghiên cứu biển, các mô hình số trị là một trong những phương pháp nghiên cứu ưu việt, vừa tiết kiệm vừa hiệu quả, cho phép mô phỏng các trạng thái của môi trường biển như sóng, dòng chảy, nhiệt-muối, … ở quy mô khu vực biển hoặc toàn cầu. Để khép kín hệ phương trình, các mô hình số trị 3D cần sử dụng các phương pháp khép kín rối, việc đánh giá tính hiệu quả và sự thích hợp của các phương pháp khép kín rối tại mỗi khu vực biển là những thử nghiệm quan trọng khi sử dụng các mô hình số trị 3 chiều trong hải dương học.

Bài báo này sử dụng hệ thống mô hình đại dương quy mô khu vực ROMS (Regional Ocean Modeling System) mô phỏng trường nhiệt lớp nước mặt biển khu vực biển miền Trung Việt Nam sử dụng hai phương án khép kín rối: Brunt-Vaisala và KPP, nhằm so sánh và đánh giá sự khác biệt, tính hiệu quả khi sử dụng các phương án này trong tính toán mô phỏng.

PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Giới thiệu về tần số Brunt-Vaisala và sơ đồ khép kín rối KPP

Tần số Brunt-Vaisala

Tần số Brunt-Vaisala được gọi là tần số ổn định hoặc tần số phân tầng. Tần số này đánh giá độ ổn định của các lớp nước trong biển, là một trong những biến cơ bản của động lực học chất lỏng phân tầng. Trong dạng đơn giản nhất, tần số này có thể coi là tần số của sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng của một phần tử chất lỏng.

Nước biển và đại dương thường phân bố tương đối ổn định theo phương thẳng đứng. Tuy nhiên, trong thực tế do các tác động khác nhau, có thể xảy ra hiện tượng nước có mật độ thấp hơn lại nằm ở nơi có độ sâu lớn hơn các

lớp nước có mật độ cao, theo quy luật vật lý thể hiện qua định luật về độ nổi Archimedes, sẽ xảy ra hiện tượng dịch chuyển lên phía trên của khối nước có mật độ thấp và đồng thời nước có mật độ cao hơn hơn sẽ chìm xuống. Khi phân tầng mật độ nước là ổn định, các khối nước dịch chuyển có xu thế quay về vị trí ban đầu. Trong quá trình dịch chuyển, do quán tính, thể tích nước có thể vượt quá vị trí đó và trở lại, từ đó làm xuất hiện các dao động quán tính. Tần số của dao động quán tính đó chính là tần số Brunt-Vaisala. Để xác định tần số Brunt-Vaisala, có thể sử dụng công thức:

$$N^2 \equiv - gE$$

Trong đó: *N*- tần số Brunt-Vaisala; *g*- gia tốc trọng trường; *E*- độ ổn định của nước biển [1].

Sơ đồ khép kín rối KPP

Sơ đồ KPP (K-Profile Parameterization: tham số hóa cấu trúc phân bố của năng lượng rối K) được xây dựng cho lớp biên bề mặt kết hợp với tham số đơn giản để xử lý các quá trình xáo trộn ở bên trong đại dương. Các sơ đồ KPP đã được đánh giá cao trong các ứng dụng trong các vùng đại dương nước sâu. Phương pháp sơ đồ KPP kết nối các tham số rối phương thẳng đứng riêng biệt giữa lớp biên mặt và lớp nước bên trong. Công thức tính dựa trên thuyết tương tự được áp dụng trong cột nước trên độ sâu lớp biên tính toán. Tham số này sau đó được kết hợp bên trong để xác định ranh giới địa phương, sóng nội và các hiệu ứng xáo trộn khuếch tán kép (khuếch tán kép sinh ra từ các tốc độ khuếch tán phân tử khác biệt của nhiệt độ và độ muối) [2].

Giới thiệu về hệ thống mô hình ROMS

Hệ thống mô hình đại dương khu vực (ROMS) là một hệ thống mô hình số trị có hệ tọa độ thích ứng địa hình, mặt thoáng, ba chiều, với mục đích tính toán hoàn lưu, sinh thái và các chu trình sinh-địa-hóa học trong các khu vực biển ven khác nhau. Hệ thống mô hình ROMS được phát triển thành một hệ thống mô hình biển thực đa mục đích, có khả năng thể hiện nhiều quy mô không gian/thời gian và nhiều vấn đề đa dạng [3]. Bài báo này sử dụng phiên bản ROMS của tổ chức IRD - ROMS_AGRIF, được hỗ trợ bởi bộ công cụ ROMSTOOLS [4], tập trung khai thác ứng dụng tính toán trường nhiệt cho khu vực biển miền Trung Việt Nam với hai phương pháp khép kín rối: theo tần số Brunt-Vaisala và theo sơ đồ khép kín rối KPP.

Các phương trình trong mô hình ROMS được viết trong tọa độ Đề các theo phương ngang và tọa độ Sigma theo phương thẳng đứng, trong đó độ sâu phi thứ nguyên được tính theo công thức:

$$\sigma = \frac{z - \zeta}{h + \zeta}$$

Trong đó: *z* là tọa độ theo phương thẳng đứng trong hệ tọa độ Đề các; ζ- mực mặt thoáng; *h*- độ sâu đáy biển. Với cách chuyển đổi này thì $-1 \le \sigma \le 0$, trong đó $\sigma = 0$ tương ứng với mặt thoáng $z = \zeta$, $\sigma = -1$ tương ứng với đáy biển $z = -h$.

ROMS giải hệ phương trình Navier-Stokes trung bình Reynolds sử dụng xấp xỉ Boussinesq và xấp xỉ thủy tĩnh. Hệ phương trình thủy động lực chủ đạo - dưới dạng thông lượng, trong hệ tọa độ ngang Đề các và sigma theo độ sâu, được viết như sau:

$$\frac{\partial(H_z u)}{\partial t} + \frac{\partial(uH_z u)}{\partial x} + \frac{\partial(vH_z u)}{\partial y} + \frac{\partial(\Omega H_z u)}{\partial \sigma} - fH_z v = -\frac{H_z}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x} - H_z g\frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial \sigma}(\overline{u'w'} - \frac{\upsilon}{H_z}\frac{\partial u}{\partial \sigma})$$

$$\frac{\partial(H_z v)}{\partial t} + \frac{\partial(uH_z v)}{\partial x} + \frac{\partial(vH_z v)}{\partial y} + \frac{\partial(\Omega H_z v)}{\partial \sigma} + fH_z u = -\frac{H_z}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial y} - H_z g\frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial \sigma}(\overline{v'w'} - \frac{\upsilon}{H_z}\frac{\partial v}{\partial \sigma})$$

$$0 = -\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial p}{\partial \sigma} - \frac{g}{\rho_0}H_z\rho$$

Với phương trình liên tục:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial \left(H_z u\right)}{\partial x}+\frac{\partial \left(H_z v\right)}{\partial y}+\frac{\partial \left(H_z \Omega\right)}{\partial \sigma}=0$$

và phương trình vận chuyển các đại lượng vô hướng:

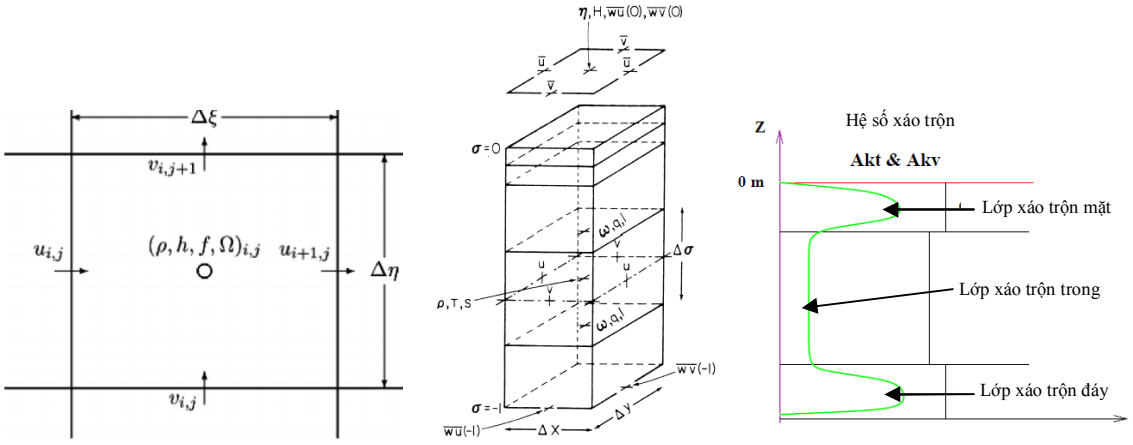
$$\frac{\partial \left(H_z C\right)}{\partial t}+\frac{\partial \left(uH_z C\right)}{\partial x}+\frac{\partial \left(vH_z C\right)}{\partial y}+\frac{\partial \left(\Omega H_z C\right)}{\partial \sigma}=-\frac{\partial}{\partial \sigma}(\overline{C'w'}-\frac{\upsilon}{H_z}\frac{\partial C}{\partial \sigma})+C_{source}$$

Trong đó: *u, v* và Ω là những thành phần vận tốc dòng chảy theo phương ngang (*x* và *y*) và theo phương thẳng đứng (theo hệ tọa độ sigma, σ) tương ứng; ζ là độ cao nước dâng mặt thoáng trung bình; H_z là hệ số tỉ lệ theo chiều thẳng đứng và *f* là tham số Coriolis. Dấu gạch ngang ở trên các biến thể hiện giá trị trung bình theo thời gian và một dấu nháy (') thể hiện nhiễu động rối. Áp suất là *p*; ρ và ρ_0 là mật độ tổng cộng và mật độ chuẩn; *g* là gia tốc trọng trường; υ là hệ số nhớt phân tử. *C* là một yếu tố vật lý hoặc yếu tố môi trường (ví dụ nhiệt độ, độ muối, hàm lượng trầm tích lơ lửng, chất vẩn, thực vật nổi, động vật nổi, nitơ vô cơ hòa tan…); C_{source} là các nguồn sinh/mất thành phần của yếu tố *C*. Cuối cùng, hàm:

$$\rho = f(T,S,p)$$

Với *T*- nhiệt độ, *S*- độ muối, *p*- áp suất, là phương trình trạng thái nước biển.

Hệ phương trình này có thể khép kín theo nhiều phương án. Trong nghiên cứu này, để so sánh đã sử dụng các phương án: theo tần số Brunt-Vaisala và sơ đồ khép kín rối KPP. Khi sử dụng tần số Brunt-Vaisala, các hệ số xáo trộn được tính theo các giá trị tương ứng các tần số Brunt-Vaisala. Còn trong phương án sử dụng sơ đồ khép kín rối KPP, với giả thiết là các quá trình xáo trộn diễn ra trong cột nước, các hệ số xáo trộn được tính theo tham số *K* theo phương thẳng đứng như trên hình vẽ 1c. Không gian tính được rời rạc hóa theo phương ngang trên lưới tính Arakawa-C và theo phương thẳng đứng trên lưới sigma. Mô hình sử dụng phương pháp sai phân trung tâm.



Hình 1. a) Lưới Arakawa-C theo phương ngang; b) Lưới theo phương thẳng đứng của mô hình ROMS [3]; và c) Các hệ số xáo trộn sử dụng trong các lớp xáo trộn [5]

Thiết lập các phương án tính toán

Các bước chuẩn bị cho việc thiết lập mô hình

Mô hình được thiết lập với các điều kiện dựa trên các bước chuẩn bị số liệu đầu vào nhờ bộ công cụ ROOMSTOOLS [5]. Các file số liệu sử dụng làm đầu vào và đầu ra trong mô hình ROMS được lưu theo dạng netCDF (*.nc).

Miền tính cho khu vực biển miền Trung Việt Nam trong nghiên cứu này được thể hiện trên hình vẽ 2 có những đặc điểm như sau:

Vĩ độ: từ 9^0N đến 19^0N;

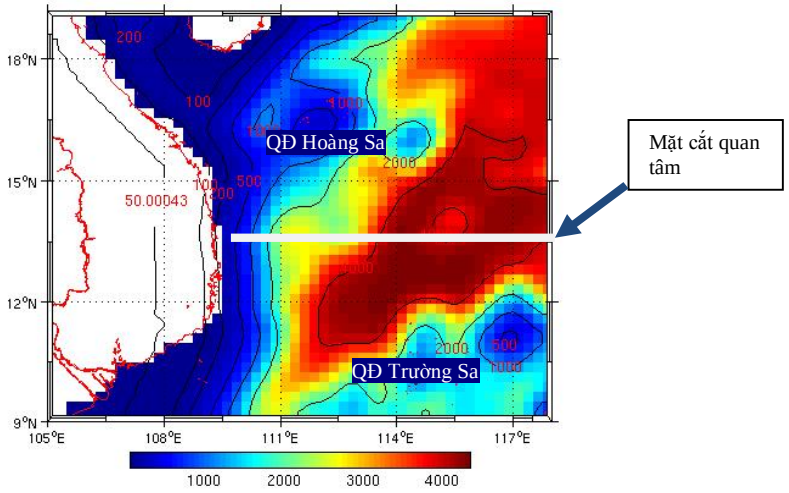
Kinh độ: từ 105^0E đến 118^0E.

Lưới tính có độ phân giải không gian theo phương ngang là $0,25^0$ và được chia thành 10 tầng sigma theo độ sâu. Kết quả tính toán từ mô hình là các trường giá trị trung bình nhiều năm: độ cao mặt mực, nhiệt độ, độ muối, vận tốc dòng chảy theo 3 hướng, … Bài báo này quan tâm và đưa ra đánh giá về kết quả mô phỏng trường nhiệt độ nước biển theo phương ngang tại tầng nước trên cùng và theo phương thẳng đứng (từ mặt biển xuống độ sâu 700 m) tại mặt cắt từ (14^0N, 109^0E30') đến (14^0N, 118^0E), được thể hiện trong các hình ảnh kết quả dưới đây.

Địa hình của khu vực nghiên cứu: Thiết lập từ nguồn số liệu ETOTO2 - số liệu địa hình toàn cầu với độ phân giải 2 phút.

Việc thiết lập các trường tác động cho mô hình: Sử dụng số liệu toàn cầu về trung bình tháng các thông lượng khí tượng bề mặt biển từ bộ số liệu COADS05 với độ phân giải $0,5^0$.

Để thiết lập điều kiện biên cho mô hình, các giá trị trung bình tháng thời gian dài các yếu tố hải văn cho toàn bộ khu vực tính với độ phân giải 1 độ kinh vĩ theo cơ sở dữ liệu WOA2009, riêng điều kiện ban đầu đối với trường dòng chảy là giá trị 0 cho toàn khu vực.



Hình 2. Địa hình khu vực nghiên cứu và mặt cắt quan tâm từ (14^0N, 109^0E30') đến (14^0N, 118^0E)

Các thông số thiết lập cho mô hình theo hai sơ đồ khép kín rối

Thông qua việc khai báo các tham số phù hợp trong file cppdefs.h của bộ mô hình, mô hình đã được thực thi với hai phương pháp khép kín rối: Theo tần số Brunt-Vaisala và theo sơ đồ khép kín rối KPP.

Mô hình được thiết lập tính toán trong thời gian 2 năm từ thời điểm ban đầu với bộ tham số được thiết lập như sau:

Bước thời gian: 1.200 s;

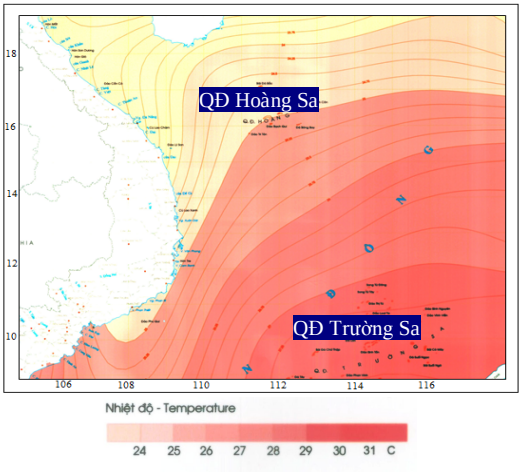
Mật độ nước: 1.025 kg/m^3 [5];

Hệ số ma sát đáy: 0,0003 m/s [5];

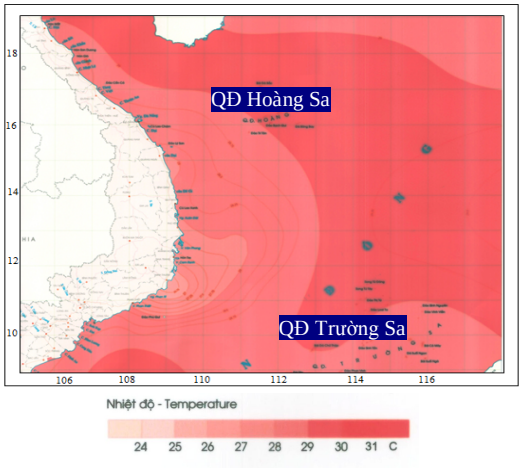
Sử dụng điều kiện trượt tự do đối với biên cứng.

Bước thời gian ở trên là bước thời gian tối ưu cho phép chạy mô hình theo phương pháp tần số Brunt-Vaisala. Phương pháp khép kín rối theo tần số Brunt-Vaisala đòi hỏi bước thời gian nhỏ hơn so với sơ đồ khép kín rối KPP, để có thể so sánh kết quả từ 2 phương pháp, các tác giả đã sử dụng bước thời gian này trong cả hai phương án.

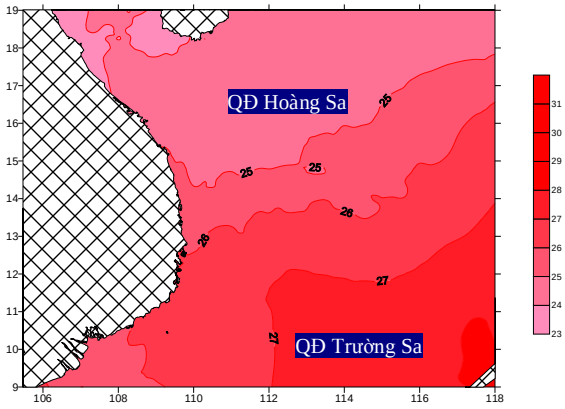
KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU



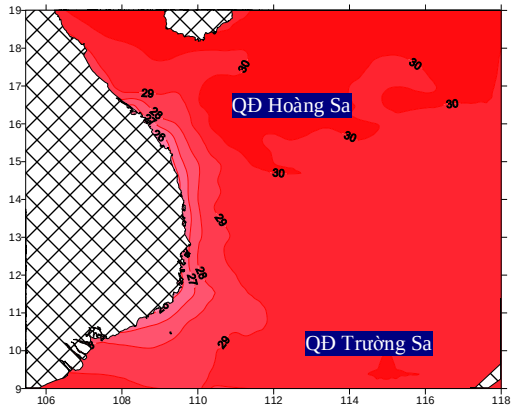
a) Bản đồ phân bố trường nhiệt độ trung bình tầng mặt mùa đông [6]



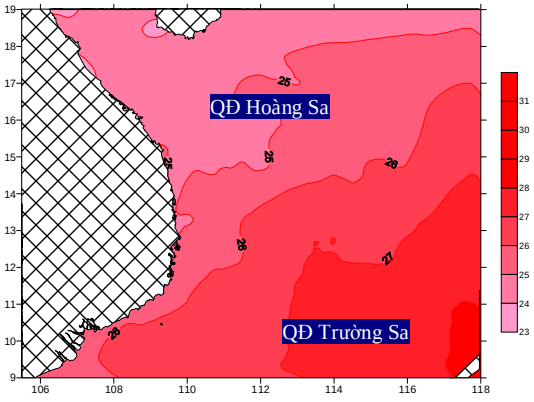
d) Bản đồ phân bố trường nhiệt độ trung bình tầng mặt mùa hè [6]



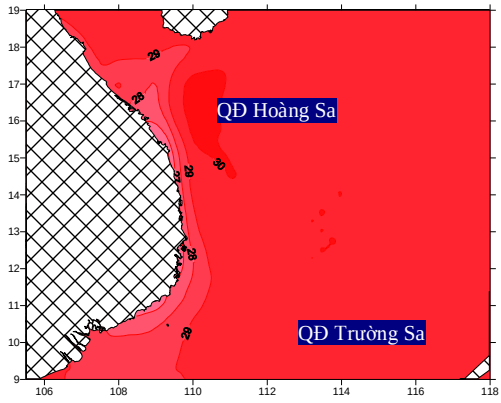
b) Sơ đồ phân bố trường nhiệt độ trung bình nước biển tầng mặt mùa đông theo phương pháp khép kín rối Brunt-Vaisala



e) Sơ đồ phân bố trường nhiệt độ trung bình nước biển tầng mặt mùa hè theo phương pháp khép kín rối Brunt-Vaisala

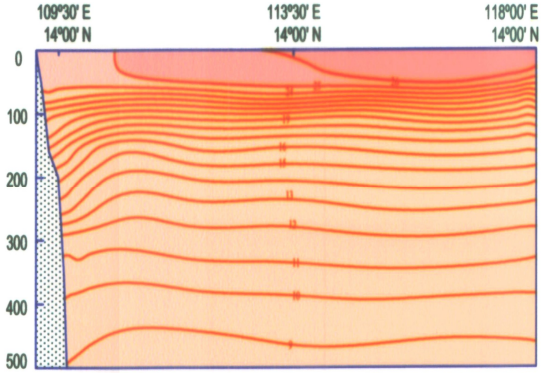


c) Sơ đồ phân bố trường nhiệt độ trung bình nước biển tầng mặt mùa đông theo phương pháp khép kín rối KPP

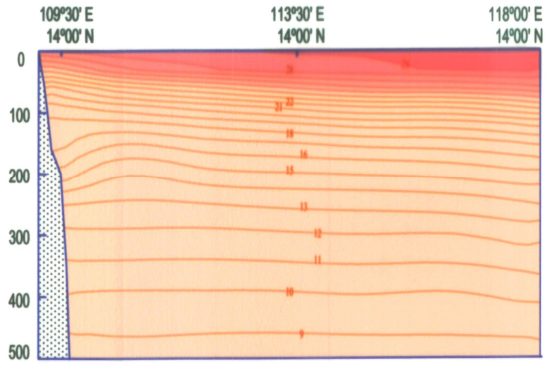


f) Sơ đồ phân bố trường nhiệt độ trung bình nước biển tầng mặt mùa hè theo phương pháp khép kín rối KPP

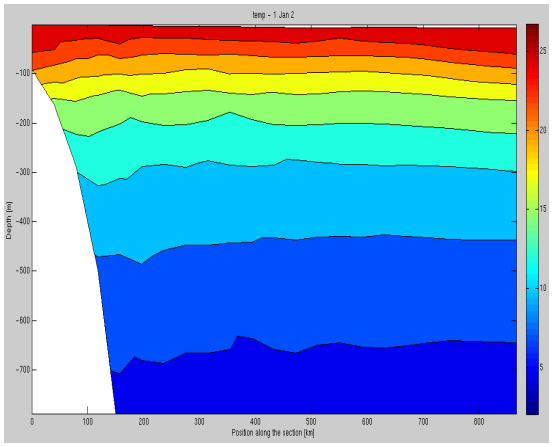
Hình 3. Trường nhiệt độ nước mặt biển trung bình (^{0}C) khu vực miền Trung Việt Nam



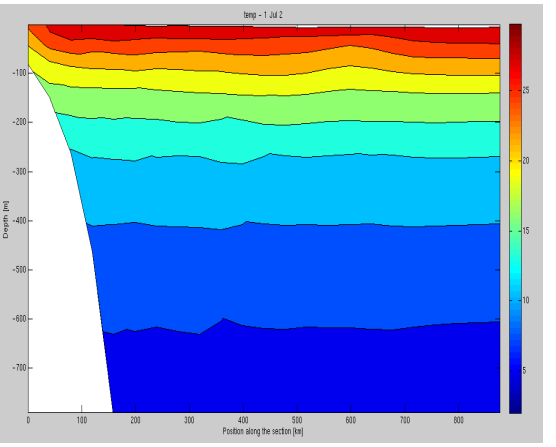
a) Bản đồ phân bố trường nhiệt độ nước biển trung bình tại mặt cắt quan tâm trong mùa đông [6]



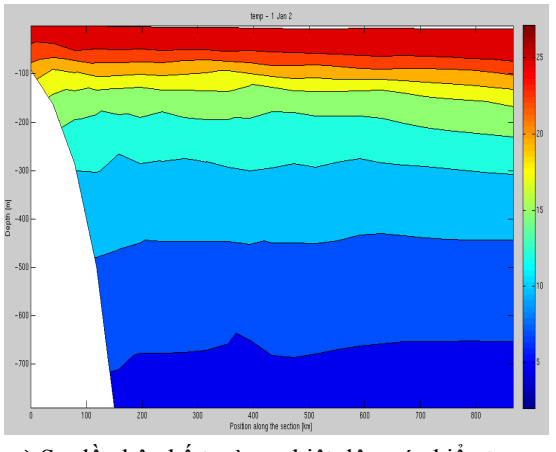
d) Bản đồ phân bố trường nhiệt độ nước biển trung bình tại mặt cắt quan tâm trong mùa hè [6]



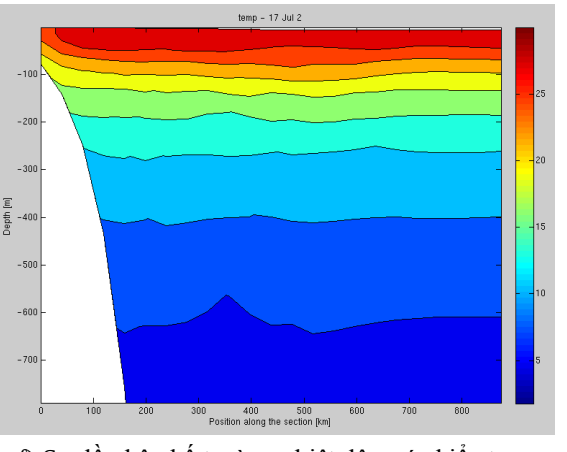
b) Sơ đồ phân bố trường nhiệt độ nước biển trung bình tại mặt cắt quan tâm trong mùa đông theo phương pháp khép kín rối Brunt-Vaisala



e) Sơ đồ phân bố trường nhiệt độ nước biển trung bình tại mặt cắt quan tâm trong mùa hè theo phương pháp khép kín rối Brunt-Vaisala



c) Sơ đồ phân bố trường nhiệt độ nước biển trung bình tại mặt cắt quan tâm trong mùa đông theo phương pháp khép kín rối KPP



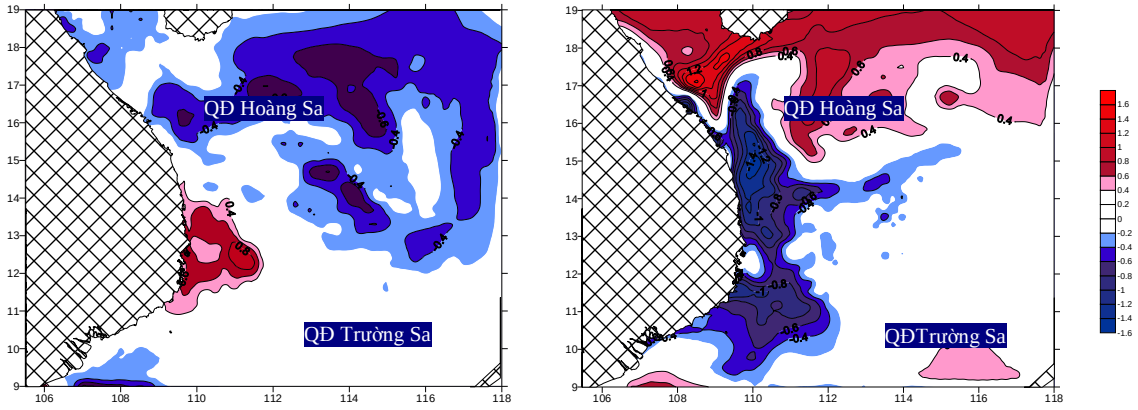
f) Sơ đồ phân bố trường nhiệt độ nước biển trung bình tại mặt cắt quan tâm trong mùa hè theo phương pháp khép kín rối KPP

Hình 4. Trường nhiệt độ nước biển trung bình (^{0}C) tại mặt cắt quan tâm

Hình 3 trình bày các kết quả mô phỏng bằng hai mô hình khép kín rối và phân bố số liệu nhiệt độ từ ATLAS "Điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận" [6]. Vào mùa đông (tháng 1 - hình 3a, 3b, 3c), nhiệt độ tại khu vực biển miền Trung Việt Nam dao động trong khoảng từ 22^{0}C đến 28^{0}C, với nhiệt độ thấp nhất ở khu vực cửa vịnh Bắc Bộ, và nhiệt độ cao nhất ở phía đông nam khu vực nghiên cứu. Trường nhiệt thể hiện rõ sự xâm nhập của lưỡi nước lạnh vào mùa đông do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc. Các kết quả mô phỏng với hai phương pháp khép kín rối đã cho kết quả tương đối tương đồng với trường nhiệt từ các số liệu thực đo. Kết quả mô phỏng theo phương pháp khép kín rối KPP có xu hướng thể hiện vùng nhiệt độ thấp ven bờ Ninh Thuận-Bình Thuận rõ rệt hơn so với phương pháp khép kín rối theo tần số Brunt-Vaisala

Vào mùa hè (tháng 7 - hình 3d, 3e, 3f), nhiệt độ nước mặt biển tại khu vực miền Trung Việt Nam dao động trong khoảng từ 24^{0}C đến 30^{0}C. Nhiệt độ thấp nhất là tại khu vực tâm nước trồi ven bờ Ninh Thuận-Bình Thuận và nhiệt độ cao nhất đạt trên 30^{0}C tại khu vực ngoài khơi khu vực nghiên cứu. Kết quả từ phương pháp khép kín rối theo tần số Brunt-Vaisala cho thấy tương đồng với thực đo hơn, trong đó nhiệt độ và diện tích khu vực nước trồi phù hợp hơn, xuất hiện rõ rệt khu vực nước đi từ bờ ra khơi từ tâm trồi (tại vĩ độ 14^{0}N), kéo theo nhiệt độ nước giảm.

Hình 4 thể hiện các kết quả tính trên mặt cắt quan tâm - giữa khu vực nghiên cứu, từ (14^{0}N, 109^{0}E 30') đến (14^{0}N, 118^{0}E). Các kết quả cho thấy, việc sử dụng 2 phương pháp khép kín rối (hình 4b, 4c, 4e, 4f) đều đưa ra trường nhiệt độ tại mặt cắt quan tâm khá tương đồng với giá trị thực đo (hình 4a, 4d), và cũng khá tương đồng khi so sánh với nhau. Vào mùa đông, trường nhiệt độ tại đây dao động trong khoảng từ 9-26^{0}C từ độ sâu 500 m lên mặt. Còn vào mùa hè, từ mặt xuống đến độ sâu 500 m, nhiệt độ tại mặt cắt giảm dần từ 29^{0}C đến 9^{0}C. Tuy nhiên, tại tầng nước sát mặt, các kết quả tính theo phương pháp khép kín rối KPP thể hiện độ dày lớp tựa đồng nhất có xu hướng lớn hơn phương pháp khép kín rối tần số Brunt-Vaisala, do đó vào mùa đông, các kết quả tính gần với giá trị thực đo hơn, khi lớp tựa đồng nhất tại đây có độ dày khoảng 50 m. Còn mùa hè, độ dày lớp tựa đồng nhất theo thực đo khoảng 30 m, thì các kết quả từ phương pháp tần số Brunt-Vaisala lại gần với giá trị thực đo hơn. Tại các tầng nước sâu hơn, sự khác biệt giữa 2 phương pháp là không đáng kể.



a) b)

Hình 5. Độ lệch nhiệt độ nước mặt biển trung bình (^{0}C) giữa phương pháp khép kín rối Brunt-Vaisala và KPP khu vực miền Trung Việt Nam trong mùa đông (a) và mùa hè (b) (hình ảnh là kết quả nhiệt độ theo phương pháp tần số Brunt-Vaisala trừ kết quả nhiệt độ theo phương pháp KPP)

Để so sánh kết quả tính toán khi sử dụng 2 phương pháp khép kín rối, chênh lệch giữa các giá trị nhiệt độ mặt biển (SST) đã được xử lý như trên hình 5. Hai phương pháp cho kết quả

tương đối tương đồng và thể hiện xu thế phân bố trường nhiệt như số liệu thực đo. Vào mùa đông, tại khu vực có trường nhiệt độ thấp ở phía bắc khu vực nghiên cứu, phương pháp khép kín rối KPP cho giá trị trường nhiệt độ nước bề mặt biển lớn hơn so với giá trị trường nhiệt mô phỏng bằng phương pháp khép kín rối KPP (hình 5a). Xu thế này hoàn toàn ngược lại vào mùa hè (hình 5b). Các kết quả mô phỏng trường nhiệt sử dụng sơ đồ khép kín rối Brunt-Vaisala cho kết quả nhiệt độ thấp hơn tại những vùng lạnh như khu vực lưỡi lạnh vào mùa đông và khu vực nước trồi vào mùa hè. Đây là những khu vực có vận tốc thẳng đứng do đối lưu hoặc do nước trồi lớn hơn. Các khu vực ngoài khơi xa, nơi có sự sai khác nhiệt độ không lớn, cả hai phương pháp đều cho các kết quả mô phỏng có sự khác biệt không đáng kể

KẾT LUẬN

Bài báo này trình bày mô phỏng phân bố trường nhiệt độ lớp nước mặt biển khu vực biển miền Trung Việt Nam vào mùa đông và mùa hè bằng mô hình ROMS ứng dụng hai phương pháp khép kín rối khác nhau: Brunt-Vaisala và KPP. Các kết quả trường nhiệt mô phỏng tương đối tương đồng với nhau và với bản đồ phân bố chế độ trường nhiệt mặt biển, khác biệt giữa hai phương pháp không lớn ở các khu vực ngoài khơi. Việc mô phỏng trường nhiệt lớp nước mặt biển sử dụng tần số Brunt-Vaisala cho kết quả nhiệt độ thấp hơn trường nhiệt mô phỏng bằng sơ đồ KPP tại những vùng lạnh như khu vực lưỡi lạnh phía bắc khu vực tính vào mùa đông và khu vực nước trồi vào mùa hè. Điều đó chứng tỏ khi vận tốc thẳng đứng tăng lên thì phương pháp tần số Brunt-Vaisala cho giá trị nhiệt độ nước bề mặt biển nhỏ hơn và phù hợp hơn với số liệu ATLAS so với phương pháp KPP. Theo phương thẳng đứng, đánh giá về định tính cho thấy độ dày lớp tựa đồng nhất tính theo phương pháp tần số Brunt-Vaisala nhỏ hơn khi tính theo phương pháp KPP, dẫn đến việc mô phỏng theo phương pháp KPP sẽ tin cậy hơn trong mùa đông và ngược lại vào mùa hè. Tuy nhiên, về đánh giá định lượng tại các tầng nước sâu, các số liệu nhiệt độ nước biển thực đo có được chưa cho phép đánh giá một cách tin cậy các kết quả tính theo hai phương pháp. Vấn đề này cần được tiếp tục nghiên cứu trong tương lai. Các kết quả có được cho thấy, khi mô phỏng cho từng khu vực cụ thể, cần lựa chọn ứng dụng sơ đồ khép kín rối phù hợp vì các sơ đồ sẽ ảnh hưởng đáng kể tới các kết quả mô phỏng. Khi mô phỏng trường nhiệt độ nước biển tầng mặt khu vực Nam Trung Bộ, nên sử dụng phương pháp tần số Brunt-Vaisala. Việc lựa chọn sơ đồ khép kín rối đòi hỏi kinh nghiệm cũng như hiểu biết nhất định về khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, với khu vực ngoài khơi, nơi có sự phân bố nhiệt độ tương đối đồng nhất thì có thể ứng dụng một trong hai phương pháp khép kín rối trong bài.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học tự nhiên trong đề tài mã số TN.16.22. Các tác giả xin cảm ơn sự tài trợ này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Đinh Văn Ưu, Nguyễn Minh Huấn, 2003*. Vật lý biển. Nxb. ĐHQG Hà Nội. Tr. 29-31.
2. Website: https://www.myroms.org/wiki/V-ertical_Mixing_Parameterizations
3. *Haidvogel, D. B., Arango, H., Budgell, W. P., Cornuelle, B. D., Curchitser, E., Di Lorenzo, E., Fennel, K., Geyer, W. R., Hermann, A. J., Lanerolle, L., Levin, J. McWilliams, J. C., Miller, A. J., Moore, A. M., Powell, T. M., Shchepetkin, A. F., Sherwood, C. R., Signell, R. P., Warner, J. C., and Wilkin, J., 2008*. Ocean forecasting in terrain-following coordinates: Formulation and skill assessment of the Regional Ocean Modeling System. Journal of Computational Physics, **227**(7): 3595-3624.
4. *Penven, P., Cambon, G., Tan, T., Marchesiello, P., and Debreu, L., 2010*. ROMS AGRIF/ROMSTOOLS user's guide. Institut de Recherche pour le Developpement, Dunkerque.
5. *Gildas Cambon, Elodie Gutknecht, Marine Herrmann, 2012*. The document of Ocean Modeling ROMS AGRIF/ROMS TOOLS, Summer school in Hanoi, Vietnam 2012, Vietnam.
6. *ATLAS "Điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận", 2009*. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ. Tr. 68, 72, 75.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF DIFFERENT TURBULENT CLOSURE SCHEMES ON SIMULATING THE SEA SURFACE TEMPERATURE IN THE CENTRAL REGION OF VIETNAM'S EAST SEA

Vu Thi Vui, Nguyen Kim Cuong, Nguyen Minh Huan

Faculty of Hydro-Meteorology and Oceanography, Hanoi University of Science-VNU

ABSTRACT: *In this paper, the ROMS model was used to simulate the sea surface temperature (SST) in the central region of Vietnam's East Sea. Two turbulent closure schemes: Brunt-Vaisala and KPP were applied with the same conditions in order to compare the differences and the ability for using them. The simulated SST fields were compared and in good agreement with the mechanism maps of SST. The suggestions for using these schemes were analyzed. This result raises a question and answers how to choose a better closure scheme to apply in simulating SST. The solved problem is very necessary for applying numerical models to simulate SST field.*

Keywords: *ROMS, KPP, Brunt-Vaisala, closure scheme.*