TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Đánh giá nhiệt độ bề mặt nước biển khu vực biển Việt Nam giai đoạn 2000-2022 theo dữ liệu của mô hình HYCOM

Nguyễn Quốc Trinh[1,2]*, Nguyễn Minh Huấn[3], Phạm Quang Nam[4], Nguyễn Quang Vinh[5], Đỗ Thị Thu Hà[6], Nguyễn Quang Thành[1]

[1] Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; maitrinhvinh@gmail.com; nqtrinh@ig.vast.vn; nqthanh1965@gmail.com
[2] Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; maitrinhvinh@gmail.com; nqtrinh@ig.vast.vn
[3] Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; nmhuan61@gmail.com
[4] Trung tâm Hải văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; phamquangnam93@gmail.com
[5] Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy quốc gia, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; vinhk46da@yahoo.com
[6] Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; dtthuha15@gmail.com

*Tác giả liên hệ: nqtrinh@ig.vast.vn; maitrinhvinh@gmail.com; Tel: +84–989202527

Ban Biên tập nhận bài: 15/12/2023; Ngày phản biện xong: 31/1/2024; Ngày đăng bài: 25/5/2024

Tóm tắt: Trong bài báo này đã được tiến hành nghiên cứu đặc trưng thống kê và phân tích đánh giá so sánh số liệu thực đo, trung bình (ngày, tháng và năm) tại một số trạm giữa sản phẩm mô hình HYCOM và đo đạc quan trắc. Yếu tố nhiệt độ bề mặt nước biển được lựa chọn so sánh đánh giá, là yếu tố chính trong lĩnh vực hải dương học. Phương pháp áp dụng đặc trưng thống kê, hàm tương quan (R) và chỉ số hiệu quả NASH (NSE) xác định sự phù hợp giữa quan trắc và mô phỏng. Các kết quả thông kê thể hiện nhiệt độ bề mặt trung bình mùa đảm bảo quy luật phân bố không gian và thay đổi theo thời gian. Đánh giá so sánh được thực hiện và thu được kết quả chuỗi số liệu trung bình tháng tốt nhất với hệ số tương quan (R) lớn hơn 89% và chỉ số NSE phổ biến lơn hơn 0,79, ngoại trừ trạm Phú Quốc chỉ đạt 0,51. Kết quả này khai thác dữ liệu về trung bình tháng của mô hình HYCOM khá tốt đối với vùng biển bắc và trung Việt Nam, vùng biển nam cần xem xét kỹ trước sử dụng. Do vẫn còn hạn chế nên cần có nhiều nghiên cứu nữa và số lượng trạm so sánh cũng cần tăng lên để đảm bảo nguồn dữ liệu này có ý nghĩa sát thực hơn.

Từ khóa: Nhiệt độ bề mặt nước biển (SST); Mô hình HYCOM; Biển Việt Nam; Hàm tương quan; Chỉ số NSE.

1. Mở dầu

Ngày nay, công nghiệp 4.0 bùng nổ với những bài toán dữ liệu lớn. Lĩnh vực Hải dương học cũng được hưởng ứng theo xu thế vùng này với những bài toán dữ liệu lớn tính toán mô phỏng toàn cầu. Nhu cầu thực tiễn ngày càng đòi hỏi và yêu cầu có độ phân giải càng rõ nét và chi tiết. Các mô hình đại dương cũng tăng cường các nguồn số liệu khổng lồ trong không gian ba chiều quy mô toàn cầu biến đổi theo thời gian. Một trong các mô hình đại dương đã được xây dựng, phát triển và đánh giá kết hợp đồng hóa dữ liệu dựa trên hệ tọa độ sigma áp suất (*Isopycnal-sigma-pressure*) được gọi là mô hình HYCOM (*Hybrid Coordinate Ocean Model*) [1]. Yếu tố nhiệt độ của nước biển thành phần quan trọng như tương tác biển - khí quyển, môi trường biển, khối nước biển, sóng âm, ... Yếu tố nhiệt độ được đề cập nhiều trên

thế giới thông qua các nghiên cứu về xu thế ấm lên toàn cầu trong biến đổi khí hậu, hoặc là các chỉ thị thể hiện về hiện tượng Elnino - Lanina trên toàn cầu [2], là các công trình nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám [3, 4], chỉ số năng lương trong hoạt động bão ở bắc Ấn Độ dương [5], vai trò bình lưu trong tương tác biển - khí quyển ở phía bắc vịnh Bengal [6], đánh giá tương quan của nhiệt độ giữa quan trắc thực đo và vệ tinh (viễn thám) [7–8], phân tích hiện tượng nước trồi ở Bồ Đào Nha [9], đánh giá xu thế biến đổi nhiệt độ bề mặt nước biển ở một số vùng biển trên thế giới [10–12].

Ở vùng biển Việt Nam, các hiện tượng tự nhiên được nghiên cứu thể hiện qua nhiệt độ nước biển như hiện tượng nước trồi - nước chìm [13–15], liên quan gia tăng nhiệt độ, đặc trưng một số vùng [16–20], front nhiệt và xác định ngư trường tiềm năng [21–22].

Do đó, nghiên cứu tìm hiểu, khai thác và sử dụng nguồn dữ liệu nhiệt độ nước biển bổ sung vào cơ sở dữ liệu hải dương học khu vực biển Việt Nam nói riêng và Biển Đông nói chung ngày càng hoàn thiện hơn. Nguồn dữ liệu này cũng cần quan tâm thiết thực để thực hiện bổ sung và lấp đầy thêm với không gian rộng lớn theo thời gian. Cho nên, chúng tôi đã nghiên cứu và đánh giá nguồn số liệu từ mô hình HYCOM so sánh với số liệu đo đạc tại một số trạm quan trắc vùng biển Việt Nam giai đoạn 2000-2022 nhằm so sánh đánh giá thông qua tương quan và chỉ số NASH của yếu tố nhiệt độ bề mặt nước biển.

2. Dữ liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu sử dụng

Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu này từ nguồn số liệu đo đạc và nguồn số liệu mô hình tính toán. Mô hình HYCOM được xây dựng có sự hợp tác của nhiều tổ chức và chương trình nghiên cứu của Mỹ như Chương trình Đối tác Đại dương Quốc gia (NOPP được viết tắt từ National Ocean Partnership Program), thực nghiệm Đồng hóa Dữ liệu Đại dương toàn cầu (*GODAE - Global Ocean Data Assimilation Experiment*) [1]. Sản phẩm của mô hình này thể hiện trên không gian ba chiều với phân giải 1/12° và thời gian, có thể được làm điều kiện đầu vào cho các mô hình với phân giải cao hơn, tăng cường điều kiện biên cho những mô phỏng đại dương - khí quyển toàn cầu, tăng cường sự hợp tác từ cộng đồng hải dương học. Nguồn số liệu mô hình tính toán là loại số liệu tái phân tích đối với yếu tố nhiệt độ bề mặt nước biển (SST) của sản phẩm mô hình HYCOM [1]. Nguồn số liệu này được khai thác có kích thước không gian được giới hạn từ 8-22°N và 103-112°E (Hình 1) với độ phân giải khoảng 1/12° (~0.08°) và khoảng thời gian liên tục từ ngày 01/01/1993 đến ngày 31/12/2022 với bước thời gian 3 giờ.

Hình 1. Giới hạn khu vực nghiên cứu từ 8°-22°N và 103°-112°E.

Nguồn số liệu đo đạc là số liệu quan trắc được thu thập từ hệ thống các trạm hải văn quan trắc trong vùng biển Việt Nam từ bắc xuống nam. Các trạm hai văn được lựa chọn sử dụng bao gồm trạm Hòn Dấu, trạm Sơn Trà, trạm Phú Quý, trạm Trường Sa, trạm Côn Đảo và trạm Phú Quốc. Khoảng thời gian thực hiện thu thập và phân tích số liệu là khoảng thời gian trùng với sản phẩm mô hình HYCOM từ ngày 01/01/2000 đến ngày 31/12/2022 với bước thời gian quan trắc đo đạc theo quy định chuẩn của WMO là 04 lần/ngày (6 giờ).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thống kê được thể hiện phân tích đánh giá khác nhau như tương quan, hồi quy tuyến tính, chuẩn sai, sai số tuyệt đối và tương đối, hệ số hiệu quả (NASH), chỉ số thiên lệch (PBIAS), ... [23]. Phân tích hồi quy tuyến tính xác định tương quan giữa thực đo và tính toán thể hiện giá trị của một yếu tố. Phân tích này thực hiện việc đơn giản hóa từ nguồn dữ liệu lớn và các quy luật phức tạp thành quy luật đơn giản. Như vậy, phương pháp hồi quy tuyến tính sẽ được giải quyết về mối tương quan, hiệu ứng, so sánh, … Thước đo của hàm hồi quy tuyến tính được dùng hợp lý hóa là xác định hệ số R^2 (R được gọi là hệ số tương quan). Ý nghĩa của R phản ánh sự trùng khớp theo quy luật so sánh của đo đạc và tính toán. Nếu dữ liệu càng tập trung sát hoặc trùng đường hồi quy thì giá trị R^2 sẽ cao, ngược lại, nếu dữ liệu phân bố rải rác cách xa đường hồi quy thì giá trị R^2 sẽ thấp. Hệ số tương quan được xác định dưới đây:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

với $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$ và $\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$ và i =1, 2, ...n.

Trong đó R là hệ số tương quan; x_i là thực đo (quan trắc); $\bar{x}$ là trung bình thực đo (quan trắc); y_i là tính toán (mô phỏng); $\bar{y}$ là trung bình tính toán (mô phỏng); i là số thực tự của số liệu; n là tổng số số liệu.

Việc phân tích và đánh giá so sánh độ chính xác của sản phẩm mô hình HYCOM so với đo đạc quan trắc theo chỉ số hiệu quả của Nash-Sutcliffe [24], được gọi tắt là chỉ số NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*). Chỉ số NSE là được xác định tương đối giữa thực đo và tính toán với tương đối của thực đo, cụ thể:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

ở đây $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$ và i =1, 2, ...n

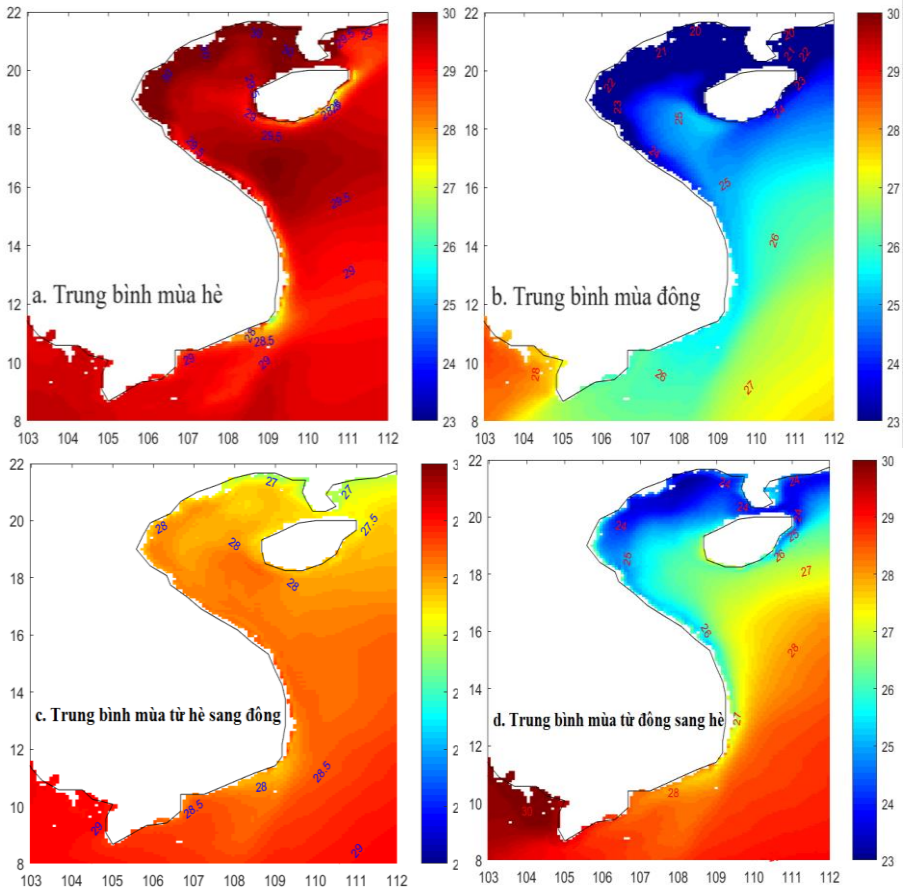
Trong đó NSE là chỉ số hiệu quả Nash-Sutcliffe; x_i là thực đo (quan trắc); $\bar{x}$ là trung bình thực đo (quan trắc); y_i là tính toán (mô phỏng); i là số thực tự của số liệu; n là tổng số số liệu.

Phân tích thống kê các giá trị đặc trưng dữ liệu như trung bình ngày, trung bình tháng, trung bình năm của yếu tố nhiệt độ bề mặt nước biển được sử dụng trong nghiên cứu này.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá kết quả thống kê nhiệt độ bề mặt nước biển của mô hình HYCOM

Số liệu được khai thác số liệu tái phân tích từ hệ thống cơ sở dữ liệu toàn cầu của mô hình HYCOM [1]. Nguồn số liệu này được thể hiện trong không gian giới hạn từ 8°-22°N và 103°-112°E (Hình 2). Giá trị nhiệt độ bề mặt nước biển vùng biển Việt Nam và Biển Đông thay đổi giữa các mùa phân hóa rõ nét theo đặc tính vị trị địa lý mà chúng chịu chi phối bởi hệ thống hoạt động gió mùa, nóng ẩm và hoàn lưu đại dương (Hình 2). Hình 2 được thể hiện rõ nét sự chênh lệch giá trị trung bình theo các mùa khác nhau, giữa các vùng khác nhau (từ bờ ra khơi, từ bắc xuống nam). Sự phân bố nhiệt độ bề mặt nước bất đồng nhất theo không gian địa lý từ bắc xuống nam và từ ven bờ đến ngoài khơi xa đã thể hiện không rõ đặc thù đặc tính từng vị trí khu vực cụ thể.



Hình 2. Nền nhiệt độ (°C) bề mặt nước biển trung bình mùa trong giai đoạn 1993-2022: (a) Trung bình mùa hè; (b) Trung bình mùa đông; (c) Trung bình mùa từ hè sang đông; (d) Trung bình mùa từ đông sang hè).

Trong mùa hè, nhiệt độ bề mặt có sự khác biệt ở khoảng 11-13° vĩ bắc và 108-110° kinh đông với nền nhiệt thấp hơn khu vực xung quanh mà thuộc vùng biển Ninh Thuận - Bình Thuận (Hình 2a) mà được gọi là hiện tượng nước trồi [13]. Hiện tượng này thường xảy ra với gió mùa Tây Nam với hướng gió phổ biến là Nam - Tây Nam. Vào mùa đông, trường nhiệt chịu phối bởi tác động khối khí và khối nước từ phía bắc nên nhiệt độ bề mặt nước biển vùng biển vịnh Bắc Bộ và ven biển phía nam Trung Quốc đều thấp hơn so với khu vực khác (Hình 2b). Thời kỳ này là gió mùa Đông Bắc chi phối tác động mạnh, hệ thống dòng ven từ phía bắc đưa xuống với khối nước lạnh phía bắc. Nhưng vào thời kỳ chuyển tiếp từ hè sang đông, nhiệt độ thể hiện được sự mát mẻ cho hầu hết các vùng biển liền kề với sự chênh lệch nhỏ và dao động khoảng 27-29°C (Hình 2c). Vào thời kỳ chuyển mùa đông sang hè (xem Hình 2d), nhiệt độ vẫn còn thể hiện sự ảnh hưởng của khối khí lạnh phía bắc ở vịnh Bắc Bộ và ven biển phía nam Trung Quốc khoảng 23,5°C. Nhưng phía nam, khu vực biển Tây ở vịnh Thái Lan đã cho thấy sự ảnh hưởng của mùa hè với nền nhiệt cao khoảng 30°C. Do đó, nhiệt độ bề mặt nước biển khu vực nghiên cứu đã cho thấy tiềm năng hình thành và phát triển hoạt động xoáy thuận nhiệt đới vào mùa hè ở toàn bộ khu vực. Các mùa còn lại, quá trình này dịch chuyển về phía nam. Các trường hợp đặc biệt dị thường vẫn có khả năng xảy quá trình này ngoài quy luật trong bối cảnh biến đổi khí hậu cực đoan.

3.2. Đánh giá nhiệt độ bề mặt nước biển so sánh giữa quan trắc và mô hình HYCOM

Sử dụng thuật toán nội suy để xác định vị trí địa lý theo kinh độ và vĩ độ tương ứng với vị trí của các trạm hải văn bao gồm các trạm Hòn Dấu, trạm Sơn Trà, trạm Phú Quý, trạm Trường Sa, trạm Côn Đảo và trạm Phú Quốc trong hệ thống các trạm quan trắc Hải văn quốc gia. Các trạm lựa chọn này được phân bố trong biển Việt Nam từ bắc xuống nam. Từ đó,

chúng tôi đã xác định chuỗi giá trị nhiệt độ bề mặt nước biển của đo đạc quan trắc và mô hình HYCOM tính toán tương ứng nhau biến thiên theo chuỗi thời gian giai đoạn từ ngày 01/01/2000 đến ngày 31/12/2022.

Các giá trị nhiệt độ này được xác định xử lý phân tích chuẩn hóa đưa về theo giờ địa phương. Đồng thời, các giá trị trung bình (ngày, tháng và năm) của chuỗi đo đạc và tính toán cũng được xác định theo tính toán thông kê. So sánh các đặc trưng của các chuỗi trung bình theo cực trị và trung bình của quan trắc (Obs), mô hình HYCOM (HYCOM) và hiệu số sai lệch quan trắc và mô hình (Obs-HYCOM) theo tính chất trung bình của ngày, tháng và năm tại các trạm được lựa chọn đánh giá so sánh (Bảng 1).

Bảng 1. Thống kê đặc trưng của các chuỗi trung bình (ngày, tháng và năm) theo cực đại, trung bình và cực tiểu của nhiệt độ bề mặt nước biển (ºC) về quan trắc (Obs) mô hình (HYCOM) và chênh lệch (Obs-HYCOM) tại một số trạm hải văn giai đoạn 2000-2022.

TT	Tên trạm	Loại số liệu	Trung bình ngày				Trung bình tháng				Trung bình năm			
			Cực đại	Trung bình	Cực tiểu	Biên độ	Cực đại	Trung bình	Cực tiểu	Biên độ	Cực đại	Trung bình	Cực tiểu	Biên độ
1	Hòn Dấu	Obs	33,10	25,51	13,20	19,90	31,23	25,48	16,01	15,22	26,18	25,56	24,67	1,51
		HYCOM	32,47	25,40	14,79	17,68	31,51	25,37	15,61	15,9	25,93	25,47	24,38	1,55
		Obs-HYCOM	3,27	0,11	-3,55	6,82	1,79	0,11	-1,40	3,19	0,29	0,09	-0,19	0,48
2	Sơn Trà	Obs	33,30	26,57	14,90	18,40	31,28	26,53	17,09	14,19	27,17	26,66	25,58	1,59
		HYCOM	31,47	26,60	18,93	12,54	30,96	26,58	20,19	10,77	27,16	26,62	25,56	1,60
		Obs-HYCOM	4,03	-0,03	-7,71	11,74	2,16	-0,05	-6,18	8,34	0,61	0,04	-0,44	1,05
3	Phú Quý	Obs	31,33	27,62	22,05	9,28	30,49	27,61	23,64	6,85	28,50	27,65	27,10	1,40
		HYCOM	31,40	27,42	22,85	8,55	30,57	27,41	23,55	7,02	28,34	27,44	26,75	1,59
		Obs-HYCOM	2,83	0,20	-2,92	5,75	1,17	0,20	-0,72	1,89	0,61	0,21	-0,11	0,72
4	Trường Sa	Obs	31,43	28,73	25,18	6,25	30,67	28,73	26,01	4,66	29,17	28,72	28,10	1,07
		HYCOM	32,03	28,58	25,12	6,91	30,95	28,57	25,87	5,08	29,22	28,60	28,10	1,12
		Obs-HYCOM	3,29	0,15	-3,24	6,53	2,26	0,15	-0,90	3,16	0,59	0,12	-0,31	0,90
5	Côn Đảo	Obs	32,15	28,33	22,18	9,97	31,22	28,36	24,84	6,38	28,88	28,34	27,73	1,15
		HYCOM	31,43	28,09	23,56	7,87	30,94	28,14	24,02	6,92	28,78	28,09	27,44	1,34
		Obs-HYCOM	6,90	0,25	-3,48	10,38	1,44	0,22	-1,12	2,56	0,53	0,25	-0,11	0,64
6	Phú Quốc	Obs	32,48	29,48	25,15	7,33	31,79	29,48	27,29	4,5	30,02	29,47	29,16	0,86
		HYCOM	32,94	29,19	25,23	7,71	32,16	29,18	26,11	6,05	29,79	29,20	28,81	0,98
		Obs-HYCOM	3,04	0,29	-2,90	5,94	1,57	0,30	-1,59	3,16	0,65	0,28	-0,01	0,66

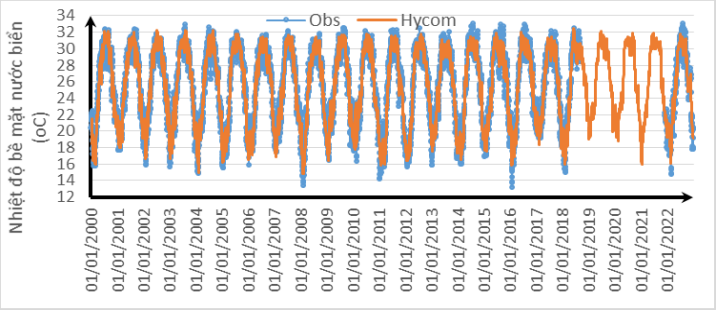
Bảng 1 thể hiện được các đặc trưng thống kê của quan trắc và mô hình tính toán. Sai lệch tuyệt đối trung bình trong các chuỗi số liệu dao động khoảng từ -0,05ºC (trạm Sơn Trà) đên 0,30ºC (trạm Phú Quốc). Chênh lệch giữa giá trị cực đại giữa các trạm không lớn khoảng xấp xỉ gần 2ºC. Nhưng giá trị cực tiểu chênh lệch khác lớn khoảng 12ºC ở trung bình ngày và giảm dần khoảng 5ºC ở trung bình năm. Biên độ dao động giảm dần từ trung bình ngày đến trung bình năm, từ bắc xuống nam hay từ vĩ độ cao xuống vĩ độ thấp. Các kết quả này cũng cho thấy độ chính xác hay dao động sai lệch của các trung bình (ngày, tháng và năm) khác nhau. Đây cũng là bảng thông tin phản ánh về sai số tuyệt đối giữa quan trắc và tính toán. Hơn nữa, so sánh các giá trị nhiệt độ giữa quan trắc và mô phỏng được thể hiện dưới dạng đồ thị biến thiên theo thời gian (Hình 3 đến Hình 11).

Hình 3 đến Hình 5 thể hiện sự biến thiên giá trị nhiệt độ trung bình (ngày, tháng và năm) giữa quan trắc và mô hình HYCOM khá đồng nhất về quy luật và độ chính xác được tăng lên và thể hiện càng rõ nét tại trạm Hòn Dấu (xem Bảng 1). Trạm này nằm vĩ độ cao hơn các trạm khác nên biên độ dao động trong năm khá lớn khoảng 20ºC (trung bình ngày), 15ºC (trung bình tháng) và 1,5ºC (trung bình năm). Đường biến trình trung bình tháng có độ trùng khớp là tốt nhất. Trong chuỗi số liệu trung bình năm của quan trắc cũng cho thấy xu thế tăng

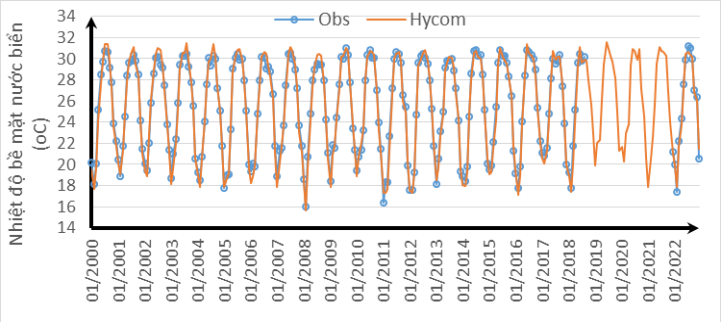
lên của nhiệt độ bề mặt nước theo xu thế ấm lên toàn cầu khoảng 0,0118°C/năm trong chuỗi số liệu 23 năm (2000-2022).

Trạm Sơn Trà được thể hiện từ Hình 6 đến Hình 8, là trạm nằm ở khoảng giữa của Việt Nam, sự biến thiên dao động giá trị trung bình (ngày, tháng và năm) của quan trắc và mô hình HYCOM về nhiệt độ bề mặt nước biển khá đồng nhất quy luật và độ chính xác tăng lên và thể hiện càng rõ nét (Bảng 1). Biên độ dao động của trạm này so với trạm Hòn Dấu đã có sự suy giảm đáng kể. Trạm này có biên độ dao động của trung bình ngày khoảng 14°C, của trung bình tháng khoảng 11°C và của trung bình năm khoảng 1,6°C. Đường biến trình của giá trị trung bình tháng có độ trùng khớp giữ quan trắc và mô hình là tốt nhất. Trong chuỗi số liệu trung bình năm của quan trắc cũng cho thấy xu thế tăng lên khoảng 0,0126°C/năm trong chuỗi số liệu 23 năm (2000-2022), có cao hơn trạm Hòn Dấu.

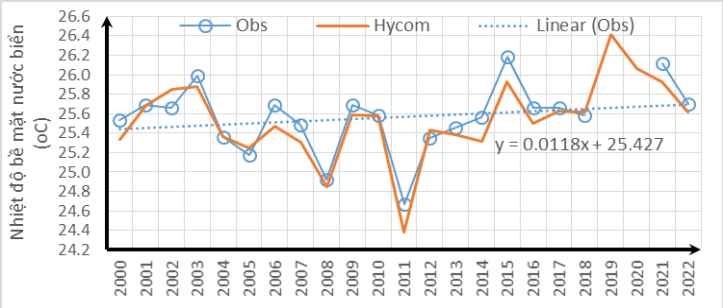
Tương tự như hai trạm trên, trạm Phú Quý cũng được đánh giá nhiệt độ bề mặt nước biển giữa quan trắc và mô hình HYCOM mà nó cũng khá đồng nhất về quy luật. Biên độ dao động của các giá trị sai lệch về độ chính xác được tăng lên và thể hiện càng rõ nét từ 5,75°C (trung bình ngày) đến 1,89°C (trùng bình tháng) đến 0,72°C (trung bình năm) (xem Bảng 1). Bên cạnh đó, nó cũng thể hiện sự dao động không mạnh mẽ giữa các thời kỳ mùa trong năm. Giá trị trung bình năm của quan trắc là 27,65°C, mô phỏng HYCOM là 27,44°C, sai lệch giữa quan trắc và mô phỏng HYCOM là 0,21°C. Giá trị trung bình năm của nhiệt độ bề mặt nước biển theo quan trắc tại trạm Phú Quý biến đổi tuyến tính giai đoạn 2000-2022 cũng khoảng 0,0171°C/năm. Đây là trạm có xu thế biến đổi tuyến tính nhanh nhất trong các trạm được xem xét. Trạm Trường Sa là trạm quan trắc nằm ở đảo Trường Sa lớn thuộc quần đảo Trường Sa, vị trí ngoài khơi phía nam Biển Đông.



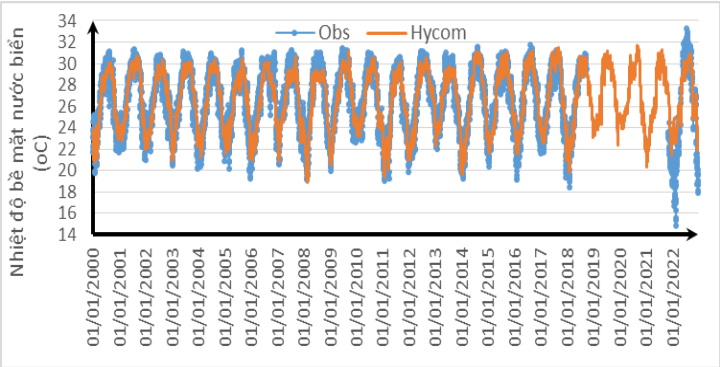
Hình 3. Số liệu trung bình ngày của trạm Hòn Dấu giai đoạn 2000-2022.



Hình 4. Số liệu trung bình tháng của trạm Hòn Dấu giai đoạn 2000-2022.



Hình 6. Số liệu trung bình năm của trạm Hòn Dấu giai đoạn 2000-2022.

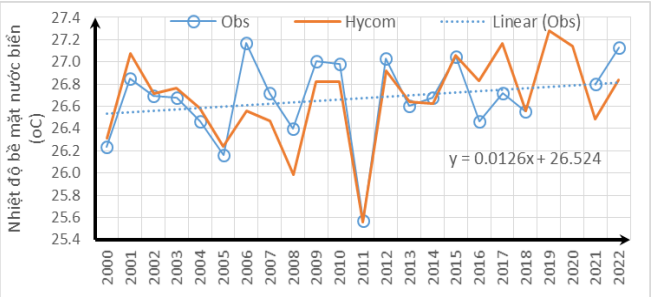


Hình 5. Số liệu trung bình ngày của trạm Sơn Trà giai đoạn 2000-2022.

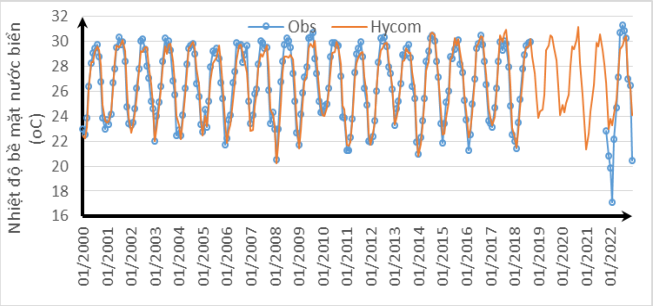
Nhìn chung, sự biến đổi của các giá trị trung bình (ngày, tháng và năm) có biên độ nhỏ hơn hẳn các trạm khác như trạm Phú Quý và trạm Côn Đảo. Bảng 1 cho thấy giá trị biến động trung bình ngày của quan trắc là 6,25°C, của mô hình HYCOM là 8,55°C và sai lệch giữa quan trắc - mô hình HYCOM là 6,53°C; biến động trung bình tháng của quan trắc là 4,66°C, của mô hình HYCOM là 5,08°C và sai lệch giữa quan trắc - mô hình HYCOM là 3,16°C; biến động trung bình năm của quan trắc là 1.07°C, của mô hình HYCOM là 1,12°C và sai lệch giữa quan trắc - mô hình HYCOM là 0,9°C. Bên cạnh đó, giá trị trung bình năm của quan trắc là 28,72°C, mô hình HYCOM là 28,60°C, sai lệch giữa quan trắc và mô hình HYCOM là 0,12°C. Giá trị nhiệt độ bề mặt nước biển trung bình năm của quan trắc tại trạm Trường Sa biến đổi tuyến tính giai đoạn 2000-2022 cũng khoảng 0,0069°C/năm. Đây là trạm có tốc độ biến đổi nhỏ nhất.

Trạm Côn Đảo cũng được xem xét tương tự về giá trị trung bình (ngày, tháng và năm) của quan trắc và mô hình HYCOM. Mà kết quả cũng đã cho thấy sự đồng nhất về quy luật, độ chính xác tương tự (Bảng 1). Giá trị biên độ trung bình năm theo quan trắc là 1,15°C, mô hình HYCOM là 1,34°C, sai lệch giữa quan trắc và mô hình HYCOM là 0,64°C. Giá trị trung bình năm của quan trắc khoảng 28,34°C, mô hình HYCOM khoảng 28,09°C, sai lệch giữa quan trắc và mô hình HYCOM khoảng 0,25°C. Giá trị trung bình năm của quan trắc biến đổi tuyến tính giai đoạn 2000-2022 cũng khoảng 0,0138°C/năm.

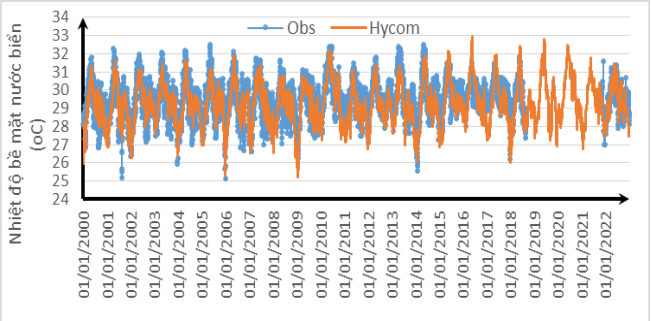
Trạm Phú Quốc là trạm nằm ở vịnh Thái Lan, cũng là trạm gần xích đạo nhất. Nên sự thay đổi nhiệt độ trong năm cũng dao động không nhiều so với các trạm ven bờ khác. Các kết quả tính toán trung trình (ngày, tháng và năm) cũng được thể hiện (Hình 9 đến Hình 11). Sự biến thiên của các giá trị trung bình của quan trắc và mô hình HYCOM cũng được trình bày trong Bảng 1.



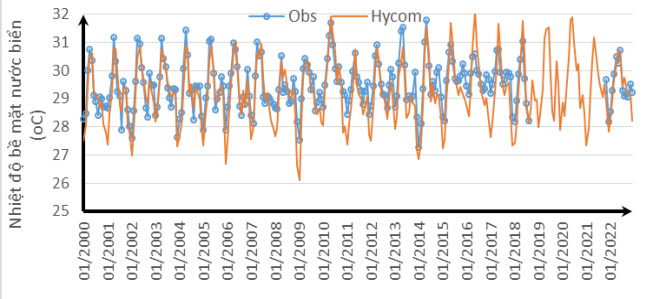
Hình 9. Số liệu trung bình ngày của trạm Sơn Trà giai đoạn 2000-2022.



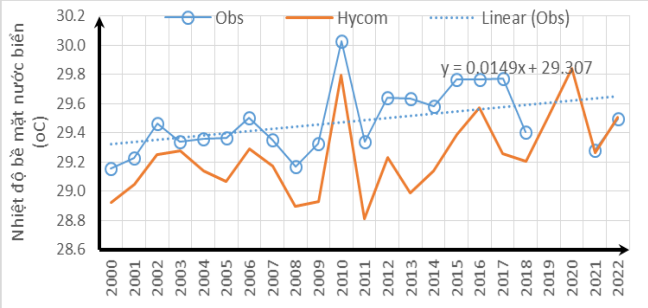
Hình 8. Số liệu trung bình ngày của trạm Sơn Trà giai đoạn 2000-2022.



Hình 7. Số liệu trung bình ngày của trạm Phú Quốc giai đoạn 2000-2022.



Hình 10. Số liệu trung bình ngày của trạm Phú Quốc giai đoạn 2000-2022.

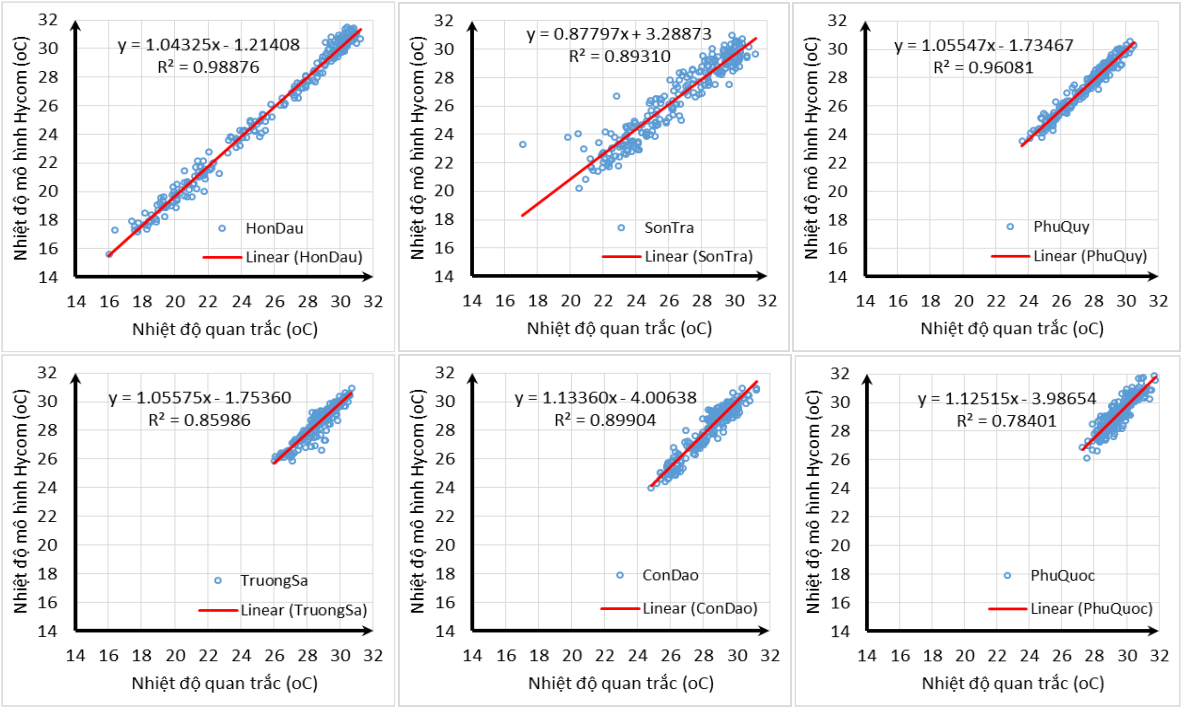


Hình 11. Số liệu trung bình ngày của trạm Phú Quốc giai đoạn 2000-2022.

Nhưng sự thay đổi này không được mạnh mẽ và rõ như các trạm có vĩ độ cao hơn. Nền nhiệt độ trung bình cao hơn và đạt khoảng 29,47°C (quan trắc), 29,20°C (mô hình HYCOM) và khoảng 0,28°C (sai lệch giữa quan trắc - mô hình HYCOM). Giá trị trung bình năm cảu quan trắc cũng được xem xét xu thế biến đổi tuyến tính trong giai đoạn 2000-2022 và đạt khoảng 0,0149°C/năm. Bên cạnh việc đánh giá trực tiếp, công việc đánh giá độ tin cậy thông qua các chỉ số hàm tương quan và chỉ số hiệu quả NASH cũng được thực hiện và trình bày trong Bảng 2 và Hình 12.

Bảng 2. Hệ số tương quan (R) của nhiệt độ bề mặt biển (°C) giữa quan trắc (Obs) và mô hình (HYCOM) tại một số trạm hải văn giai đoạn 2000-2022.

Tên trạm	Vị trí		Trung bình năm		Trung bình tháng		Trung bình ngày		Thực đo	
	Kinh độ	Vĩ độ	R	NSE	R	NSE	R	NSE	R	NSE
Hòn Dáu	106°48’	20°40’	0,950	0,796	0,995	0,985	0,983	0,964	0,978	0,953
Sơn Trà	108°13’	16°06’	0,854	0,547	0,946	0,893	0,931	0,866	0,926	0,857
Phú Quý	108°56’	10°31’	0,935	0,269	0,981	0,935	0,935	0,851	0,852	0,709
Trường Sa	111°55’	8°39’	0,805	0,442	0.930	0,792	0.884	0,700	0,843	0,645
Côn Đảo	106°36’	8°41’	0,862	-0,172	0,950	0,813	0,839	0,612	0,748	0,499
Phú Quốc	103°58’	10°13’	0,815	-1,123	0,892	0,515	0,820	0,491	0,700	0,405



Hình 12. Tương quan nhiệt độ bề mặt nước biển theo trung bình tháng giữa quan trắc và mô hình HYCOM tại một số trạm hải văn giai đoạn 2000-2022.

Trong Bảng 2, hệ số tương quan của nhiệt độ bề mặt nước biển giữa quan trắc và mô hình HYCOM đạt giá trị cao phổ biến hơn 80% đối với các chuỗi số liệu trung bình (ngày, tháng và năm); đối với chuỗi số liệu thực đo, hệ số tương quan đạt mực cao trên 80% ở các trạm phía bắc, miền trung và ngoài khơi. Còn các trạm phía nam, hệ số tương quan nhỏ hơn 75% (trạm Côn Đảo và trạm Phú Quốc). Đây cũng là các trạm cần được nghiên cứu nhiều hơn mặc dù biên độ dao động của các trạm là nhỏ hơn ở các vùng biển khác. Hơn nữa, chỉ số NSE cũng thể hiện tương đồng với hệ số tương quan theo các chuỗi số liệu khác nhau. Trong bảng này cũng cho thấy giá trị hệ số tương quan tốt nhất là chuỗi số liệu trung bình tháng (Hình 12).

Đối với chuỗi số liệu trung bình tháng, trạm Hòn Dấu cho thấy các giá trị đánh giá tốt nhất với hệ số tương quan (R) là 99,5% và chỉ số hiệu quả (NSE) là 0,985. Còn trạm Phú Quốc cũng được đánh giá kém nhất với hệ số tương quan (R) là 89,2% và chỉ số hiệu quả (NSE) là 0,515. Các trạm còn lại phổ biến xấp xỉ hoặc lớn hơn với hệ số tương quan (R) là 90% và chỉ số hiệu quả (NSE) là 0,8.

Hình 12 thể hiện khá rõ nét về biến đổi theo vĩ độ và từ bờ ra ngoài khơi của nhiệt độ bề mặt nước biển với sự dao động lớn ở phía bắc (trạm Hòn Dấu) và suy giảm dần về phía nam (trạm Phú Quốc) là nhỏ nhất. Nhưng giá trị lớn nhất hầu như ít thay đổi vẫn duy trì khoảng 31°C. Còn giá trị nhỏ nhất tàng dần từ vĩ độ cao đến vĩ độ thấp và phổ biến lớn hơn 20°C ở khu vực Miền Trung.

Kết quả đánh giá cho thấy có thể nghiên cứu khai thác số liệu nhiệt độ bề mặt nước biển để phục vụ nghiên cứu liên quan trong khi số liệu đo đạc quan trắc thực tế chưa có hoặc khó khăn trong việc triển khai đo đạc thực địa.

4. Kết luận

Dựa vào phương pháp thống kê đã được sử dụng trong nghiên cứu này để đánh giá nhiệt độ bề mặt nước biển cho thấy:

Phân bố nhiệt độ bề mặt nước biển của mô hình HYCOM trong không gian không đồng nhất và thay đổi theo mùa. Biên độ dao động mùa ở phía bắc lớn nhất khoảng 12°C (20-31°C) và giảm dần về phía nam khoảng 4°C (28-31°C). Nền nhiệt này luôn duy trì ở mức trên 27°C đảm bảo cho hình thành và phát triển của xoáy thuận nhiệt đới trên hầu khắp các vùng biển. Ngoại trừ vào mùa đông và từ đông sang hè (khoảng từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau) ở khu vực phía bắc.

So sánh đánh giá trực tiếp giữa đo đạc quan trắc và sản phẩm mô hình HYCOM đối với 06 trạm hải văn trong vùng biển Việt Nam từ Bắc xuống Nam điển hình như trạm Hòn Dấu, trạm Sơn Trà, trạm Phú Quý, trạm Trường Sa, trạm Côn Đảo và trạm Phú Quốc. Nhiệt độ bề mặt nước biển đã được đánh giá theo các chuỗi số liệu trung bình (ngày, tháng và năm) đạt kết quả trung bình dao động từ -0,05^{o}C đên 0,30^{o}C theo xu thế tăng dần từ vĩ độ cao xuống vĩ độ thấp. Ngược lại, biên độ dao động có xu hướng giảm dần từ vĩ độ cao xuống vĩ độ thấp. Hơn nữa, các kết quả đánh giá theo hệ số tương quan (R) và chỉ số hiệu quả (NSE) theo chuỗi số liệu thự đo và trung bình (ngày, tháng và năm) đạt được mức độ phù hợp tốt. Giá trị hệ số tương quan (R) phổ biến trên 70%, chuỗi trung bình tháng tốt nhất lớn hơn 89%. Chỉ số hiệu quả (NSE) của chuỗi trung bình tháng cũng cho giá trị tốt nhất phổ biến lớn hơn 0,79, ngoại trừ trạm Phú Quốc chỉ đạt khoảng 0,51.

Nhìn chung, số liệu nhiệt độ bề mặt nước biển cảu mô hình HUYCOM có thể khai thác bổ sung thêm vào cơ sở dữ liệu để phục vụ các nghiên cứu khác trong lĩnh vực khoa học biển có liên quan. Nhưng nguồn số liệu này cũng cần có nhiều nghiên cứu nữa và số lượng trạm so sánh cũng cần tăng lên để đảm bảo nguồn dữ liệu này có ý nghĩa sát thực hơn.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.Q.T., N.M.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.Q.T., N.Q.T., Đ.T.T.H.; Xử lý số liệu: P.Q.N., N.Q.V.; Viết bản thảo bài báo: N.Q.T., Đ.T.T.H., N.Q.V.; Chỉnh sửa bài báo: N.Q.T., N.M.H.

Lời cảm ơn: Tác giả xin chân thành cảm ơn đề tài "Nghiên cứu vai trò của các quá trình vật lý mây và tương tác khí quyển - đại dương đối với quỹ đạo, cường độ bão Biển Đông và dự báo vùng gió mạnh, mưa lớn trong bão khu vực miền Trung" Mã số: ĐTĐL.CN-90/21 do TS. Nguyễn Văn Hiệp làm chủ nhiệm, Viện Vật lý Địa cầu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam là cơ quan chủ trì đã hỗ trợ để thực hiện bài báo này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Wallcraft, A.J.; Metzger, E.J.; Caroll, S.N. Software design description for the Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). Version 2.2. Naval Research Laboratory. Stennis Space Center, MS 39529-5004. NRL/MR/7320--09-9166. 2009. Online available: https://www.HYCOM.org/.
2. Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L (eds.). Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007, pp. 996. Online available: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch3s3-6-2.html.
3. Minnett, P.J.; Chin, T.M.; Corlett, G.K.; Gentemann, C.L.; Karagali, I.; Li, X.; Marsouin, A.; Marullo, S.; Maturi, E.; Santoleri, R.; Picart, S.S.; Steele, M.; Vazquezcuervo, J. Half a century of satellite remote sensing of sea-surface temperature. *Remote Sens. Environ*. **2019**, *233*, 49.
4. Robles-tamayo, C.M.; Valdez-holgu, E.; Garc, R.; Figueroa-preciado, G.; Herreracervantes, H.; Juana, L.; Fernando, L. Sea surface temperature (SST) variability of the eastern coastal zone of the Gulf of California. *Remote Sens.* **2018**, *10(1434)*,1–23.
5. Sebastian, M.; Behera, M.R. Impact of SST on tropical cyclones in North Indian Ocean. *Procedia Eng.* **2015**, *116*, 1072–1077.
6. Buckley, J.M.; Mingels, B.; Tandon, A. The impact of lateral advection on SST and SSS in the northern Bay of Bengal during 2015. Deep-Sea Research Part II. 2020, 172, 104653. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.104653.
7. Stramska, M.; Białogrodzka, J. Spatial and temporal variability of sea surface temperature in the Baltic Sea based on 32-years (1982–2013) of satellite data. *Oceanologia* **2015**, *57*, 223–235. http://dx.doi.org/10.1016/j.oceano.2015.04.004.
8. Tadjuddah, M. Observations of sea surface temperature on spatial and temporal using Aqua MODIS Satellite in West Banda Sea. *Procedia Environ. Sci.* **2016**, *33*, 568–573.
9. Goela, P.C. et al. Time series analysis of data for sea surface temperature and upwelling components from the southwest coast of Portugal. *J. Mar. Syst*. **2016**, *163*, 12–22. http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.06.002.
10. Wijffels, S.E. et al. A fine spatial-scale sea surface temperature atlas of the Australian regional seas (SSTAARS): Seasonal variability and trends around Australasia and New Zealand revisited. *J. Mar. Syst*. **2018**, *187*, 156–196. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2018.07.005.
11. Alosairi, Y.; Alsulaiman, N.; Rashed, A.; Al-Houtiet, D. et al. World record extreme sea surface temperatures in the northwestern Arabian/Persian Gulf verified by in situ measurements. *Mar. Pollut. Bull*. **2020**, *161*, 111766. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111766.
12. Kessler, A.; Goris, N.; Lauvset, S.K. Observation-based Sea surface temperature trends in Atlantic large marine ecosystems. *Prog. Oceanogr*. **2022**, *208*, 102902. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102902.
13. Long, B.H. Hiện tượng nước trồi trong vùng biển Việt Nam. Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội. 2009.
14. Da, N.D.; Herrmann, M.; Morrow, R.; Niño, F.; Huan, N.M.; Trinh, N.Q. Contributions of wind, ocean intrinsic variability, and ENSO to the interannual variability of the South Vietnam upwelling: A modeling study. *J. Geophys. Res. Ocean*. **2019**, *124(9)*, 6545–6574.

15. Thái, T.D.; Ngọc, T.B.; Long, B.H. Vai trò của hoàn lưu nước và dòng chảy xoáy lên biến động nước trồi Nam Trung Bộ Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thuỷ văn* **2024**, *758*, 11–22. doi:10.36335/VNJHM.2024(758).11-22.
16. Huy, L.Q.; Thục, T.; Ưu, Đ.V.; Hiển, N.X. Ảnh hưởng của dao động nội mùa quy mô tựa hai tuần đến trường gió và trường nhiệt độ nước biển bề mặt khu vực biển ven bờ Việt Nam trong mùa hè. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, *679*, 19–26.
17. Hiển, N.X.; Thục, T.; Quyết, V.K.; Hải, K.V.; Thanh, N.T. Xu thế thay đổi của nhiệt độ mặt nước biển khu vực biển Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, *639*, 5–9.
18. Đăng, V.H.; Huấn, N.M.; Thủy, N.B.; Thực, Đ.N. Nghiên cứu các đặc trưng biến động của trường nhiệt độ bề mặt vùng biển Nam Trung Bộ giai đoạn 2002-2018. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *EME2*, 139–145.
19. Vinh, V.D.; Ouillon, S.; Hai, N.M. Sea surface temperature trend analysis by Mann-Kendall test and sen's slope estimator: a study of the Hai Phong coastal area (Vietnam) for the period 1995-2020. *VN J. Earth Sci*. **2022**, *44(1)*, 73–91. doi:10.15625/2615-9783/16874.
20. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam. Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 2020.
21. Hướng, N.V.; Minh, N.H.; Hùng, B.T.; Vụ, T.V.; Văn, C.T. Nghiên cứu phân bố front nhiệt độ nước biển tầng mặt ở biển Việt Nam phục vụ dự báo ngư trường khai thác hải sản. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, *719*, 66–75. doi:10.36335/VNJHM.2020(719).66-75.
22. Hùng, B.T.; Tuấn, N.N. cs. Nghiên cứu phân bố và biến động các khu vực nước trồi và ảnh hưởng của chúng tới nguồn lợi cá nổi nhỏ vùng biển ven bờ Việt Nam. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn - Chuyên đề nghiên cứu nghề cá biển* **2019**, *19*, 232–238.
23. Huấn, P.V. Giáo trình Dự báo hải văn biển. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia, Hà Nội. 2006.
24. Nash, J.E.; Sutcliffe, J.V. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles. *J. Hydrol*. **1970**, *10 (3)*, 282–290. doi:10.1016/0022-1694(70)90255-6.

Assessment of sea surface temperature in the Vietnam sea for the period 2000-2022 according to data from the HYCOM model

Nguyen Quoc Trinh[1,2]*, Nguyen Minh Huan[3], Pham Quang Nam[4], Nguyen Quang Vinh[5], Do Thi Thu Ha[6], Nguyen Quang Thanh[1]

[1] Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology (VAST); maitrinhvinh@gmail.com; nqtrinh@ig.vast.vn; nqthanh1965@gmail.com
[2] Graduate University of Science and Technology, VAST; nqtrinh@ig.vast.vn
[3] Hanoi University of Sciences, Vietnam National University (VNU); nmhuan61@gmail.com
[4] Marine Hydrometeorological Center, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration (VNMHA), MONRE; phamquangnam93@gmail.com
[5] National Centre for Hydro-Meteorological Network, VNMHA, MONRE; vinhk46da@yahoo.com
[6] Institute of Mechanics, VAST; dtthuha15@gmail.com

Abstract: In this article, research has been conducted on statistical characteristics and analysis, evaluation and comparison of measurements and average data (daily, monthly and yearly) at some stations between HYCOM model products and observational. The sea

surface temperature (SST) was selected for comparison and evaluation is a main element in the oceanography. The method applies statistical characteristics, correlation function (R) and NASH efficiency index (NSE) to determine the agreement between observation and simulation. The statistical results show that the average seasonal SST ensures spatial distribution and changes over time. Comparative evaluation was performed and the best monthly average data series results were obtained with correlation coefficient (R) greater than 89% and common NSE index greater than 0.79, except for Phu Quoc station only reached 0.51. This result exploits data on monthly averages of the HYCOM model quite well for the northern and central seas of Vietnam. The southern sea region needs to be carefully considered before use. Because there are still limitations, more research is needed and the number of comparison stations also needs to increase to ensure this data source has more realistic meaning.

Keywords: Sea Surface Temperature (SST); HYCOM model; East Vietnam Sea; Correlation coefficient; NSE index.