



NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ẢNH VỆ TINH ĐỂ BỔ SUNG, CẬP NHẬT ĐỘ SÂU CHO HẢI ĐỒ Ở CÁC VÙNG VEN BIỂN CỦA VIỆT NAM

Dương Văn Phong, Phạm Ngọc Quang

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: duongvanphong@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Hải đồ là một công cụ hàng hải quan trọng thể hiện độ sâu của nước, độ cao mặt đất, đặc điểm đáy biển, đặc điểm đường bờ, cấu trúc nhân tạo, thông tin dòng chảy, thủy triều và các đặc điểm khác. Tuy nhiên, các tính năng này có thể liên tục bị thay đổi do hoạt động của con người và các biến động tự nhiên. Do đó, việc sử dụng hải đồ cũ để điều hướng cho tàu thuyền, có thể dẫn đến hậu quả nghiêm trọng. Hơn nữa, độ chính xác của hải đồ cần phải đảm bảo trước bất kỳ điều hướng nào để truy cập vào cảng. Gần đây, có một loạt các phương pháp để cập nhật hải đồ, từ các phương pháp truyền thống như kỹ thuật âm thanh (MBES) sang các phương pháp hiện đại như Phát hiện ánh sáng và Hệ thống phân loại (LiDAR). Mặc dù cả hai kỹ thuật đều cung cấp độ chính xác cao và độ phủ dày đặc của các phép đo sâu, nhưng chi phí cao và khó áp dụng trong vùng nước nông.

Bài báo trình bày nghiên cứu áp dụng ảnh Landsat-8 để xác định độ sâu cho các dải nước nông ven bờ và cập nhật cho hải đồ ở khu vực biển Đà Nẵng và xung quanh. Các thực nghiệm và kết quả tính toán cho thấy sai số của hiệu chuẩn mô hình, tính bằng mét (RMSE), khoảng 10% chiều sâu thực tế và có độ tương quan rất cao tới độ sâu 20 m. Do đó, phương pháp này có thể xác định là một cách hiệu quả và kinh tế, đảm bảo tính chính xác của hải đồ mà không cần khảo sát MBES hoặc LiDAR ở khu vực ven biển Việt Nam nếu đủ dữ liệu ảnh vệ tinh phân giải cao như Worldview 1,2,3 (0,5m) hay GeoEye-1 (0.5m)...

Từ khóa: hải đồ, ảnh vệ tinh Landsat-8.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hải đồ là một phương tiện quan trọng trong việc định vị và dẫn đường trên biển, nó thể hiện độ sâu đáy biển và cao độ của đất liền, các đặc điểm tự nhiên và nhân tạo dùng để định vị, thông tin về thủy triều và dòng chảy, chi tiết về từ trường của khu vực và các công trình nhân tạo như cảng, các toà nhà và cầu cảng. Tuy nhiên, sự gia tăng mật độ tàu bè qua lại và các hoạt động công nghiệp và sinh hoạt của con người tại vùng biển đã dẫn đến thay đổi địa hình đáy và đường bờ biển. Ngoài ra, cùng với lượng phù sa lớn đổ ra từ các con sông, đã làm các luồng lạch ra vào các cảng biển bị bồi lấp, làm cho hải đồ không còn chính xác gây mất an toàn cho các hoạt động hàng hải.

Từ đó đặt ra yêu cầu phải bổ sung, cập nhật bản đồ độ sâu đáy biển thường xuyên, đặc biệt xung quanh khu vực cảng biển, để có hướng nạo vét khơi thông luồng hàng hải. Hiện nay để thực hiện công việc này, chủ yếu sử dụng công nghệ đo

sâu hồi âm và công nghệ quét Laser từ trên không (Airborne LiDAR Bathymetry). Tuy nhiên các công nghệ này cũng có những hạn chế nhất định, đo sâu hồi âm chỉ có thể thực hiện ở những khu vực nước sâu nơi thuận tiện cho tàu khảo sát có thể hoạt động, trong khi đó máy móc thiết bị cho đo LiDAR rất đắt và không thể thực hiện ở vùng nước quá đục [5].

Ngày nay, cùng với sự phát triển của công nghệ vệ tinh, viễn thám có thể được xem là một giải pháp hữu hiệu để giải quyết các vấn đề trên bởi khả năng bao phủ rộng, chi phí thấp và khả năng cập nhật liên tục [2]. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu khả năng sử dụng ảnh vệ tinh viễn thám để trích xuất độ sâu đáy biển, từ đó nâng cao khả năng cập nhật của hải đồ.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1 Khu vực nghiên cứu

Đề tài lựa chọn khu vực ven biển đặc trưng cho



giao thương cảng biển ở Việt Nam đó là khu vực cảng Đà Nẵng. Cảng Đà Nẵng là cảng nước sâu lớn nhất khu vực miền Trung Việt Nam và là điểm cuối của “Hành lang kinh tế Đông Tây” kết nối Việt Nam, Lào, Myanmar và Đông Bắc Thái Lan. Cảng Đà Nẵng có hệ thống giao thông đường bộ nối liền thông suốt giữa cảng với Sân bay quốc tế Đà Nẵng và Ga đường sắt; cách Quốc lộ 1A khoảng 12 km và gần đường hàng hải quốc tế. Năm 2019, Cảng Đà Nẵng đã bốc dỡ khoảng 3 triệu tấn hàng hóa, trong đó 1,5 triệu tấn là hàng hóa xuất khẩu, cảng Đà Nẵng còn là điểm đến lý tưởng cho các tàu du lịch. Ngoài ra, do nằm ở cửa sông Hàn, nên cảng Đà Nẵng hằng năm còn nhận một lượng lớn vật liệu bồi tụ, các yếu tố kể trên dẫn đến địa hình đáy biển xung quanh cảng có sự thay đổi lớn theo thời gian.



H.1. Khu vực nghiên cứu

2.2 Các nguồn tài liệu sử dụng cho nghiên cứu:

2.2.1 Giới thiệu về ảnh Landsat-8

Hiện nay, Chương trình vệ tinh Landsat được phát triển bởi cơ quan hàng không vũ trụ Hoa Kỳ (NASA) và Cơ quan đo đạc địa chất Hoa Kỳ (USGS). Vệ tinh được phóng đầu tiên năm 1972 và cho đến nay đã có 8 thế hệ vệ tinh được phát triển. Vệ tinh Landsat cung cấp nguồn dữ liệu có độ phân giải trung bình 15-100m cho các hoạt động như theo dõi sự thay đổi bề mặt trái đất, giám sát tài nguyên môi trường, quy hoạch và quản lý nông nghiệp, đô thị...

Vệ tinh Landsat mới nhất hiện nay là vệ tinh Landsat-8, được phóng năm 2013. Vệ tinh Landsat-8 có 2 bộ cảm biến là OLI (Operational Land Imager) cho mục đích theo dõi bề mặt và TIRS (Thermal Infrared Sensor) cho thu thập ảnh hồng ngoại nhiệt. Landsat 8 thu nhận ảnh với tổng

số 11 kênh phổ, bao gồm 9 kênh sóng ngắn với độ phân giải 15-30m và 2 kênh nhiệt sóng dài có độ phân giải 100m.

Bảng 1. Các kênh ảnh của vệ tinh Landsat-8 (Nguồn: <https://www.usgs.gov>)

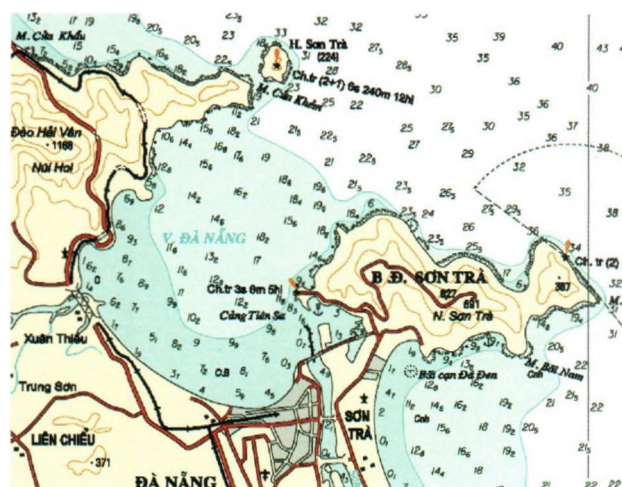
	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Launched February 11, 2013	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Trong nghiên cứu này, chỉ có 3 kênh ảnh xanh dương (blue), xanh lục (green) và cận hồng ngoại (Near Infrared) của ảnh Landsat-8 thu nhận vào ngày 23/6/2017 được sử dụng.

Lý do là vì hai kênh ảnh xanh dương và xanh lục có bước sóng ngắn hơn nên sóng điện từ của 2 kênh này có khả năng xuyên qua lớp nước dày hơn các kênh khác. Hơn nữa vì kênh xanh lục (525-600 nm) có bước sóng dài hơn kênh xanh dương (450-515 nm) nên bức xạ (radiance) của kênh xanh lục sẽ bị suy giảm nhanh hơn khi truyền qua môi trường nước qua đó chúng ta có thể phân biệt được độ nông sâu của vùng nước. Ngoài ra sự lan truyền của sóng điện từ thuộc dãy cận hồng ngoại rất thấp nên dựa vào kênh ảnh này chúng ta có thể dễ dàng tách biệt được các đối tượng như đất liền và các đối tượng không phải là nước ra khỏi đối tượng nghiên cứu.

2.2.2. Giới thiệu về hải đồ

Hải đồ là một phương tiện thiết yếu cho công tác định vị và dẫn đường trên biển, nó thể hiện độ sâu và địa hình đáy biển, ngoài ra còn chứa các thông tin quan trọng khác như các đối tượng tự nhiên, đường bờ, các khu vực nguy hiểm, các công trình trên biển, thủy triều và dòng hải lưu. Hải đồ mà chúng tôi sử dụng làm đối tượng tham khảo trong nghiên cứu này có số hiệu I-200-32 được thành lập bằng phương pháp đo sâu hồi âm, xuất bản năm 2011 bởi Đoàn đo đạc và biên vẽ bản đồ, quân chủng Hải Quân. Trước khi sử dụng hải đồ, chúng ta cần đưa hải đồ về cùng hệ quy chiếu với ảnh vệ tinh mà chúng ta sử dụng, cụ thể là hệ quy chiếu WGS-84 UTM 49N.



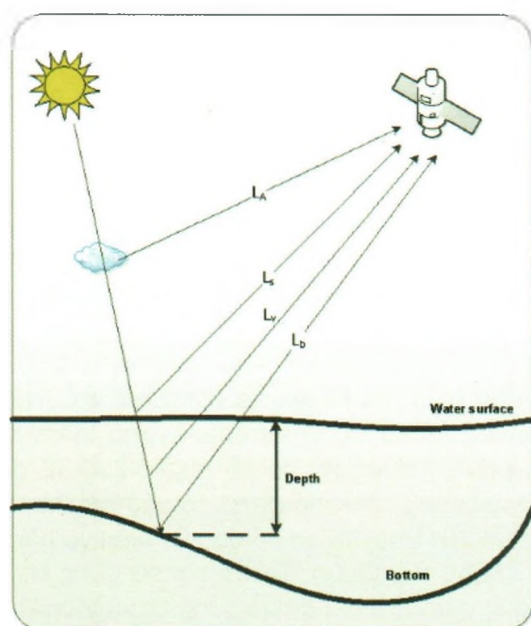
H.2. Hải đồ khu vực nghiên cứu

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1 Tổng quan nghiên cứu

Việc nghiên cứu được tiến hành trên cơ sở giả thuyết rằng ánh sáng sẽ bị hấp thụ khi xuyên qua tầng nước và độ sâu mà ánh sáng có thể xuyên qua phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng. Trên cơ sở đó Jensen (2007) đã giả thuyết rằng bức xạ (radiance) mà vệ tinh thu nhận được là một hàm của các yếu tố: bức xạ của bề mặt đáy (L_b), bức xạ của bề mặt nước (L_s), bức xạ của cột nước (L_v), bức xạ của khí quyển (L_p) được thể hiện bằng công thức (1) sau đây:

$$L_t = L_b + L_v + L_s + L_p \tag{1}$$



H.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến xác định độ sâu từ ảnh vệ tinh

Trong đó bức xạ của bề mặt đáy (L_b) là năng lượng của ánh sáng sau khi truyền qua tầng nước và bị phản xạ bởi đáy nước, nó chứa thông tin về độ sâu tầng nước và đặc điểm của vật liệu bề mặt đáy. Cho nên để ước tính độ sâu chúng ta cần tách bức xạ bề mặt đáy ra khỏi tổng bức xạ thu nhận từ vệ tinh (L_t). Dựa trên nguyên lý này Lyzenga (1985) đã đưa ra một phương pháp tuyến tính để xác định độ sâu. Phương pháp này dựa trên hai giả thuyết, một là đặc điểm tính chất của tầng nước là đồng nhất, nghĩa là hệ số hấp thụ năng lượng khi ánh sáng truyền qua môi trường nước (attenuation coefficient) là hằng số. Thứ hai là ánh sáng khi truyền qua môi trường nước sẽ tuân theo “Định luật Beer” nghĩa là năng lượng sẽ suy giảm theo độ sâu tuân theo hàm mũ e được biểu diễn bằng công thức sau:

$$L_w = L_\infty [1 - e^{-gz}] + L_b e^{-gz} \tag{2}$$

Trong đó $L_w = (L_t - L_p - L_s)$ là bức xạ thu nhận bởi vệ tinh sau khi loại trừ ảnh hưởng bởi khí quyển và bức xạ bề mặt nước, L_∞ là bức xạ của vùng nước sâu, nơi ta có thể giả thuyết bức xạ mà chúng ta thu được không chứa thông tin của bề mặt đáy, g là hệ số hấp thụ, z là độ sâu. Dựa vào công thức trên chúng ta có thể tính độ sâu bằng cách đảo ngược công thức (2).

$$z = g^{-1} [\ln(L_b - L_\infty) - \ln(L_w - L_\infty)] \tag{3}$$

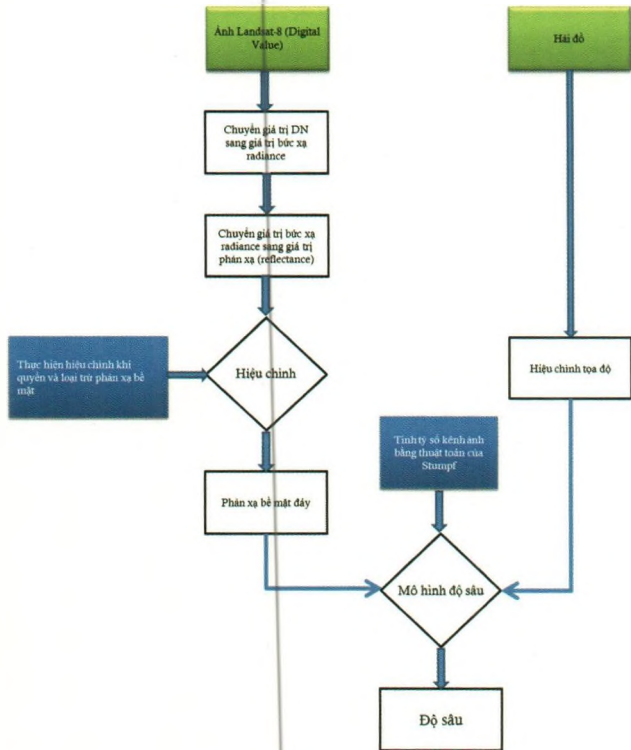
Phương pháp của Lyzenga (1985) tỏ ra không hiệu quả khi xác định độ sâu ở những nơi có bề mặt đáy có sự thay đổi phức tạp. Để cải thiện phương pháp này, Stumpf và đồng nghiệp (2003) đã đưa ra một công thức phi tuyến tính để ước tính độ sâu. Bằng cách giả thuyết rằng, kênh ảnh có độ hấp thụ cao hơn sẽ suy giảm nhanh hơn khi độ sâu tăng, Stumpf và đồng nghiệp nhận thấy tỷ số giữa hai kênh ảnh tương ứng sẽ tăng khi độ sâu tăng. Vì vậy tỷ lệ giữa hai kênh ảnh sẽ phụ thuộc vào sự thay đổi của độ sâu hơn là phụ thuộc vào sự thay đổi của bề mặt đáy. Khi lấy tỷ lệ hai kênh ảnh ta có :

$$z = m_1 \left(\frac{\ln(L_w(Band_i))}{\ln(L_w(Band_j))} \right) - m_0 \tag{4}$$

Trong đó m_0, m_1 là các hằng số của mô hình, $L_w(Band_i)$ và $L_w(Band_j)$ tương ứng với kênh i và j. Ở trong nghiên cứu này kênh i tương ứng với kênh xanh dương, j tương ứng với kênh xanh lục. Các giá trị m_0, m_1 được tính toán bằng cách so sánh

giá trị từ thuật toán và giá trị độ sâu lấy từ hải đồ tương ứng.

2.4. Quy trình xử lý số liệu



H.4. Quy trình xử lý số liệu

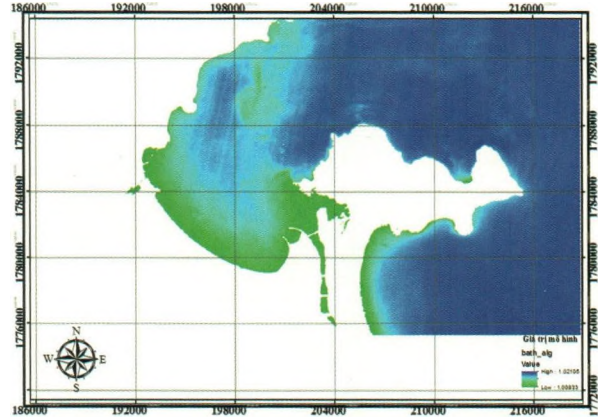
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Dữ liệu vệ tinh mà chúng ta thu thập được bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố khác nhau, cho nên trước khi xử lý chúng ta cần hiệu chỉnh các yếu tố này để nâng cao độ chính xác của việc ước tính độ sâu. Quá trình hiệu chỉnh này trải qua các công đoạn khác nhau như lọc không gian, phân tách nước, hiệu chỉnh khí quyển, loại trừ ảnh hưởng của bề mặt nước. Trong đó, ảnh hưởng khí quyển là nhân tố quan trọng nhất ảnh hưởng đến kết quả nghiên cứu, nó làm thông tin chúng ta thu nhận được bị suy giảm không chính xác. Nguyên nhân của ảnh hưởng khí quyển là sự hấp thụ và tán xạ của các thành phần của khí quyển, mà chủ yếu là các hạt sol khí (aerosol).

Có nhiều phương pháp để hạn chế ảnh hưởng của khí quyển, tuy nhiên trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng phương pháp đơn giản nhất là phương pháp “Trừ đối tượng tối” (Dark Object Subtraction). Bằng cách giả thuyết rằng các đối tượng tối trên ảnh không có chứa thông tin phản xạ của bề mặt. Cho nên tín hiệu thu được bằng vệ tinh của các đối tượng này sẽ chỉ bao gồm thông tin

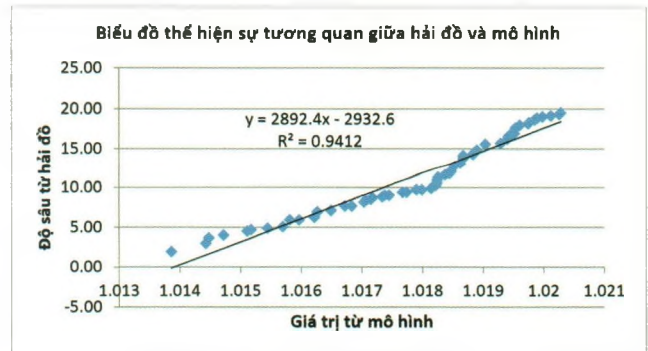
do sự phản xạ, tán xạ của khí quyển. Do đó bằng cách trừ đi các tín hiệu này, chúng ta sẽ loại trừ ảnh hưởng của khí quyển (Chavez, 1988).

Sau khi thực hiện các bước hiệu chỉnh chúng ta có thể tính toán giá trị độ sâu từ thuật toán bằng cách lấy tỷ số giữa hai kênh ảnh xanh dương và xanh lục.



H.5. Độ sâu tính toán từ thuật toán của Stumpf

Các hằng số của mô hình tính toán độ sâu m_0 , m_1 có thể được tính toán bằng cách thực hiện thuật toán hồi quy tuyến tính sử dụng giá trị độ sâu thực tế từ hải đồ. Tương ứng với mỗi điểm độ sâu trên hải đồ, giá trị pixel tương ứng của nó trên thuật toán được thu thập và tính toán. Để kiểm nghiệm mô hình, chúng tôi sử dụng hệ số tương quan (R^2), hệ số này thể hiện độ phù hợp giữa hai giá trị: độ sâu hải đồ và giá trị của mô hình.



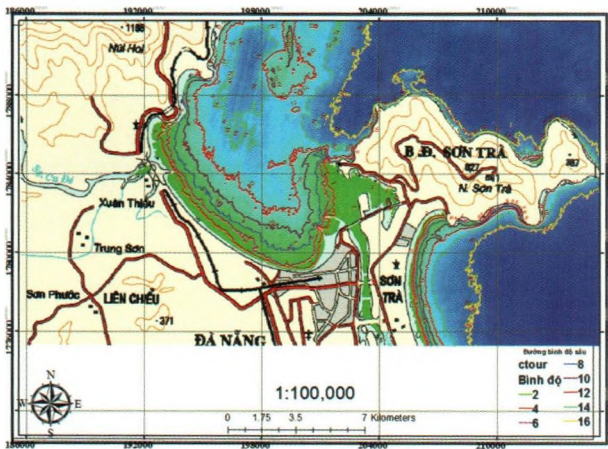
H.6. Biểu đồ tương quan

Từ Hình H.6 chúng ta có thể nhận thấy hai giá trị độ sâu hải đồ và giá trị từ mô hình có sự tương quan rất lớn với nhau ($R^2= 0.94$) trong khoảng độ sâu từ 0-20 m điều đó có nghĩa trong trường hợp này, mô hình độ sâu có thể dùng để ước tính độ sâu ở khu vực Vịnh Đà Nẵng. Ngoài ra để kiểm tra độ chính xác kết quả nghiên cứu, chúng tôi còn sử dụng một chỉ số thống kê khác đó là sai số trung phương.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y - y_z)^2}{N}} \quad (5)$$

Trong đó y : là độ sâu ước tính từ mô hình, m , y_z là độ sâu từ hải đồ, m , N là tổng số điểm quan trắc.

	Hệ số tương quan R ²	Sai số trung phương
Giá trị	0.94	2.35



H.7. Bản đồ độ sâu của vịnh Đà Nẵng sau hiệu chỉnh

Ở đây chúng ta có thể thấy sai số trung phương của kết quả nghiên cứu khá lớn $RMSE = 2,35 m$, nguyên nhân có thể đến như vậy, vì tỷ lệ hải đồ dùng để lấy giá trị độ sâu khá lớn, nên khó khăn xác định chính xác độ sâu của điểm quan trắc dẫn đến độ sâu lấy từ hải đồ không tương quan với độ sâu tính toán từ mô hình. Nguyên nhân thứ hai có thể đến vì địa hình đáy biển xung quanh vịnh Đà Nẵng đã có sự thay đổi đáng kể so với lúc thành lập hải

đồ. Nguyên nhân thứ ba đó là khu vực khảo sát ven biển Đà Nẵng có nhiều sông đổ ra cửa biển, nên nước biển khu vực khảo sát khá đục nên ảnh hưởng rất đáng kể đến chất lượng của các tấm ảnh vệ tinh nói chung và ảnh Landsat nói riêng. Từ đó có thể nhận thấy, chúng ta có thể cải thiện kết quả nghiên cứu, nếu có được số liệu tham khảo từ các nguồn đáng tin cậy hơn như kết quả từ đo sâu hồi âm, hoặc công nghệ LiDAR.

4. KẾT LUẬN

Đánh giá tính cập nhật của hải đồ rất quan trọng trong các hoạt động hàng hải, nhất là xung quanh các hải cảng. Việc sử dụng ảnh viễn thám trong công tác cập nhật hải đồ là một công nghệ mới, có giá thành rẻ và khả năng cập nhật cao và đặc biệt hiệu quả ở vùng nước nông dưới 25 m, nơi mà các công nghệ khác còn nhiều hạn chế. Từ kết quả trên đây đã cho thấy rằng phương pháp ước tính độ sâu bằng công nghệ viễn thám là một phương pháp cập nhật độ sâu hiệu quả, có giá thành rẻ và có thể làm tài liệu tham khảo trước khi tiến hành các công tác đo đạc bằng các phương pháp đo sâu chính xác khác. Hơn nữa, một số nghiên cứu khác đã chỉ ra rằng, nếu có dữ liệu đầu vào của mô hình có đủ độ chính xác như dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải không gian cao như Worldview 1,2,3 (0,5m), GeoEye-1 (0.5m), Pleiades-1B (0.5m) và dữ liệu cho hiệu chỉnh đảm bảo độ chính xác như dữ liệu đo sâu hồi âm, LiDAR và đặc biệt, khi lấy ảnh nên chọn các tấm ảnh vệ tinh được chụp tại thời điểm nước trong (theo mùa) thì kết quả ước tính độ sâu dựa trên ảnh viễn thám có thể đạt độ chính xác xác định độ sâu tới $\pm 0,5m$, như vậy có thể áp dụng trong công tác bổ sung, cập nhật hải đồ sẽ rất hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chavez, P. S. (1988). "An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data." *Remote Sensing of Environment* 24(3): 459-479.
2. Jagalingam, P., et al. (2015). "Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery." *Procedia Engineering* 116: 560-566.
3. Jensen, J. R. (2007). "Remote sensing of the environment: An earth resource perspective", 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
4. Lyzenga, D.R. (1985). "Shallow-Water Bathymetry Using Combined Lidar and Passive Multispectral Scanner Data." *International Journal of Remote Sensing*, 6, 115-125. <http://dx.doi.org/10.1080/01431168508948428>
5. Ricardo, F.; Shachak, P.; Brian, M.; Yuri, R.; Lee, A., Parrish, C., and Lippmann, T. 2015. "Monitoring near-shore bathymetry using a multi-image satellite-derived bathymetry approach". *Proceedings of the U.S. Hydrographic Conference (US HYDRO) 2015 (Maryland, USA, National Harbor)*, 7p.
6. Stumpf, R. P. (2003). "Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types." *Limnol. Oceanogr.*



RESEARCH ON THE APPLICATION OF SATELLITE IMAGES TO SUPPLEMENT AND UPDATE THE DEPTH FOR NAUTICAL CHART OF THE COASTAL AREA OF VIETNAM

Duong Van Phong, Pham Ngoc Quang

ABSTRACT

Nautical Chart is an important navigational instrument that represents water depth, ground elevation, seafloor characteristics, shoreline characteristics, man-made structures, flow information, tides and other characteristics. However, these features can be continuously altered by human activities and natural fluctuations. Therefore, using old Nautical Chart days for navigation may lead to serious consequences. Furthermore, the accuracy and effectiveness of Nautical Chart must ensure that any navigational access to the port is guaranteed. Recently, there are a variety of charting methods, ranging from traditional methods such as Multi-Beam Echo-Sounder (MBES) to modern methods like Light Detection and Ranging (LiDAR). Although both of these techniques provide high accuracy and dense coverage of in-depth measurements, they require high investment costs and are difficult to be applied in shallow waters.

This paper presents a study on applying Landsat-8 images to determine the depth for shallow coastal waters and update the charts in the coastal area of Da Nang Bay and surrounding areas. Experiments and calculation results show that the Root-mean square error of the standard model, in meters (RMSE), is about 10% of the actual depth and also illustrate a very high correlation to the depth of less than 20 m. Therefore, this method can be identified as an efficient and economical way to ensure the accuracy of nautical charts without doing MBES or LiDAR survey in Viet Nam coastal regions if there is enough high-resolution satellite image data such as Worldview 1,2,3 (0.5m) or GeoEye-1 (0.5m)...for input.

Keywords: Nautical Chart, Satellite Images Landsat-8.

Ngày nhận bài: 17/5/2021;

Ngày gửi phản biện: 20/5/2021;

Ngày nhận phản biện: 25/6/2021;

Ngày chấp nhận đăng: 17/2/2022.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.