

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN STUMPF VÀ PHƯƠNG PHÁP HỌC MÁY (MACHINE LEARNING) TRONG XÁC ĐỊNH ĐỘ SÂU ĐÁY BIỂN KHU VỰC ĐẢO XA BỜ BẰNG ẢNH VIỄN THÁM

PHẠM MINH HẢI⁽¹⁾, PHAN QUỐC YÊN⁽²⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

⁽²⁾Học viện Kỹ thuật Quân sự

Tóm tắt:

Bản đồ độ sâu là loại bản đồ thể hiện thông tin về độ sâu đáy biển. Hiện nay, công nghệ thành lập độ sâu ở nước ta đã được ứng dụng công nghệ mới sử dụng thế hệ máy đo sâu đơn tia ghi số đọc và ghi băng giấy bằng hệ thống máy đo sâu đơn tia ghi độ sâu trên đĩa từ có liên kết tích hợp hiệu chỉnh do ảnh hưởng của các yếu tố đến độ sâu đo và tọa độ điểm đo sâu. Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi sự đầu tư về công nghệ và con người rất tốn kém. Công tác đo sâu sử dụng ảnh vệ tinh đã được tác giả Stumpf công bố năm 2013. Phương pháp đo sâu của nhóm nghiên cứu này sử dụng tỷ lệ giữa kênh Blue và Green, sự suy giảm tỷ lệ từ hai kênh phổ này sẽ phát triển một mô hình tỷ lệ phản xạ. Với sự tăng dần độ sâu, phản xạ quang phổ giảm dần nhanh hơn trong kênh hấp thụ cao (green) so với kênh hấp thụ thấp (blue), vì vậy các biến trong tỷ lệ kênh tương ứng thay đổi theo độ sâu. Mục tiêu nghiên cứu của bài báo này nhằm giới thiệu một phương pháp mới cải tiến dựa trên sự kết hợp thuật toán Stumpf và phương pháp học máy trong xác định độ sâu đáy biển khu vực đảo xa bờ bằng ảnh viễn thám. Kết quả thực hiện của nghiên cứu đã cho thấy phương pháp luận của nghiên cứu cùng với ảnh Sentinel - 2A có thể đáp ứng thành lập bản đồ độ sâu tỷ lệ 1/10.000 và khả năng thực hiện đến độ sâu 10 m dưới nước.

1. Giới thiệu chung

Độ sâu mực nước là độ cao từ đáy nước đến mặt nước, nghiên cứu độ sâu là nghiên cứu về đáy của thân nước của đại dương, sông, suối, hồ. Độ sâu nước, ký hiệu là h đo bằng đơn vị cm , m là khoảng cách từ mặt thoáng nước tới đáy sông, suối, hồ, biển theo chiều thẳng đứng. Mục đích của công tác đo sâu là xác định độ sâu của địa hình đáy sông, hồ chứa, biển. Bản đồ độ sâu đáy biển là sản phẩm của việc mô tả địa hình đáy biển bằng ngôn ngữ bản đồ, nó được dùng làm nền để thể hiện các thông tin địa lý về biển, là cơ sở cho việc thành lập các bản đồ chuyên đề về biển (Nguyễn Thanh Sơn, 2003).

Trong một mảnh bản đồ các độ sâu được trích từ nhiều nguồn tài liệu khác nhau vì thế độ chính xác độ sâu thực tế cũng không đồng nhất. Hiện nay, công nghệ thành lập độ sâu ở nước ta đã

được ứng dụng công nghệ mới sử dụng thế hệ máy đo sâu đa tia, đơn tia ghi số đọc và ghi băng giấy bằng hệ thống máy đo sâu đơn tia ghi độ sâu trên đĩa từ có liên kết tích hợp hiệu chỉnh do ảnh hưởng của các yếu tố đến độ sâu đo và tọa độ điểm đo sâu. Công nghệ đó cho phép nâng cao rất nhiều độ chính xác. Tuy nhiên, phương pháp này đòi hỏi sự đầu tư về công nghệ và con người rất tốn kém. Công tác đo sâu sử dụng ảnh vệ tinh đã được tác giả Stumpf công bố năm 2013. Phương pháp đo sâu của nhóm nghiên cứu này sử dụng tỷ lệ giữa kênh Blue và Green, sự suy giảm tỷ lệ từ hai kênh phổ này sẽ phát triển một mô hình tỷ lệ phản xạ. Với sự tăng dần độ sâu, phản xạ quang phổ giảm dần nhanh hơn trong kênh hấp thụ cao (green) so với kênh hấp thụ thấp (blue), vì vậy các biến trong tỷ lệ kênh tương ứng thay đổi theo độ sâu. Tuy nhiên trong các công trình nghiên cứu đã được công bố cho

Ngày nhận bài: 05/8/2019, ngày chuyển phân biên: 09/8/2019, ngày chấp nhận phân biên: 15/8/2019, ngày chấp nhận đăng: 19/8/2019

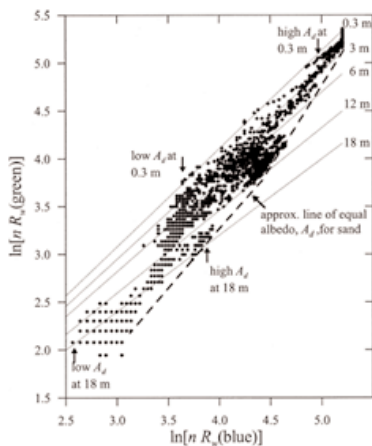
đến nay, việc các tác giả chỉ sử dụng hai kênh Green và Blue trên ảnh Landsat TM đã làm hạn chế tính hiệu quả của thuật toán Stumpf vì sự xuất hiện của nhiều loại ảnh vệ tinh có độ phân giải phổ và không gian ngày càng nhiều.

Do đó, mục tiêu nghiên cứu của bài báo này nhằm giới thiệu một phương pháp mới cải tiến dựa trên sự kết hợp thuật toán Stumpf và phương pháp học máy trong xác định độ sâu đáy biển khu vực đảo xa bờ bằng ảnh viễn thám.

2. Phương pháp luận của nghiên cứu

2.1. Cơ sở khoa học của phương pháp đo sâu Stumpf

Stumpf và ctv. (2003) đã đề xuất một mô hình đảo ngược độ sâu phi tuyến tính dựa vào một tỷ lệ kênh đã biến đổi logarit. Theo nhóm tác giả, độ sâu tăng lên, trong khi hệ số phản xạ của cả hai kênh đều giảm, $\ln()$ của kênh hấp thụ cao hơn (Green) sẽ giảm tương ứng tỷ lệ nhanh hơn $\ln()$ của kênh hấp thụ thấp hơn (Blue). Do đó, tỷ lệ giữa kênh Blue so với kênh Green sẽ tăng lên theo độ sâu. Một biến đổi tỷ lệ cũng sẽ bù đắp cho biến đổi kiểu chất đáy. Thay đổi trong phản xạ đáy cả hai kênh tương tự nhau, nhưng những thay đổi về độ sâu ảnh hưởng đến kênh hấp thụ cao hơn. Vì vậy, thay đổi tỷ lệ bởi vì độ sâu là lớn hơn rất nhiều, nó gây ra thay đổi phản xạ đáy. Phản xạ chất đáy khác nhau ở cùng một hằng số độ sâu thì tỷ lệ không đổi (hình 1).



Hình 1: Biến đổi Log sử dụng cho thuật toán tỷ lệ với dữ liệu từ Kure Atoll

Các nét đứt thể hiện giá trị gần đúng cho một đáy cát có độ phản xạ tương tự ở tất cả các độ sâu. Sự suy giảm của ánh sáng với độ sâu có nghĩa rằng các đặc tính có thấp hơn trong nước sâu hơn. Điều kiện tỷ lệ này được áp dụng, tỷ lệ tính độ sâu không phụ thuộc vào độ phản xạ chất đáy và chỉ cần nhân rộng đến chiều sâu thực tế, cụ thể là:

$$z = m_1 \frac{\ln(nL(\lambda_2))}{\ln(nL(\lambda_1))} - m_0 \quad (5)$$

Trong đó m_0 , m_1 và n là các hệ số không đổi của mô hình và $L(\lambda_1)$ và $L(\lambda_2)$ là các bức xạ viễn thám (sau hiệu chỉnh khí quyển) cho các kênh phổ λ_1 và λ_2 .

2.2. Phương pháp cải tiến Stumpf

Thuật toán Stumpf dựa vào nguyên lý: logarit (tỷ số kênh ảnh có phản xạ cao) chia cho logarit (kênh ảnh có phản xạ thấp) thì sẽ có mối quan hệ tuyến tính với độ sâu. Xuất phát từ nguyên lý này, sẽ có nhiều tỷ số có thể xác định được độ sâu. Tuy nhiên, phương pháp gốc Stumpf chỉ đưa ra tỷ số kênh B2/B3 của ảnh Landsat để xác định độ sâu. Vì vậy, nếu ảnh có nhiều kênh tốt hơn thì sẽ rất lãng phí trong sử dụng nguồn tư liệu ảnh. Vì vậy, một nghiên cứu thực nghiệm nhằm cải tiến thuật toán Stumpf dựa vào tất cả các kênh nhìn thấy để tận dụng tối đa nguồn dữ liệu ảnh viễn thám quang học. Theo đó, nghiên cứu đề xuất sử dụng nhiều tỷ số kênh ảnh, kết hợp với phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến, với đầu vào xây dựng mô hình độ sâu là tập dữ liệu bao gồm: biến phụ thuộc là tập dữ liệu độ sâu đã biết, biến độc lập là tập hợp các điểm ảnh tại điểm độ sâu đã biết của các ảnh tỷ số $\ln(B_2)/\ln(B_3)$, $\ln(B_3)/\ln(B_4)$, $\ln(B_2)/\ln(B_4)$,... khi đó công thức Stumpf lúc này được viết lại như sau:

$$z = m_1 \frac{\ln(B_2)}{\ln(B_3)} + m_2 \frac{\ln(B_2)}{\ln(B_4)} + m_3 \frac{\ln(B_3)}{\ln(B_4)} - m_0 \quad (6)$$

2.3. Phương pháp học máy trong xác định các tham số mô hình

Để xác định được các hệ số m_1, m_0 đối với phương pháp truyền thống hoặc m_1, m_2, m_3, m_0 đối với phương pháp cải tiến do nhóm nghiên cứu đề xuất, nhóm thực hiện nghiên cứu sử dụng phương pháp học máy để tính toán, vì đây là một phương pháp học có giám sát (Supervised Learning) dựa trên tập mẫu (training data). Một tập các điểm mẫu chứa các cặp $(x^{(i)}, y^{(i)})$ tương ứng và nhiệm vụ của ta là phải tìm giá trị \hat{Y} ứng với một đầu vào X mới. Phương pháp được tiến hành chia làm 3 bước: (1) lựa chọn mô hình; (2) chọn hàm cơ bản; và (3) ước lượng xác định các tham số của mô hình.

Lựa chọn mô hình: Theo phương pháp này, nhóm thực hiện nghiên cứu sử dụng mô hình kết hợp tuyến tính đa biến hoặc đơn biến của các biến đầu vào:

$$y(x, \theta) = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \theta_{k-1} x_{k-1} \quad (7)$$

Trong đó $x \in \mathbb{R}^{k-1}$ là véc tơ biến đầu vào và $\theta \in \mathbb{R}^k$ là véc tơ trọng số tương ứng, θ được gọi là tham số của mô hình, θ_0 là độ lệch nhằm cắt đi mức độ chênh lệch giữa mô hình và thực tế (hay gọi là biến tự do). Giá trị của tham số sẽ được xác định bằng cách sử dụng các cặp giá trị $(x^{(i)}, y^{(i)})$ của tập huấn luyện.

Chọn hàm cơ bản: Hàm cơ bản là hàm mô tả tổng quát được toàn bộ mối quan hệ trong tập dữ liệu huấn luyện. Nếu kết hợp các x một cách phi tuyến thì các hàm phi tuyến $\phi_i(x)$ được gọi là các hàm cơ bản (basic function), và nếu đặt $\phi_0(x) = 1$ thì công thức được viết là:

$$y(x, \theta) = \sum_{i=0}^{n-1} \theta_i \phi_i(x) = \theta^T \phi(x) \quad (8)$$

Với giá trị $\phi(x) = \mathbf{x}$, thuật toán sẽ gom các đầu vào thành một ma trận $X \in \mathbb{R}^{m \times n}$, $X = [x_1, x_2, \dots, x_m]^T$, mỗi hàng chứa một mẫu, mỗi cột chứa các thuộc tính đầu vào. Giả sử ta có m cặp dữ liệu mẫu (x_i, y_i) , $i = \overline{1, m}$ được tổ chức tương ứng bằng $X = [x_1, x_2, \dots, x_m]^T$, $y = [y_1, y_2, \dots, y_m]^T$ và $\hat{y} \in \mathbb{R}^m$ là kết quả dự đoán tương ứng. Xác định các tham số của mô hình: Ta có thể đánh giá mức độ chênh lệch kết quả dự đoán \hat{y} và y bằng

một hàm lỗi (lost function) như sau:

$$J(\theta) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - y_i)^2 = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (\theta^T \phi(x_i) - y_i)^2 \quad (9)$$

Tham số tốt nhất là tham số giúp cho hàm J đạt giá trị nhỏ nhất, tức là: $\hat{\theta} = \arg \min_{\theta} (J(\theta))$ kết quả tốt nhất là $\hat{y} = y$, tức là $J(\hat{\theta}) = 0$. Để giải quyết bài toán này ta có thể sử dụng đạo hàm của $J(\theta)$ và tìm θ sao cho $J'(\theta) = 0$.

$$0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\theta^T \phi(x_i) - y_i) \phi(x_i)^T \quad (10)$$

$$\Leftrightarrow \theta = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T y \quad (11)$$

Trong đó, ma trận $\Phi \in \mathbb{R}^{m \times n}$ được gọi là ma trận mẫu (design matrix), có thể hiểu nó đơn giản là tập mẫu đưa vào xây dựng mô hình. Ma trận Φ sắp xếp các điểm mẫu theo hàng (m hàng) và các thuộc tính của chúng theo cột (n cột).

$$\Phi = \begin{bmatrix} \phi_0(x_1) & \phi_1(x_1) & \dots & \phi_{n-1}(x_1) \\ \phi_0(x_2) & \phi_1(x_2) & \dots & \phi_{n-1}(x_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \phi_0(x_m) & \phi_1(x_m) & \dots & \phi_{n-1}(x_m) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Áp dụng phương pháp học máy đối với tập dữ liệu xác định độ sâu, phương pháp Stumpf thông thường (đơn tỷ số): Tập dữ liệu mẫu đưa vào gồm có hai trường giá trị là [Độ sâu, giá trị ảnh tỷ số], với giá trị ảnh tỷ số = $\text{Ln}(\text{Band2}) / \text{Ln}(\text{Band3})$. Theo đó, ma trận mẫu đầu vào như sau:

$$\begin{bmatrix} z(x_1, y_1) \text{ gia_tri_anh_ty_so}(x_1, y_1) \\ z(x_2, y_2) \text{ gia_tri_anh_ty_so}(x_2, y_2) \\ \dots \\ z(x_n, y_n) \text{ gia_tri_anh_ty_so}(x_n, y_n) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Do đó, phương pháp Stumpf cải tiến (đa tỷ số): Tập dữ liệu mẫu đưa vào có nhiều trường [độ sâu, TS_1, TS_2, \dots, TS_m], với $TS_i = \text{Ln}(\text{Band}_i) / \text{Ln}(\text{Band}_j)$, trong đó Band_i là kênh có phản xạ cao hơn Band_j . Theo đó, ma trận mẫu

đầu vào như sau:

$$\begin{bmatrix} z(x_1, y_1) & TS_1(x_1, y_1) & TS_2(x_1, y_1) & \dots & TS_m(x_1, y_1) \\ z(x_2, y_2) & TS_1(x_2, y_2) & TS_2(x_2, y_2) & \dots & TS_m(x_2, y_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z(x_n, y_n) & TS_1(x_n, y_n) & TS_2(x_n, y_n) & \dots & TS_m(x_n, y_n) \end{bmatrix} \quad (14)$$

3. Thực nghiệm thành lập bản đồ độ sâu khu vực thử nghiệm từ quy trình đã thành lập

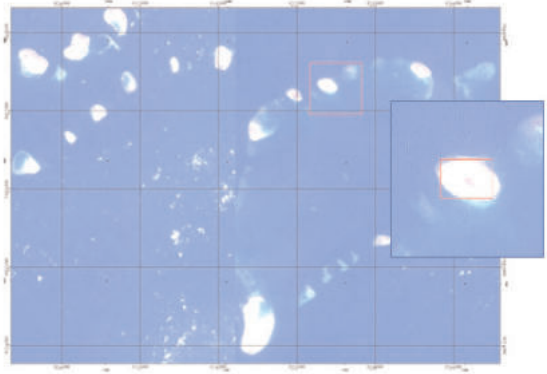
3.1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu thử nghiệm

Khu vực nghiên cứu được tiến hành tại đảo Sinh Tồn, thuộc cụm đảo Sinh Tồn, Quần đảo Trường Sa. Khu vực nước nông được nghiên cứu trong nghiên cứu này là khu vực nước nông ven đảo (độ sâu khoảng -20 m). (Xem hình 2)

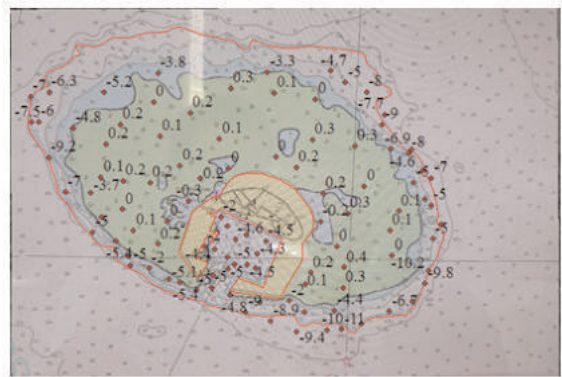
3.2. Dữ liệu thực nghiệm

Nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel-2A được phát triển bởi Cơ quan Không gian Châu Âu (ESA) (Hình 3). Vệ tinh có đường quét 290 km, chu kỳ lặp lại 10 ngày, dải phổ 440-2300 nm, 13 kênh phổ, trường nhìn 20,60, giờ qua xích đạo 10h30p sáng, mã hóa dữ liệu 12 bit; Độ phân giải không gian 10 m, 20 m và 60 m. Với khu vực có môi trường nước trong như quần đảo Trường Sa, đây là một dữ liệu phù hợp để nghiên cứu độ sâu mức nước. Nghiên cứu sử dụng kênh B2, B3, B4, B8 ảnh Sentinel - 2 được thu thập vào 9h 47' giờ VN ngày 22/8/2018 để xác định độ sâu cho khu vực nước nông. Nhóm thực hiện nghiên cứu thu thập khoảng 100 điểm độ sâu từ nguồn hải đồ để thực hiện xây dựng mô hình ước tính độ sâu và khoảng 40 điểm độ sâu để kiểm tra độ chính xác của độ sâu tính được từ ảnh vệ

tinh (Hình 4).



Hình 3: Ảnh vệ tinh Sentinel - 2A khu vực thực nghiệm



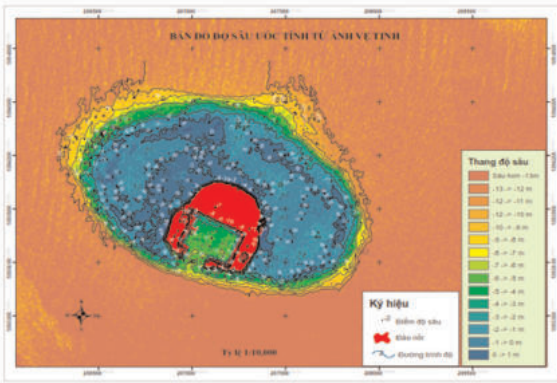
Hình 4: Phân bố các điểm độ cao trích xuất từ hải đồ (2005)

3.3. Kết quả thực hiện của nghiên cứu

Kết quả thực hiện của nghiên cứu là một bản đồ độ sâu được mô tả trên hình 5.



Hình 2: Khu vực nghiên cứu



Hình 5: Bản đồ độ sâu mức nước ước tính từ ảnh viễn thám Sentinel-2

3.4. Đánh giá độ chính xác kết quả thực hiện

Nghiên cứu sử dụng ba phương pháp đánh giá dựa vào dữ liệu thực nghiệm như sau:

- Đánh giá độ chính xác của mô hình;

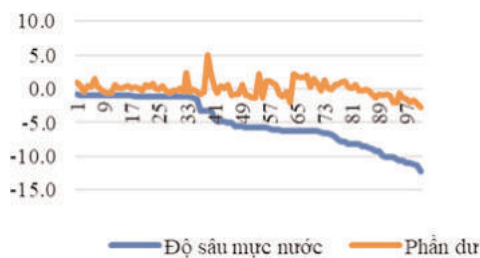
- Đánh giá dựa vào tập dữ liệu điểm kiểm tra:

Dựa vào tập dữ liệu điểm kiểm tra ngẫu nhiên được trích xuất từ hải đồ, thực hiện vẽ biểu đồ sai khác, xác định RMSE cho từng khoảng độ sâu để đánh giá chi tiết sai số trên toàn vùng;

- Đánh giá sự khác nhau giữa độ sâu ước tính được và độ sâu hải đồ: Độ sâu hải đồ được số hóa, chạy lại mô hình DEM, và sử dụng các mặt cắt địa hình để đánh giá sai khác giữa độ hai dạng độ sâu đó.

3.4.1. Đánh giá sai số mô hình

Mô hình ước tính đã trình bày ở trước, để đánh giá đầy đủ độ chính xác của mô hình, ngoài các tham số R^2 và Standar Error đã trình bày ở trước, các biểu đồ phân dư và RMSE được đánh giá riêng cho từng phạm vi độ sâu.



Hình 6: Kết quả đánh giá sai số mô hình

Nhóm thực hiện nghiên cứu nhận thấy độ sâu trong phạm vi từ 0 đến độ sâu -1.2 m có độ chính xác tốt nhất, tiếp theo là độ sâu từ -6 đến -1.2 m với RMSE 1.1 m. Độ chính xác kém nhất là phạm vi với độ sâu sâu hơn 9.2 m.

Bảng 2: Bảng RMSE của mô hình các phạm vi khu vực độ sâu

Phạm vi độ sâu	-1.2 -> 0 m	-6 -> -1.2 m	-9.2 -> -6m	-12.2 -> -9.2
RMSE	0.63	1.10	1.41	1.70

3.4.2. Đánh giá dựa vào tập điểm kiểm tra

Thực hiện tính toán RMSE cho các khoảng độ sâu và hiển thị biểu đồ so sánh tương quan độ sâu, kết quả cho thấy rằng: kết quả cũng tương tự như tập điểm xây dựng mô hình, độ sâu càng sâu thì độ chính xác càng giảm. Khu vực từ độ sâu 1 m đến 6 m cho kết quả tốt nhất, ngược lại khu vực sâu hơn 6 m độ chính xác kém nhất. (Xem hình 7)

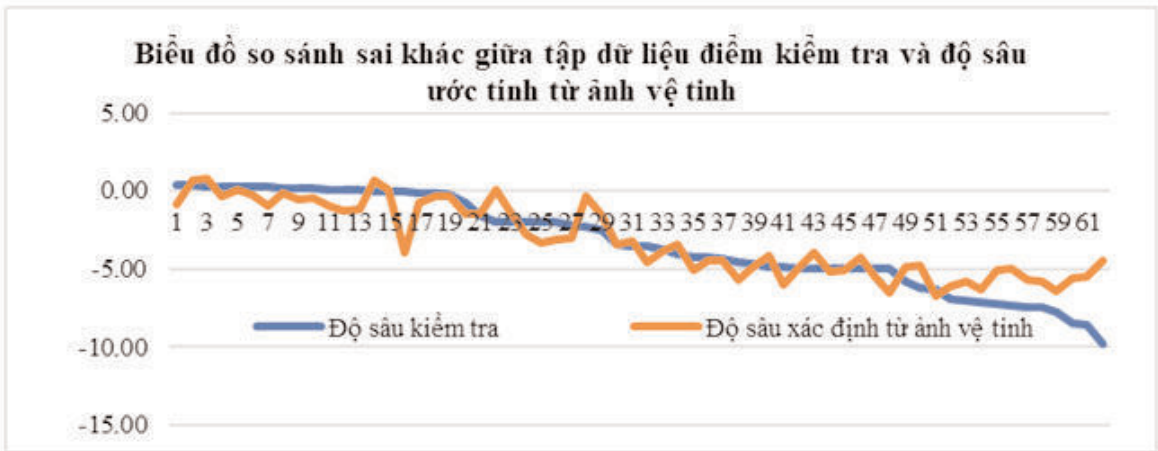
Bảng 3: Bảng RMSE của các phạm vi điểm kiểm tra

Phạm vi độ sâu	Toàn bộ khu vực	-1 -> 0 m	-6 -> -1 m	Sâu hơn -6m
RMSE	1.4 m	1.19 m	0.91 m	2.31

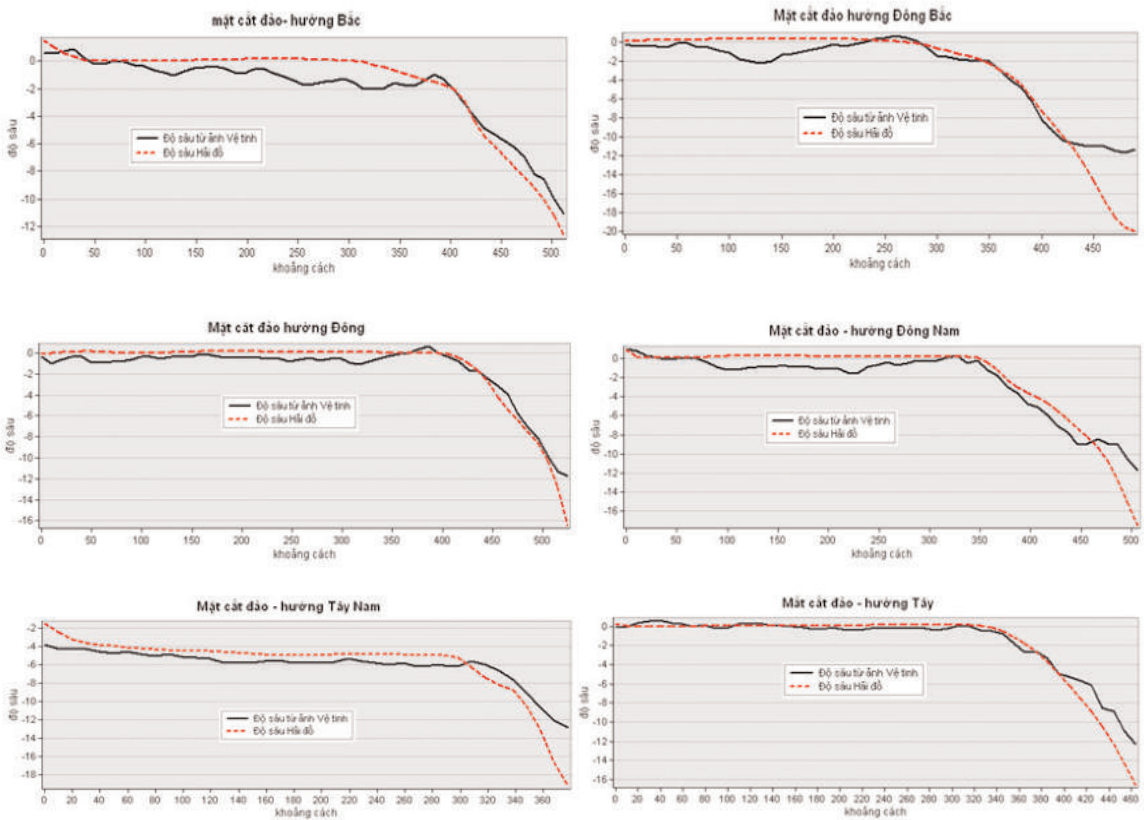
3.4.3. Đánh giá sự khác nhau giữa độ sâu ước tính được và độ sâu hải đồ

Sử dụng phương pháp mặt cắt để thể hiện sự khác nhau giữa hai số liệu độ sâu ước tính từ ảnh viễn thám và độ sâu của hải đồ. Theo đó, tiến hành thực hiện phân tích tám mặt cắt đều xuất phát từ mép bờ đảo theo **tám hướng Bắc, Đông Bắc, Nam, Đông, Đông Nam, Tây, Tây Nam.** (Xem hình 8)

Nhìn chung, các mặt cắt cũng cho phản ánh được sai số của độ sâu mô hình ước tính. Trong phạm vi độ sâu dốc xuống từ -6 m đến -12 m và dốc chằm xuống 30 m, mô hình ước tính thường tính toán với biên độ sâu sớm hơn độ sâu từ hải đồ. Quan sát hướng nghiên của đường dốc xuống giữa hai tập dữ liệu gần như song song với nhau. Kết hợp hai tập điểm độ sâu cho cả xây dựng mô



Hình 7: So sánh độ sâu giữa hải đồ và độ sâu ước tính từ ảnh viễn thám



Hình 8: Đánh giá sự khác nhau giữa độ sâu ước tính được và độ sâu hải đồ theo lát cắt

hình và tập điểm kiểm tra thì sai số trung phương toàn bộ tập điểm là $RMSE_{mô hình} = 1.4$ m và $RMSE_{sai số BD} = 2/3 = 0.66$ m. Vì vậy, sai số độ sâu xác định được từ ảnh vệ tinh là: $\sqrt{1.4^2 + 0.66^2} = 1,55$ m. Do đó, sai số độ sâu ước tính được có thể lập bản đồ độ sâu với khoảng cao đều là $1.55 * 3 \approx 5$ mét.

4. Kết luận

Nhóm nghiên cứu thành lập được bản đồ độ sâu đáy biển khu vực đảo xa bờ bằng ảnh viễn thám quang học sử dụng phương pháp đo sâu Stumpf cải tiến. Kết quả thực nghiệm tại khu vực nghiên cứu đã cho thấy phương pháp luận của nghiên cứu cùng với ảnh Sentinel - 2A có thể đáp ứng thành lập bản đồ độ sâu tỷ lệ 1/10.000 tại khu vực đảo xa bờ được thực nghiệm. Bên cạnh đó, nhóm thực hiện nghiên cứu nhận thấy môi trường biển có nhiều đặc tính khác nhau, có hai đặc tính quan trọng liên quan nhiều đến quá trình thu nhận ảnh vệ tinh quang học là tính vật lý và độ đục trong của nước. Do đó, công tác tiền xử lý ảnh viễn thám đóng vai trò quan trọng, quyết định đến độ chính xác của bản đồ độ sâu được thành lập. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Thanh Sơn and Đ.Q. Phương (2003). *Đo đạc và chỉnh lý số liệu thủy văn*. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội.

[2]. Đỗ Huy Cường (2016). *Ứng dụng ảnh vệ tinh trong đánh giá một số đặc điểm điều kiện tự nhiên và môi trường trên một số đảo lớn và vùng biển xung quanh thuộc QĐTS phục vụ phát triển kinh tế và đảm bảo quốc phòng - an ninh*. Báo cáo tổng hợp nghiên cứu.

[3]. Phạm Xuân Hoàn và Đỗ Văn An (2017). *Phân tích và xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh quang học đa thời gian kết hợp với dữ liệu đo đạc thực địa để luận giải và kiểm chứng quá trình bồi xói đảo*

ở Trường Sa. Tạp chí Xây dựng Việt Nam.

[4]. Phan Quốc Yên và Nguyễn Hiệu (2017). *Loại bỏ hiệu ứng lóa mặt trời trên ảnh vệ tinh quang học khu vực nước nông ven các đảo thuộc quần đảo Trường Sa*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 33, Số 3. Trang 87-98.

[5]. Phan Quốc Yên và cs., (2017). *Nghiên cứu thành lập bản đồ độ sâu đáy biển vùng nước nông khu vực trường sa lớn bằng kỹ thuật đo sâu viễn thám*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 33, Số 4. Trang 63-3.

[6]. Lê Quốc Hưng và cs., (2018). *Giới thiệu phương pháp sử dụng tư liệu WorldView-2 đo vẽ, tính toán xác định bề mặt địa hình đến độ sâu 20m nước tại các đảo xa bờ*, Hội nghị khoa học, công nghệ toàn quốc ngành đo đạc và bản đồ. Trang 336-343.

[7]. Quadros. N. D., (2013). *Bathymetry Acquisition - Technologies and Strategies*. Report prepared for the Commonwealth Government of Australia, Department of Climate Change and Energy Efficiency, 2013.

[8]. Lyzenga. D.R., (1978). *Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features*. Applied optics, 17(3), trang 379-383.

[9]. Lyzenga, D.R., (1985). *Shallow-water bathymetry using combined LIDAR and passive multispectral scanner data*. International journal of remote sensing. 6(1), trang 115-125.

[10]. Stumpf, R.P., (2003). *Determination of water depth with high resolution satellite imagery over variable bottom types*. Limnology and Oceanography, 48(1part2). trang 547-556.

[11]. Jupp, D.L.B., (1988). *Background and*

- Extensions to Depth of Penetration (DOP) Mapping in Shallow Coastal Waters. Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone, Gold Coast, IV2(1)-IV2(19).*
- [12]. Yamano, H., (2006). *Evaluation of various satellite sensors for waterline extraction in a coral reef environment: Majuro Atoll, Marshall Islands. Geomorphology. 82(3). Trang 398-411.*
- [13]. Fu, Y., (2017). *Analysis and Prediction of Changes in Coastline Morphology in the Bohai Sea, China, Using Remote Sensing. Sustainability, 9(6). trang 90.*
- [14]. Selvan, S.C., (2016). *Shoreline change and impacts of coastal protection structures on Puducherry, SE coast of India. Natural Hazards. 83(1). Trang 293-308.*
- [15]. Chaaban, F., (2012). *Using ARCGIS® modelbuilder and aerial photographs to measure coastline retreat and advance: North of France. Journal of Coastal Research. 28(6). Trang 1567-1579.*
- [16]. Frazer, L.N., (2009). *Toward parsimony in shoreline change prediction (I): Basis function methods. Journal of Coastal Research. Trang 366-379.*
- [17]. Genz, A.S., (2009). *Toward parsimony in shoreline change prediction (II): Applying basis function methods to real and synthetic data. Journal of Coastal Research. Trang 380-392.○*

Summary

Application of Stumpf algorithm and Machine learning methods in determining depth of sea floor in the offshore islands of Vietnam

Pham Minh Hai, Institute of Geodesy and Cartography

Phan Quoc Yen, Military Technical Academy

The depth map is a thematic map showing information about depth of sea floor. Currently, Vietnam has been applying a new technologies to generate the depth map by using multiple or single-beam detectors. However, this method requires a an expensive investment in both technology and technicians. The depth measurement using satellite images was published by Stumpf in 2013. The depth measurement method of this research group uses the ratio between Blue band and Green band, and the rate reduction from these two channels will generate a reflex ratio model. With increasing depth, the spectral reflection decreases faster in the high absorption band (green) than the lower absorption band (blue), so the variables in the corresponding channel ratio change with depth. The research objective of this paper is to introduce a new and improved method based on the combination of Stumpf algorithm and machine learning method in determining the depth of seafloor in offshore islands by remote sensing. The results of the study have shown that the methodology of the topic together with the Sentinel - 2A image can meet the depth mapping of 1/10,000 and the ability to perform up to a depth of 10 m underwater.○