

# NGHIÊN CỨU CẬP NHẬT ĐỘ SÂU HẢI ĐỒ BẰNG ẢNH VỆ TINH VIỄN THĂM LANDSAT-8 Ở KHU VỰC CẢNG ĐÀ NẴNG

DƯƠNG VĂN PHONG<sup>(1)</sup>, NGUYỄN VĂN VIỆT<sup>(2)</sup>, KHƯƠNG VĂN LONG<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Đại học Mở Địa chất

<sup>(2)</sup>Công ty TNHH MTV TVĐ miền Trung

<sup>(3)</sup>Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển

## ***Tóm tắt***

Hải đồ (Nautical Chart) là một công cụ quan trọng cho hàng hải. Tuy nhiên, tính chuẩn xác của hải đồ có thể bị ảnh hưởng do sự biến đổi liên tục theo các hoạt động của con người và tự nhiên. Do đó, việc sử dụng hải đồ cũ để điều hướng hàng hải có thể dẫn đến hậu quả nghiêm trọng. Mặc dù các kỹ thuật như sử dụng sóng âm (MBSE) hay sử dụng sóng laser (LiDAR) cung cấp khả năng đo đạc độ sâu có độ chính xác cao và độ phủ dày đặc, tuy nhiên các kỹ thuật này đòi hỏi sự đầu tư cao về chi phí và khó áp dụng trong vùng nước nông. Bài báo này áp dụng kỹ thuật xác định độ sâu từ ảnh vệ tinh Landsat-8 để đánh giá sự thay đổi của thông tin độ sâu của đáy biển so với hải đồ ở vịnh Đà Nẵng và quanh cảng Đà Nẵng. Các thí nghiệm được thực hiện đã cho thấy sai số của hiệu chuẩn mô hình, tính bằng mét (RMSE), khoảng 5-10% chiều sâu thực tế và có độ tương quan rất cao tới độ sâu 20 m. Do đó, phương pháp này có thể dùng để đánh giá tương quan mức độ thay đổi của địa hình đáy biển từ đó có thể đưa ra những hiệu chỉnh và cập nhật hải đồ một cách kịp thời.

## **1. Giới thiệu**

Hải đồ là một công cụ quan trọng trong việc định vị trên biển, nó thể hiện độ sâu đáy biển và độ cao 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 khu vực và các công trình nhân tạo như cảng, các toà nhà và cầu. Tuy nhiên, sự gia tăng mật độ tàu bè qua lại và các hoạt động công nghiệp và sinh hoạt của con người đã dẫn đến thay đổi địa hình đáy biển và đường bờ. 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 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 (Ricardo và đồng nghiệp., 2015).

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 (Jagalingam và đồng nghiệp., 2015). Theo đó, mục tiêu của bài báo này là 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. Khu vực nghiên cứu và tài liệu sử dụng cho nghiên cứu**

### ***2.1. Khu vực nghiên cứu***

Cảng Đà Nẵng là cảng biển lớn nhất khu vực Miền Trung Việt Nam và là điểm cuối của “Hành lang kinh tế Đông Tây” kết nối Việt Nam, Lào,

Ngày nhận bài: 03/8/2018, ngày chuyển phân biện: 06/8/2018, ngày chấp nhận phân biện: 28/8/2018, ngày chấp nhận đăng: 30/8/2018

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 2008, cảng Đà Nẵng đã bốc dỡ 2,7 triệu tấn hàng hóa, trong đó 1,2 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. Trong nghiên cứu này, do hạn chế về độ sâu hiệu quả của phương pháp và độ phân giải của ảnh dùng để khảo sát nên chúng tôi chỉ khảo sát tính hiệu quả của mô hình ở những khu vực có độ sâu dưới 20 m.



Hình 1: Khu vực nghiên cứu

## 2.2. Các nguồn tài liệu sử dụng cho nghiên cứu

### 2.2.1. Ảnh Landsat-8

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 đầu tiên được phóng đầu tiên vào 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. Hải đồ

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.



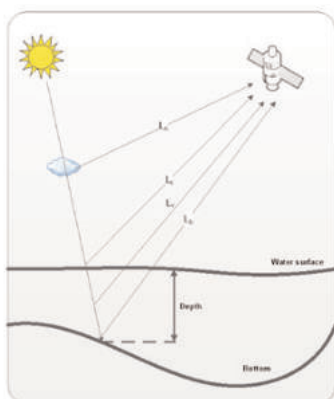
Hình 2: Hải đồ khu vực nghiên cứu

### 3. Phương pháp nghiên cứu

#### 3.1. Tổng quan nghiên cứu

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:

$$L_t = L_b + L_v + L_s + L_p \quad (1)$$



Hình 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 cơ số e được biểu diễn bằng công thức sau:

$$L_w = L_\infty \cdot [1 - e^{-gz}] + L_b \cdot e^{-gz} \quad (2)$$

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,  $L_\infty$  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 (2) chúng ta có thể tính độ sâu bằng công thức sau.

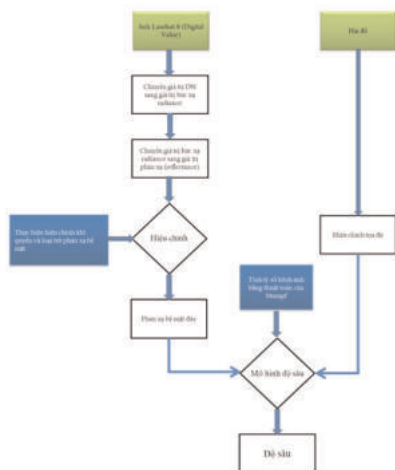
$$z = g^{-1} \cdot [\ln(L_b - L_\infty) - \ln(L_w - L_\infty)] \quad (3)$$

Phương pháp của Lyzenga (1985) tỏ ra không hiệu quả khi xác định độ sâu ở những nơi 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:

$$z = m_1 \cdot \left( \frac{\ln(L_w(\text{Band}_i))}{\ln(L_w(\text{Band}_j))} \right) - m_0 \quad (4)$$

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.

### 3.2. Quy trình xử lý số liệu



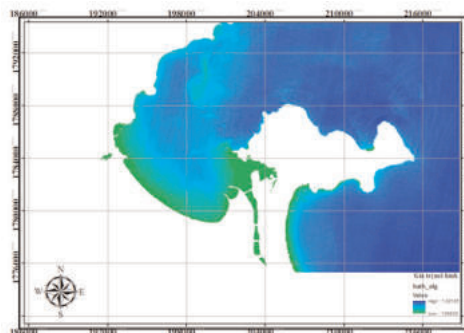
Hình 4: Quy trình xử lý số liệu

### 4. 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.

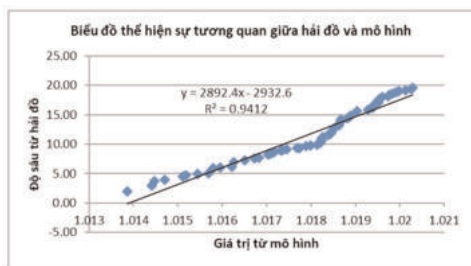


Hình 5: Độ sâu tính toán từ thuật toán của Stumpf

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. (Xem hình 6)

Từ hình (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. Lý do chúng tôi sử dụng sai số trung phương mà không sử dụng các chỉ tiêu sai số khác là bởi vì trong mô hình này chúng tôi giả thuyết rằng giá trị độ sâu trích xuất từ hải đồ là

được coi là giá trị tin cậy và dùng nó để làm giá trị tham khảo cho mô hình.



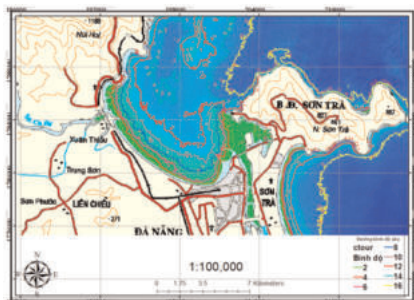
Hình 6: Biểu đồ tương quan

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

Trong đó:  $\bar{y}$  là độ sâu ước tính từ mô hình,  $y_z$  là độ sâu từ hải đồ, N là tổng số điểm quan trắc.

	Hệ số tương quan R <sup>2</sup>	Sai số trung phương
Giá trị	0.94	2.35

Ở đây chúng ta có thể thấy sai số trung phương của kết quả nghiên cứu khá lớn RMSE = 2.35m, nguyên nhân của sự sai lệch này đến từ sự hạn chế trong khâu thu thập số liệu. Hải đồ mà chúng tôi sử dụng trong nghiên cứu này là hải đồ giấy, giá trị độ sâu được lấy thủ công và dẫn đến có sự không tương quan với giá trị của mô hình. Điều này có thể được dễ dàng cải thiện nếu sử dụng hải đồ điện tử có độ phủ cao. Một yếu tố nữa có thể góp phần cải thiện đáng kể kết quả nghiên cứu là sử dụng ảnh đầu vào có độ phân giải không gian cao. Bằng những kết quả thực nghiệm mới nhất cho thấy nếu sử dụng ảnh độ phân giải cao kết hợp với dữ liệu LiDAR có thể cho kết quả độ sâu với sai số RMSE dưới 0,3m.



Hình 7: Hải đồ của vịnh Đà Nẵng sau hiệu chỉnh

## 5. Kết luận

Việc 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 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 tỏ ra đặc biệt hiệu quả ở vùng nước nông dưới 20m, 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 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 thì kết quả ước tính độ sâu dựa trên ảnh viễn thám có thể dùng trong công tác cập nhật hải đồ.○

### 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]. 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>
- [3]. Stumpf, R. P. (2003). "Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types." *Limnol. Oceanogr.*
- [4]. Jensen, J. R. 2007. "Remote sensing of the environment: An earth resource perspective", 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- [5]. Jagalingam, P., et al. (2015). "Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery."

Procedia Engineering 116: 560-566.

[6]. Ricardo, F.; Shachak, P.; Brian, M.; Yuri, R.; Lee, A., Parrish, C., and Lippmann, T. 2015. "Monitoring near-shore bathymetry using a

#### Summary

**Avaluate the ability updating of nautical chart by using Landsat-8 satellite imagery in Danang bay**

*Duong Van Phong, Nguyen Van Viet, Khuong Van Long*

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, 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, these techniques require high investment costs and are difficult to apply in shallow waters. This article applies to the depths from the Landsat-8 image to assess the effectiveness of ocean charts in Da Nang Bay and around Da Nang Port, Vietnam. The implementation shows Root-mean square error of the standard model, in meters (RMSE), about 10% of the actual depth and also illustrates a very high correlation to the depth of 20m. 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. ○

*multi-image satellite-derived bathymetry approach". Proceedings of the U.S. Hydrographic Conference (US HYDRO) 2015 (Maryland, USA, National Harbor), 7p. ○*

## NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG ĐO.....

*(Tiếp theo trang 50)*

- Có thể sử dụng phương pháp đo cao GPS - RTK để tiến hành đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển ven bờ tỷ lệ lớn phục vụ khảo sát thiết kế các công trình ven biển. Phương pháp này còn rất hiệu quả khi đo đạc bản đồ địa hình đáy biển ven bờ vùng cửa sông, vùng biển có hiện tượng dòng chảy đối lưu. ○

#### Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2007), Quy định kỹ thuật thành lập Bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:50.000, ban hành kèm theo Quyết định số 03/2007/QĐ-BTNMT ngày 12 tháng 02 năm 2007, Hà Nội.

[2]. Phan Văn Hiến và nnk (2003), Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình, đề tài NCKH cấp Bộ mã số B2001-36-23, Hà Nội.

[3]. Phạm Hoàng Lân (1998), Cơ sở Trắc địa biển, Bài giảng cho học viên cao học Trắc địa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

[4]. Vũ Tiến Quang (2002), Công nghệ GPS động và khả năng ứng dụng trong công tác đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn tại Việt Nam, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

[5]. Trần Viết Tuấn (2013), Nghiên cứu một số giải pháp công nghệ trong đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển ven bờ phục vụ khảo sát thiết kế các công trình cảng biển Việt Nam, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2013.

[6]. Phạm Vọng Thành (2002), Ứng dụng GPS động trong công tác đo vẽ bản đồ địa hình ở nước ta, đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội, 2002. ○