

Bài báo khoa học

Phương pháp trực quan hóa mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn

Nguyễn Đình Hải¹, Nguyễn Gia Trọng^{2,3*}, Cao Hoàng Trường¹, Phạm Ngọc Quang^{2,3}

¹ Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển, Quân chủng Hải quân;
hthhaim@gmail.com, hoangtruongutm@gmail.com

² Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất;
nguyengiatrong@humg.edu.vn; phamngocquang@humg.edu.vn

³ Nhóm nghiên cứu Trắc địa cao cấp - môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

*Tác giả liên hệ: nguyengiatrong@humg.edu.vn; Tel.: +84-963124980

Ban Biên tập nhận bài: 5/7/2023; Ngày phản biện xong: 22/8/2023; Ngày đăng bài: 25/9/2023

Tóm tắt: Bản đồ địa hình đáy biển là công cụ hết sức cần thiết trong quản lý tài nguyên cũng như trong khảo sát và nghiên cứu biển. Bản đồ địa hình đáy biển có thể được thành lập dưới dạng bản đồ 2 chiều (2D) hoặc bản đồ 3 chiều (3D). Cho đến nay, đa phần bản đồ địa hình đáy biển đã được thành lập là bản đồ ở dạng 2D. Mô hình hoặc bản đồ 3D địa hình đáy biển có ý nghĩa quan trọng trong nhiều lĩnh vực như lắp đặt công trình trên biển, khảo cổ học và đặc biệt quan trọng trong dẫn đường trên biển cho lực lượng hải quân. Bài báo này giới thiệu phương pháp thành lập và phương pháp trực quan hóa mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn. Mô hình đã xây dựng cho phép người sử dụng theo dõi một cách trực quan ở dạng 3 chiều bản đồ địa hình đáy biển. Kết quả thực nghiệm tại một khu vực tại Phan Rí tỉnh Bình Thuận cho thấy sai số trung phương xác định độ sâu của mô hình 3D đã được thành lập là $\pm 0,379\text{m}$, tương đương xấp xỉ 1% giá trị độ sâu của khu vực thực nghiệm hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu thành lập bản đồ địa hình đáy biển theo quy định.

Từ khóa: Đo sâu hồi âm đa tia; Thủy âm quét sườn; Mô hình 3D; Địa hình đáy biển.

1. Mở đầu

Mô hình 3D địa hình đáy biển có nhiều ứng dụng khác nhau như các ứng dụng trong hải dương học và địa chất biển, giám sát môi trường biển, trong xây dựng cơ sở hạ tầng hàng hải, lắp cáp và đường ống, khảo cổ học trên biển, quản lý đới bờ, dẫn đường cho các phương tiện trên biển bao gồm các phương tiện dân sự và quân sự. Đặc biệt, mô hình 3D địa hình đáy biển có ý nghĩa lớn trong dẫn đường các phương tiện trong lực lượng hải quân. Xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển gặp nhiều khó khăn hơn so với thành lập mô hình 3D trên đất liền do không thể quan sát trực tiếp địa hình bằng mắt thường và một số vấn đề liên quan đến chất đáy hoặc các nguồn nhiễu đối với công tác đo sâu như sự phản xạ tín hiệu do các đàn cá ... Khi thành lập bản đồ/ mô hình 3D trên đất liền có thể sử dụng các phương pháp như quét laser mặt đất, UAV, Lidar ... hoặc kết hợp các phương pháp nêu trên khi thu thập dữ liệu đầu vào. Đối với mô hình 3D địa hình đáy biển, công nghệ để thu thập dữ liệu đầu vào có thể sử dụng đơn lẻ hoặc kết hợp các phương pháp như đo sâu hồi âm đơn tia, đo sâu hồi âm đa tia, phương pháp thủy âm quét sườn.

Trên thế giới, khi thành lập bản đồ 3D cho các ứng dụng khác nhau đối với phần trên cạn, công nghệ máy bay không người lái được sử dụng một cách phổ biến [1]. Việc sử dụng

công nghệ UAV cho phép tiết kiệm thời gian đo đạc ngoài thực địa, độ chính xác đồng nhất. Nhược điểm của công nghệ này đó là không thu nhận được dữ liệu tại những nơi bị che khuất với chiều cao thấp.

Dựa trên dữ liệu vệ tinh WorldView-3, nghiên cứu [2] đã lập được bản đồ 3D các rặng san hô với độ chính xác xác định độ cao đạt ở mức 1m. Ưu điểm của phương pháp sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh trong xác định độ sâu đó là cho phép rút ngắn thời gian thu nhận dữ liệu do đặc điểm của các vệt quét lớn. Tuy nhiên, phương pháp này có nhược điểm đó là hiện tại mới chỉ xác định được cho những khu vực có độ sâu nhỏ và nước cần có độ trong nhất định.

Bên cạnh các phương pháp như đã giới thiệu trước đó, để thành lập bản đồ 3 chiều dưới nước có thể sử dụng công nghệ chụp ảnh lập thể [3] với ba bước quan trọng đó là: (1) lựa chọn quỹ đạo chụp ảnh; (2) định vị quỹ đạo và (3) kết hợp các quỹ đạo khác nhau để tạo ảnh lập thể trên cơ sở ứng dụng phép lọc Kalman.

Tác giả [4] đã nghiên cứu chi tiết về các cảm biến thu nhận dữ liệu cũng như các phương pháp thành lập bản đồ 3D khảo cổ dưới nước. Theo đó, các đặc điểm như độ sâu, độ đục, nhiệt độ ... ảnh hưởng đến việc lựa chọn cảm biến. Đối với những vùng nước có độ sâu lớn hơn 50 m cần sử dụng rô bốt chụp ảnh quang học trong khi những vùng nước nông hơn có thể lựa chọn công nghệ Lidar hoặc chụp ảnh hàng không nếu độ đục trong giới hạn cho phép.

Đã có nhiều công bố về ứng dụng các loại công nghệ thu nhận dữ liệu khác nhau thành lập mô hình 3D, bản đồ 3D tại Việt Nam.

Tác giả [5] đã ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất để thành lập cơ sở dữ liệu của các đối tượng công trình xây dựng tại trường Đại học Xây dựng với kết quả là cơ sở dữ liệu quản lý trên nền GIS. Với mục tiêu xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ quản lý công trình trong khu vực khai thác mỏ hầm lò, tác giả [6] đã sử dụng máy Faro FOCUS3D để tiến hành thu nhận dữ liệu với độ chính xác đo khoảng cách 6 mm đến 14 mm trong khoảng cách đo tương ứng từ 50 đến 150m. Bên cạnh các nghiên cứu trên, máy quét Hokuyo UTM LX30 cũng đã được khảo sát, đánh giá tính năng trong thành lập mô hình 3D các đối tượng công trình xây dựng [7-8].

Những năm gần đây, công nghệ UAV được ứng dụng rộng rãi tại Việt Nam trong thành lập bản đồ 2D, 3D, mô hình 3D của các đối tượng trên cạn. Nhà bát giác - chùa Láng đã được xây dựng mô hình 3D sử dụng thiết bị Swinglet-CAM [9]; thiết bị InSpire 1 đã được sử dụng để thành lập mô hình 3D cho các đối tượng thực nghiệm nhỏ tại Ba Vì - Hà Nội [10].

Để khắc phục nhược điểm một số đối tượng không thể thu nhận thông tin bằng thiết bị UAV, một số tác giả đã tích hợp máy quét laser mặt đất với thiết bị UAV để thành lập mô hình 3D của các đối tượng [11-13].

Mô hình 3D (hoặc bản đồ 3D) cần thiết cho rất nhiều các ứng dụng khác nhau như phục vụ cho xe lái tự động [14] cũng như đưa ra quyết định về các giải pháp tổ chức giao thông đô thị [15]. Mô hình 3D cũng đã được tích hợp với công nghệ GIS để xây dựng và quản lý thông tin của thành phố Quảng Trị [16], trong quản lý biên giới [17] cũng như giám sát thảm họa như ô nhiễm môi trường [18].

Với dữ liệu đầu vào thu thập bằng các công nghệ như UAV, quét laser mặt đất ... có nhiều phương pháp khác nhau để xây dựng mô hình 3D như sử dụng các phần mềm GIS [19-20], sử dụng ngôn ngữ tiêu chuẩn Citygym và phần mềm mã nguồn mở [21] hoặc dựa trên công cụ 3DcityDB, CityGML trên nền tảng web [22].

Do đặc thù về điều kiện thu nhận dữ liệu, đơn vị thu nhận dữ liệu mà số lượng công bố về xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển hết sức hạn chế. Ưu điểm của dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia đó là cho phép xác định một cách chính xác bề mặt địa hình đáy biển do thu nhận được tập hợp số điểm đo sâu lớn trong khu vực khảo sát. Công nghệ thủy âm quét sườn cho phép thu nhận hình ảnh hai chiều của các đối tượng một cách rõ nét nhưng có nhược điểm không gắn với yếu tố độ sâu. Trong nghiên cứu này, các tác giả nghiên cứu phương pháp và quy trình xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu

thủy âm quét sườn. Việc kết hợp hai loại dữ liệu nêu trên cho phép phát huy tối đa ưu điểm của các công nghệ để thu nhận được mô hình 3D địa hình đáy biển một cách chính xác nhất.

Khu vực thực nghiệm trong nghiên cứu này là khu vực biển Phan Rí - Bình Thuận do đặc điểm biến đổi mạnh của địa hình đáy biển từ đó mô hình 3D địa hình đáy biển được xây dựng được thể hiện một cách rõ nét.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu về khu vực và dữ liệu thực nghiệm

Khu vực thực nghiệm trong bài báo này đó là khu vực biển Phan Rí, tỉnh Bình Thuận (Hình 1).

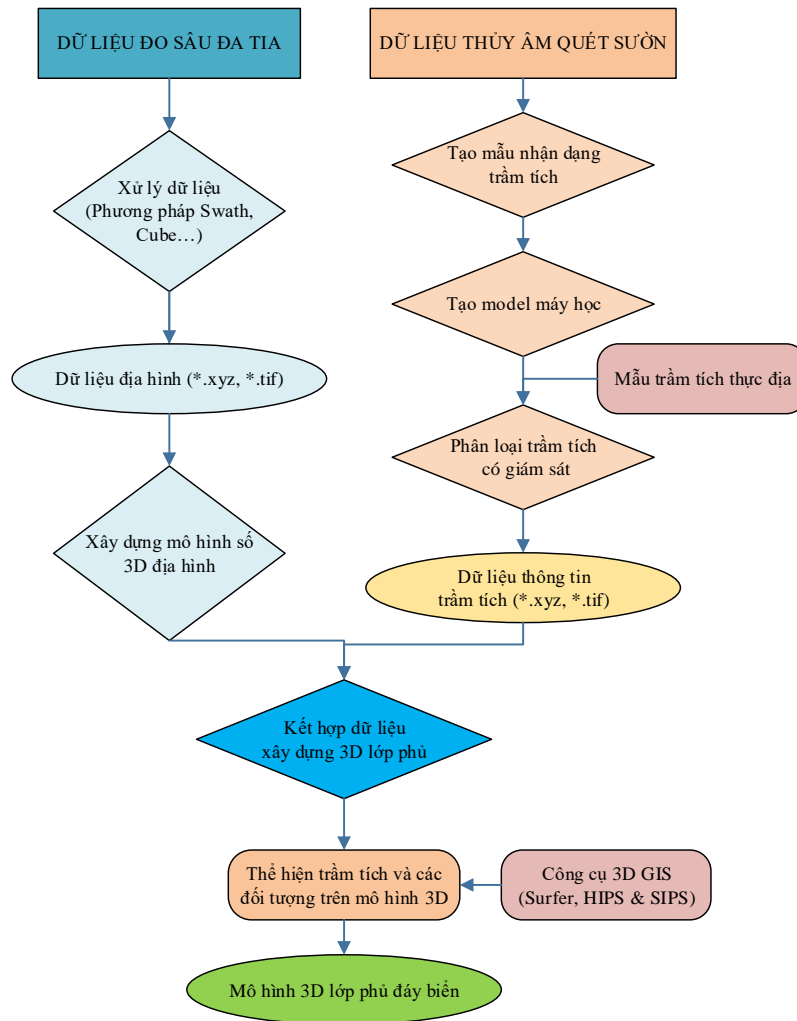


Hình 1. Khu vực thử nghiệm tại Phan Rí - Bình Thuận.

Trong hình 1, khu vực thử nghiệm là vùng được bao bằng hình ô vuông màu đỏ. Dữ liệu thực nghiệm bao gồm dữ liệu đo sâu đa tia, dữ liệu thủy âm quét sườn được thu nhận tại thực địa bởi Đoàn Đo đạc, biên vẽ hải đồ và nghiên cứu biển.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu, xây dựng trực quan mô hình 3D địa hình đáy biển được thể hiện như trong hình 2.



Hình 2. Phương pháp trực quan hóa mô hình 3D địa hình đáy biển.

Từ dữ liệu đo sâu đa tia ở dạng 3 thành phần tọa độ của các điểm đo sâu, tiến hành tạo lưới dạng mắt lưới ô vuông để từ đó xây dựng được bản đồ đường bình độ cũng như tạo bề mặt 3D. Trong đó, độ sâu của các điểm sử dụng để xây dựng mô hình được quy chiếu theo chuẩn độ sâu của hải đồ.

Quá trình xử lý dữ liệu thủy âm quét sườn cho phép thu nhận được các thông tin của các đối tượng cũng như nhận dạng trầm tích đáy trên cơ sở kết hợp với kết quả lấy mẫu tại thực địa. Trong công đoạn này, phương pháp học máy được ứng dụng để nâng cao hiệu quả của quá trình xử lý. Từ bộ mẫu dữ liệu trầm tích thu thập, sử dụng các thuật toán hỗ trợ phân loại. Hiện có nhiều có nhiều thuật toán khác nhau được ứng dụng trong việc phân loại hình ảnh. Các thuật toán này được chia thành hai nhóm chính là Học có giám sát (*supervised learning*) và Học không giám sát (*unsupervised learning*). Để tối ưu hóa việc lưu trữ và quản lý thông tin trầm tích thì cần chuyển đổi ảnh phân loại về dạng vector.

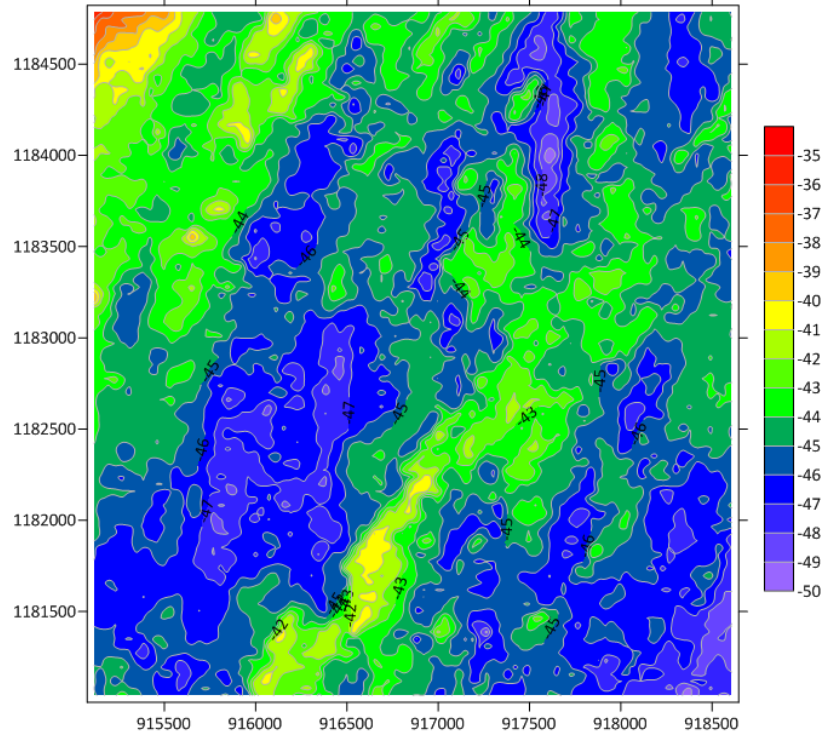
Quá trình kết hợp dữ liệu tiến hành gộp các loại dữ liệu khác nhau thành một bộ dữ liệu đầu vào duy nhất. Trên cơ sở đó, tiến hành trích xuất ra bộ dữ liệu các điểm đo sâu theo nguyên tắc tại mỗi điểm có giá trị độ sâu đơn trị để từ đó làm cơ sở xây dựng các mô hình. Cũng như nhiều hoạt động và phân tích không gian trong GIS, có sự khác biệt trong cách bản đồ lớp phủ được thực hiện giữa 2 loại dữ liệu: raster và vector. Trong lớp phủ mô hình 3D, việc sử dụng dữ liệu dạng vector tốn nhiều thời gian, phức tạp về mặt tính toán. Trong khi đó, các hệ thống dựa trên dữ liệu dạng raster thì ngược lại, nhanh chóng, đơn giản và hiệu quả. Khi thể hiện các đối tượng trên mô hình 3D cần thực hiện theo các bước như: (1) xây dựng kết cấu hạt trầm tích; (2) Tăng cường hiệu ứng hình ảnh; (3) Tạo và pha trộn thực vật

thủy sinh và (4) mô phỏng môi trường dưới nước. Quá trình thể hiện các đối tượng nêu trên được thực hiện thông qua công cụ GIS như Surfer, HIPS & SIPS.

Để khẳng định tính đúng đắn của phương pháp đã đề xuất và kết quả thu nhận được, đánh giá độ chính xác kết quả thực nghiệm cần phải được thực hiện.

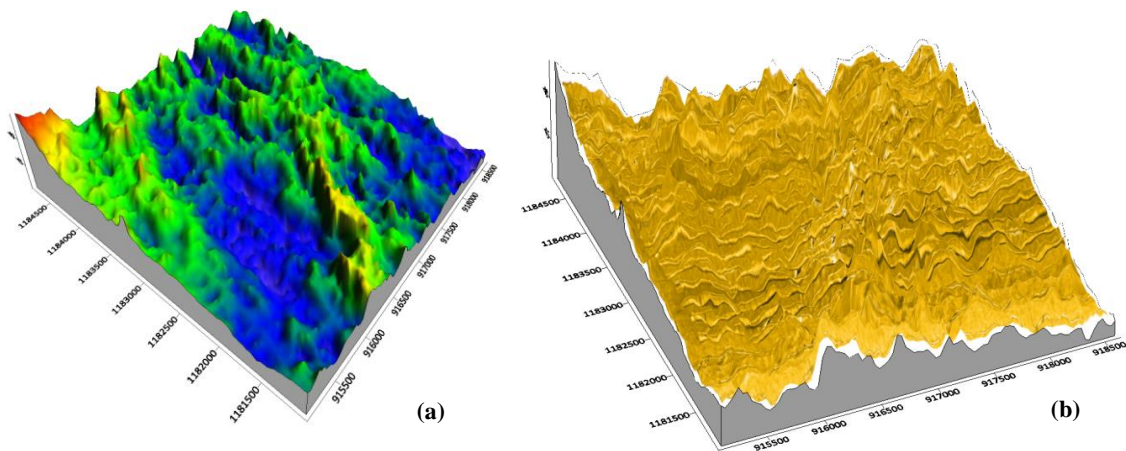
3. Kết quả và thảo luận

Từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia, sử dụng phần mềm Surfer [23], xây dựng được bình đồ độ sâu như hình 3.



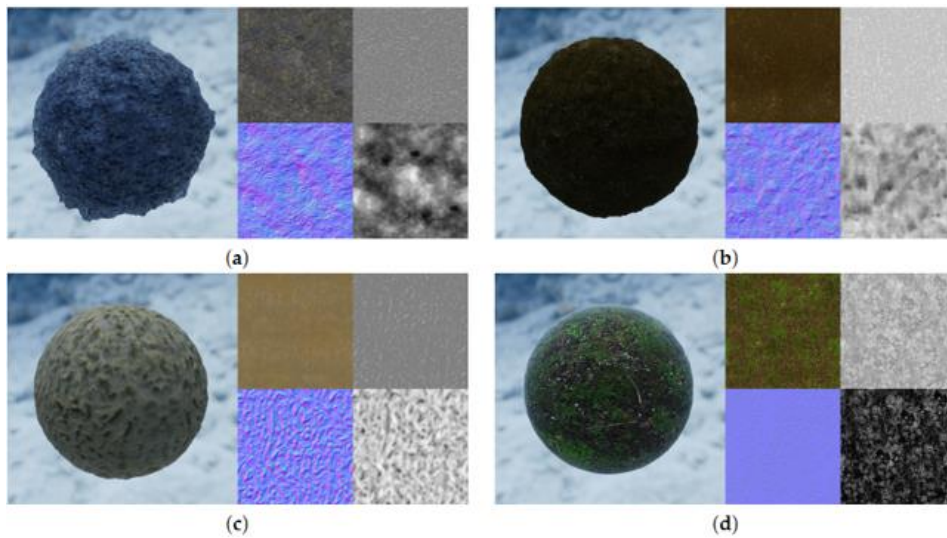
Hình 3. Bình đồ độ sâu khu vực thực nghiệm.

Mô hình 3D bề mặt thành lập được từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn như trong hình 4.



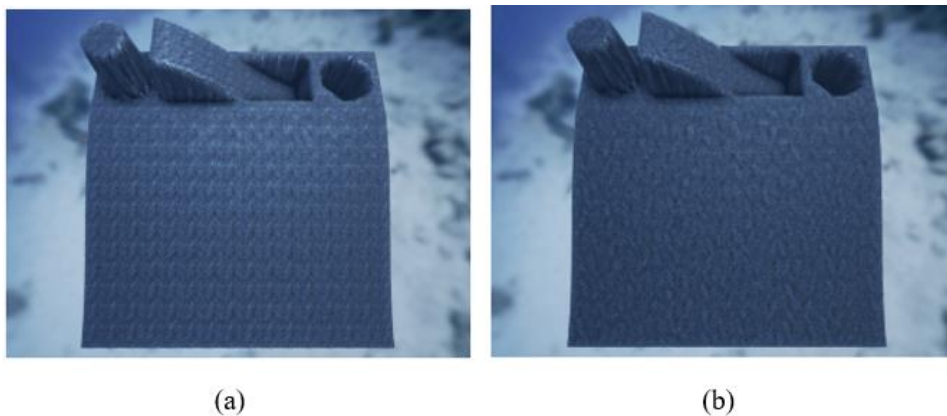
Hình 4. (a) Mô hình 3D bề mặt từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia; (b) Thủy âm quét sườn.

Đối với mỗi loại chất đáy, kết cấu hạt trầm tích có đặc điểm về hình ảnh và màu sắc khác nhau. Đây là cơ sở để xây dựng thông tin về trầm tích. Hình ảnh đặc trưng của một số loại trầm tích được cho như trong hình 5.

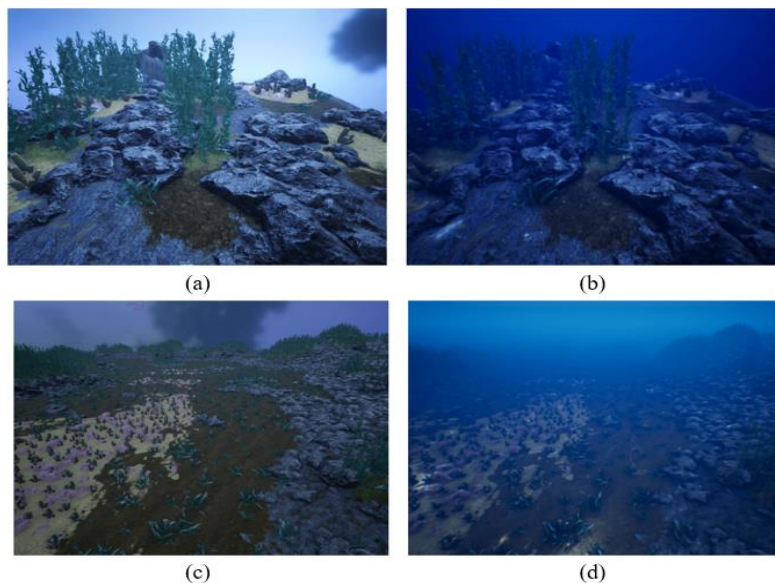


Hình 5. Các hạt kết cấu trầm tích khác nhau được tạo ra bằng phép đo ảnh: (a) Đá, sỏi; (b) Bùn; (c) Cát; (d) Thực vật bề mặt.

Một vấn đề rất quan trọng khi xây dựng thông tin của các đối tượng trên mô hình 3D đó là loại bỏ hiện tượng lặp của kết cấu trong hình ảnh thu nhận được từ dữ liệu thủy âm quét sườn. Hình 6 minh họa kết quả loại bỏ hiện tượng lặp kết cấu từ dữ liệu thủy âm quét sườn.

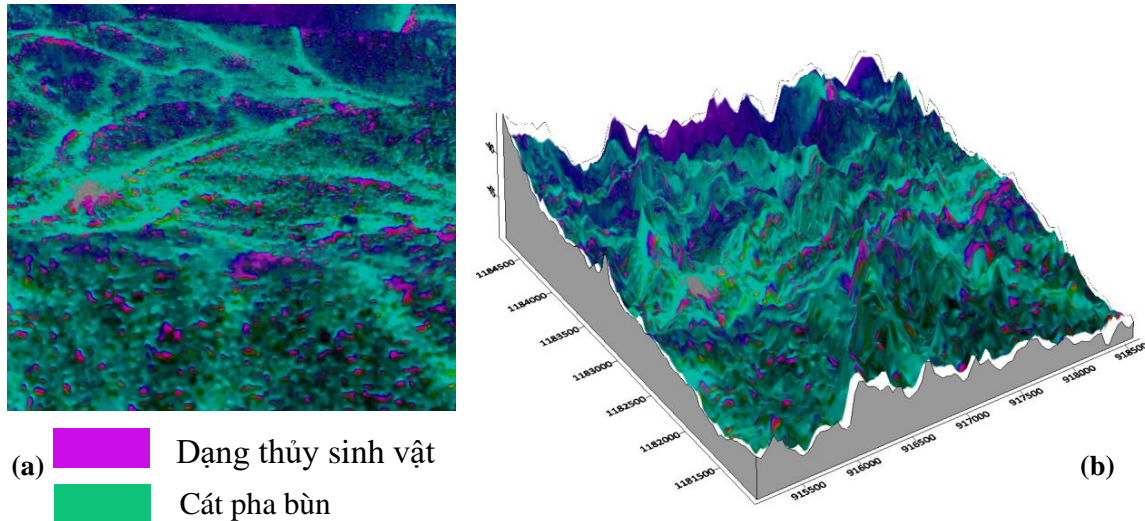


Hình 6. (a) Hình ảnh mô phỏng có hiện tượng lặp kết cấu; (b) Không có lặp kết cấu.



Hình 7. Kết quả mô phỏng thủy sinh (a) và (c) không có nước biển; (b) và (d) có nước biển.

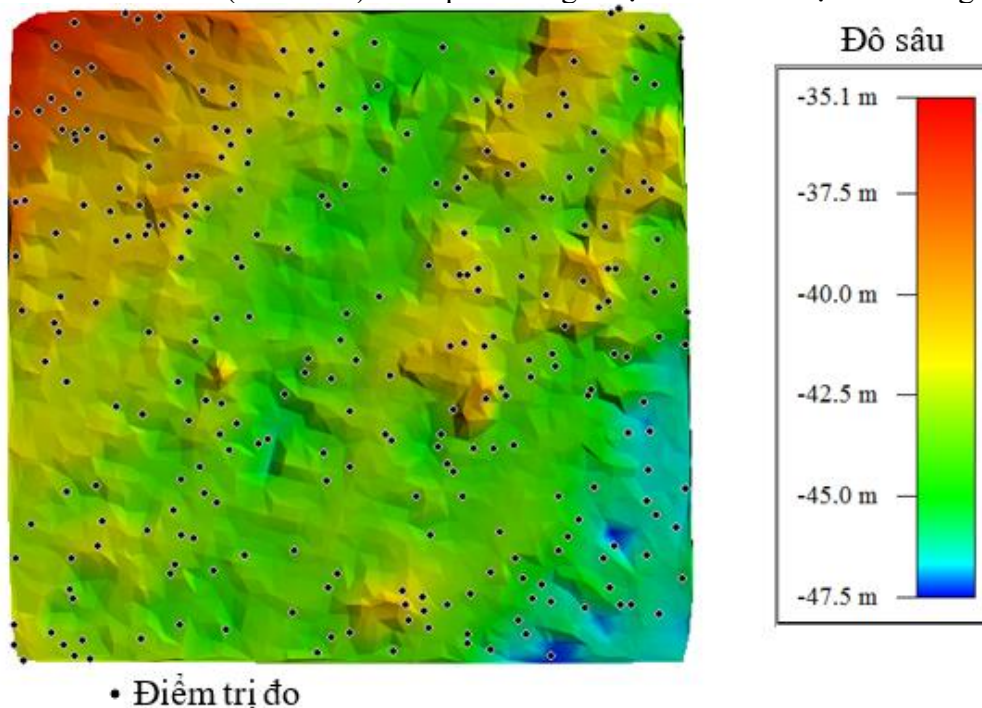
Ngoài thông tin về trầm tích, các đối tượng tự nhiên và nhân tạo (ví dụ xác tàu đắm) còn cần phải thể hiện được các thông tin về rặng san hô, thực vật thủy sinh ... trong mô hình 3D địa hình đáy biển. Hình ảnh minh họa mô phỏng các đối tượng nêu trên được cho như trong hình 7. Sau khi đã kết hợp các đối tượng, xây dựng được mô hình 3D cho khu vực Phan Rí - Bình Thuận như trong hình 8.



Hình 8. (a) Kết quả phân tích trầm tích; (b) Xây dựng mô hình 3D khu vực biển Phan Rí-Bình Thuận.

Từ hình 8 có thể thấy, từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn, dựa trên phương pháp xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển đã đề xuất, xây dựng được mô hình 3D địa hình đáy biển một cách trực quan. Trong mô hình đã xây dựng, không những thể hiện được thông tin 3 chiều của địa hình đáy biển mà còn cho phép theo dõi một cách trực quan thông tin về lớp phủ của địa hình đáy biển.

Để đánh giá độ chính xác, từ tập hợp dữ liệu 2481 điểm trong mô hình TIN được minh họa như trong hình 9, chia thành hai nhóm bao gồm nhóm các điểm nội suy (2209 điểm) và nhóm các điểm kiểm tra (272 điểm). Kết quả đánh giá độ chính xác được cho trong bảng 1.



Hình 9. Các điểm độ sâu trong mô hình TIN.

Bảng 1. Kết quả đánh giá độ chính xác xác định độ sâu.

TT	x (m)	y (m)	Trị đo sâu (m)	Độ sâu mô hình (m)	Sai lệch độ sâu (m)
1	916286,31	1184290,88	-43,58	-43,55	-0,03
2	915865,48	1183664,95	-43,24	-43,24	0,00
3	915205,54	1184585,19	-39,51	-39,79	0,28
4	915544,44	1184396,05	-43,12	-43,39	0,27
5	915499,31	1184669,53	-40,81	-40,46	-0,35
6	915676,57	1184451,60	-44,58	-44,44	-0,14
7	916040,77	1183757,84	-45,15	-44,97	-0,18
8	915469,96	1183899,10	-43,41	-43,44	0,03
9	915096,32	1184561,31	-37,41	-37,92	0,51
...
269	916167,98	1184108,90	-44,28	-44,82	0,54
270	916238,02	1184028,42	-46,18	-46,28	0,10
271	915634,51	1184141,07	-44,03	-43,87	-0,16
272	915506,84	1184044,50	-43,51	-43,76	0,25

Từ kết quả đánh giá độ chính xác như trong bảng 1, xác định được sai số trung phương đạt $\pm 0,379\text{m}$. Qua kết quả đánh giá độ chính xác cho thấy, độ chính xác của mô hình đã xây dựng hoàn toàn đảm bảo với sai số xấp xỉ 1% giá trị độ sâu.

4. Kết luận

Mô hình 3D địa hình đáy biển được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau cả trong lĩnh vực dân sự lẫn quân sự. Xây dựng mô hình 3D là xu hướng tất yếu trên thế giới cũng như tại Việt Nam. Tại Việt Nam, do đặc thù về thu thập cũng như công bố dữ liệu mà cho đến thời điểm hiện tại có rất ít các công trình đã công bố liên quan đến xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển.

Các tác giả đã đề xuất phương pháp và quy trình xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn. Từ phương pháp và quy trình đã lựa chọn, nhóm nghiên cứu đã thực nghiệm xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển cho khu vực Phan Rí tỉnh Bình Thuận. Kết quả kiểm chứng xây dựng mô hình cho thấy, độ chính xác của việc xây dựng mô hình hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về độ chính xác của việc thành lập bản đồ địa hình đáy biển.

Với mô hình 3D đã xây dựng được, có thể được sử dụng cho nhiều lĩnh vực khác nhau, đặc biệt trong dẫn đường các phương tiện trong lực lượng hải quân mà điển hình là dẫn đường cho tàu ngầm.

Trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu xây dựng môi trường 3D thực tế ảo để có thể phát huy tối ưu hơn nữa của việc xây dựng mô hình 3D địa hình đáy biển. Với môi trường thực tế ảo, bên cạnh ý nghĩa sử dụng trong thực tế còn ứng dụng có hiệu quả trong huấn luyện cũng như đào tạo các lĩnh vực có sử dụng mô hình 3D.

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

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 được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Francesco, N.; Fabio, R. UAV for 3D mapping applications: A review. *Appl. Geomat.* **2014**, *6*, 1–15. Doi:10.1007/s12518-013-0120-x.

2. Antoine, C.; Mark, A.; David, L.; Joachim, C. Mapping sub-metre 3D land-sea coral reefs using superspectral worldview-3 satellite stereoimagery. *Oceans* **2021**, 2, 315–329. <https://doi.org/10.3390/oceans2020018>.
3. Shahriar, N.; Hossein, M. Stereovision imaging on submersible platforms for 3-D mapping of benthic habitats and sea-floor structures. *IEEE J. Oceanic Eng.* **2003**, 28(4), 625–650.
4. Fabio, M.; Panagiotis, A.; Andreas, G. State of the art and applications in archaeological underwater 3D recording and mapping. *J. Cult. Heritage* **2017**, 33, 231–248. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.02.017>.
5. Hiền, N.T.T.; Lâm, L.Đ.; Vũ, N.N. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser 3D trong xây dựng cơ sở dữ liệu quản lý trật tự đô thị. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên* **2017**, 162(02), 21–25.
6. Nghĩa, N.V.; Dũng, V.N. Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy quét laser 3D mặt đất trong quản lý xây dựng - khai thác mỏ hầm lò. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2016**, 57, 65–73.
7. Thu, P.T.A. Tạo lập đám mây điểm 3D của vật thể độc lập bằng máy quét laser đơn tia Hokuyo UTM LX30. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2021**, 49, 35–42.
8. Thu, P.T.A. Xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu thu nhận bởi máy quét laser Hokuyo UTM 30LX: Trường hợp đối tượng nghiên cứu một phòng chức năng của công trình dân dụng. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2022**, 51, 47–55.
9. Long, V.P.; Chất, V.V.; Giang, N.V. Thành lập bản đồ không gian 3 chiều bằng máy bay không người lái. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 31, 23–28.
10. Quý, B.N.; Hiệp, P.V. Nghiên cứu xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV). *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2017**, 58(4), 201–211.
11. Sỹ, Đ.T.; Thu, N.A.; Hiệp, H.; Loan, V.T.; Vi, N.N.T.; Trương, V.V.; Phước, L.N.T.; An, P.T.T.; Quang, Đ.M. Kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị 3D Laser scanning và phương tiện bay không người lái (UAV) nhằm thu thập thông tin mô hình công trình xây dựng. *Tạp chí Xây dựng* **2019**, 39–42.
12. Cường, N.S.; Trường, T.X.; Hạnh, T.H.; Vũ, Đ.N. Nâng cao chất lượng xây dựng mô hình 3D bằng kết hợp công nghệ bay chụp UAV và quét Laser mặt đất. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2019**, 60(4), 31–40.
13. Vinh, T.Q.; Anh, H.V.; Khánh, P.Q. Nghiên cứu kết hợp dữ liệu của máy bay không người lái và máy quét laser mặt đất thành lập bản đồ 3D khu vực đô thị. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2018**, 59(4), 9–18.
14. Năng, H.X.; Sơn, L.A. Xây dựng bản đồ độ phân giải cao 3D cho xe tự hành bằng Velodyne. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng* **2020**, 18(11), 44–47.
15. Trung, B.H.; Nguyễn, P.V.; Kiệt, T.A.; Cường, N.H.H.; Duy, T.C. Giải pháp tổ chức dữ liệu hạ tầng giao thông kết hợp bản đồ số 3D ứng dụng trong chuyển đổi số ngành giao thông vận tải tại thành phố Đà Nẵng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng* **2023**, 21(3), 69–73.
16. Lợi, P.T.H.; Thanh, L.M. Xây dựng hệ thống thông tin về di tích thành cổ Quảng Trị dựa trên nền GIS và công nghệ 3D. *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Kỹ thuật và Công nghệ* **2018**, 127(2A), 83–94. Doi:10.26459/hueuni-jtt.v127i2A.4970.
17. Long, V.P. Bản đồ không gian ba chiều trong quản lý biên giới. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2013**, 15, 49–57.
18. Pha, V.V.A. Nghiên cứu tích hợp mô hình lan truyền dầu vào bản đồ số 3D cho khu vực Khí - Điện - Đạm Cà Mau để phục vụ công tác ứng phó sự cố tràn dầu. *Tạp chí Dầu khí* **2014**, 12, 50–57.
19. Vũ, N.N. Mô hình hóa bản đồ 3 chiều và ứng dụng. Luận văn thạc sỹ chuyên ngành công nghệ thông tin, Trường Đại học công nghệ, 2010.

20. Ngọc, N.B.; Hường, Đ.Đ.; Phương, T.T. Ứng dụng công nghệ GIS trong xây dựng mô hình 3D phục vụ cho quy hoạch không gian đô thị quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng. *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2014**, 19, 47–55.
21. Thảo, P.T.; Minh, N.Q.; Hương, N.T.T.; Giang, L.N. Thử nghiệm xây dựng mô hình đô thị 3D bằng ngôn ngữ tiêu chuẩn Citygym và phần mềm mã nguồn mở. *Tap chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2013**, 44, 49–56.
22. Sinh, M.Đ.; Kha, V.T.; Hùng, T.L. Nghiên cứu quy trình công nghệ thành lập bản đồ thành phố 3D trên nền Web. *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2021**, 47, 26–32.
23. Surfer <https://www.goldensoftware.com/products/surfer>.
24. Caris <https://www.teledynecaris.com/en/products/hips-and-sips/>.

Method of visualization of seabed topography from multi-beam echo sounding data and side scan sonar data

Nguyen Dinh Hai¹, Nguyen Gia Trong^{2,3*}, Cao Hoang Truong¹, Pham Ngoc Quang^{2,3}

¹ Viet Nam 's people naval hydrographic and oceanographic department;
hthhaithem@gmail.com; hoangtruongutm@gmail.com

² Faculty of Geomatics and Land administration, Hanoi University of Mining and
Geology; nguyengiatrong@humg.edu.vn; phamngocquang@humg.edu.vn

³ Geodesy and Environment research group, Hanoi University of Mining and Geology

Abstract: Bathymetric map is a essential tool in resource management as well as in marine survey and research. It can be created as 2D or 3D map. Up to now, most of the sea bed topographic map has been established in 2D map. The 3D seabed topographic model is not only important in many fields such as marine installation, archeology but also crucial in maritime navigation for the navy. This paper introduces the method to establish and visualize a 3D model of seabed topography from multi-beam echo sounding and Side Scan Sonar data. The established model allows users to visually monitor the bathymetric map in 3D. The experimental result at Phan Ri, Binh Thuan province shows that the root mean square of depth is $\pm 0,379$ m, equivalent to approximately 1% of the actual depth of the area. It can be seen that the experimental results completely meets the requirement for establishment of seabed topographic map according to the State regulations.

Keywords: Multibeam echosounder; Side scan sonar; 3D model; Seabed topography.