



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Khảo sát khả năng thành lập bình đồ đáy hồ bằng tàu không người lái (USV) tại Khu vực Hồ đền Lừ, Thành phố Hà Nội

Hà Thị Hằng*, Bùi Duy Quỳnh, Trần Đình Trọng, Lương Ngọc Dũng, Hà Trung Khiên
 Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 28/05/2019
 Chấp nhận 10/08/2019
 Đăng online 30/08/2019

Từ khóa:

Tàu không người lái (USV)
 Bình đồ đáy hồ tỷ lệ lớn
 RTK
 Hồ Đền Lừ

Ngày nay, tàu không người lái (USV - Unmanned Survey Vessel) chở thiết bị đo sâu cho phép tiếp cận và ghi nhận độ sâu tại những khu vực nguy hiểm, bị ô nhiễm với ưu điểm nhỏ gọn, chi phí thấp. Ở Việt Nam, USV là một thiết bị mới và chưa được áp dụng nhiều trong thực tế. Bài báo này trình bày kết quả thử nghiệm đo độ sâu hồ Đền Lừ bằng tàu không người lái SURF20 ADCP, một số điểm ngẫu nhiên gần bờ được xác định độ sâu trực tiếp bằng RTK để kiểm chứng. Kết quả đo độ sâu từ USV cũng được sử dụng để thành lập bình đồ đáy hồ Đền Lừ tỷ lệ 1/1000.

© 2019 Trường Đại học - Địa chất. Tất cả các quyền được đảm bảo.

1. Đặt vấn đề

Phương pháp đo sâu trực tiếp thường được áp dụng khi khảo sát địa hình tại vùng nước nông có rất nhiều hạn chế, thời gian đo lâu, mức độ rủi ro cao. Ngày nay, thiết bị đo sâu hồi âm đặt trên tàu không người lái (USV - Unmanned Survey Vessel) có kích thước nhỏ gọn, cho phép đo sâu một phần hoặc toàn phần những khu vực ngập lụt, nguy hiểm,...

Trên thế giới, việc sử dụng USV đặc biệt hữu ích khi thực hiện các cuộc khảo sát độ sâu tại các khu vực bến cảng, vùng biển nội địa và ven biển, tại những khu vực con người khó tiếp cận hoặc các khu vực nguy hiểm (Kebkal, et al., 2014). Ngoài việc xác định độ sâu, nó còn có thể được sử dụng để giám sát chất lượng nước (Matthew, et al.,

2009; Valada, et al., 2013), lập biểu đồ thủy văn hoặc hỗ trợ điều hướng cho các tàu hải quân (Seto, 2015) bằng cách sử dụng thiết bị mô phỏng hình con tàu có chất liệu ổn định và độ bền cao, thường là nhựa ABS do nhẹ và ít bị ăn mòn hơn kim loại. Bên trong thân tàu, đặt một hệ thống cảm biến chuyên dụng có thể cảm nhận, thích ứng và ghi nhận những thay đổi của môi trường, của địa hình, như: địa hình dòng chảy, các vật thể ngầm, các tảng đá ngầm, các kênh rạch,... (Terry and Gail, 2011; Idris, et al., 2015). Trong nghiên cứu của Atsushi W. và các cộng sự, USV được sử dụng để thành lập bình đồ đáy hồ nơi miệng núi lửa nhằm giảm thiểu rủi ro. Do khu vực hồ có địa thế cao, gió thổi mạnh nên không thể sử dụng USV, Atsushi W. và các cộng sự sử dụng xuồng có người lái để xác định độ sâu lòng hồ theo phương pháp khảo sát trực tiếp (Atsushi, et al., 2016).

Ở Việt Nam, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào việc sử dụng máy đo sâu hồi âm đơn tia, đa

*Tác giả liên hệ.

E - mail: hahangxd@gmail.com

chùm tia đặt trên các tàu, thuyền lớn để khảo sát, thành lập bản đồ địa hình đáy biển, đáy sông, đáy hồ. Thiết bị này khá cồng kềnh, ghi nhận được số lượng lớn dữ liệu, phạm vi hoạt động trên vùng biển hoặc trên các con sông lớn, song kinh phí phục vụ cho hoạt động của thiết bị này cũng như các thiết bị phụ trợ (tàu, thuyền, người lái tàu,...) khá tốn kém (Vũ Hồng Tập, 2011; Trần Anh Tuấn và nnk., 2012; Phạm Văn Quang, Diêm Công Trang, 2014; Nguyễn Xuân Thịnh và nnk., 2016). Cũng với thiết bị đo sâu hồi âm đa tia đặt trên tàu có người lái, Cục đường thủy nội địa Việt Nam đã xây dựng xong thủy đồ điện tử cho 3 tuyến sông là sông Tiền, sông Hậu và sông Vàm Cỏ (Cục đường thủy nội địa Việt Nam, 2016).

Hiện nay, sào đo sâu và tàu có người lái thường dùng để đo sâu vùng ven biển song mất rất nhiều thời gian và nguy hiểm. Khi khảo sát độ sâu tại những khu vực nhỏ hẹp, vùng ngập lụt hoặc khu vực nước ô nhiễm thì việc sử dụng tàu không người lái là một giải pháp thay thế khá hoàn hảo.

Do trọng lượng của USV khá nhẹ nên khi khảo sát độ sâu tại những nơi địa thế cao, gió thổi mạnh, sóng nhiều thì khảo sát bằng USV không hiệu quả.

Ở Việt Nam, việc ứng dụng USV trong thành lập bình đồ đáy hồ là một vấn đề khá mới, hầu như chưa được quan tâm tới. Chính vì vậy, bài báo này trình bày kết quả thử nghiệm tàu không người lái SURF20 ADCP trong xác định độ sâu lòng hồ Đền Lũ, sử dụng kết quả này để thành lập bình đồ đáy hồ tỷ lệ 1/1000.

2. Thực nghiệm

2.1. Khu vực thực nghiệm

Hồ Đền Lũ nằm trong khu vực công viên Đền Lũ (phường Hoàng Văn Thụ, quận Hoàng Mai, Hà Nội), rộng hàng nghìn mét vuông, xung quanh có cây xanh, thảm cỏ, tạo thành công viên thoáng mát, là nơi lý tưởng cho các hoạt động vui chơi ngoài trời (Hình 1).



Hình 1. Hồ Đền Lũ (Nguồn: Google Earth).

2.2. Thu thập số liệu

Trong nghiên cứu này, các bước thực nghiệm được tiến hành theo quy trình Hình 2.

Công tác chuẩn bị bao gồm: lựa chọn vị trí, phạm vi tiến hành đo sâu, thiết kế khoảng cách giữa các mặt cắt đo sâu, điều kiện thời tiết, ...

Tàu đo sâu không người lái SURF20 ADCP do công ty TNHH Oceanalpha tại Chu Hải, Trung Quốc tập trung nghiên cứu và phát triển. Tàu sử dụng thiết bị đo sâu hồi âm đơn tia, kích thước rất nhỏ gọn, với trọng lượng 13kg giúp vận hành dễ dàng trong mọi môi trường nước và cũng chỉ cần một người vận hành. Các thông số kỹ thuật cơ bản của tàu SURF20 ADCP như Bảng 1.

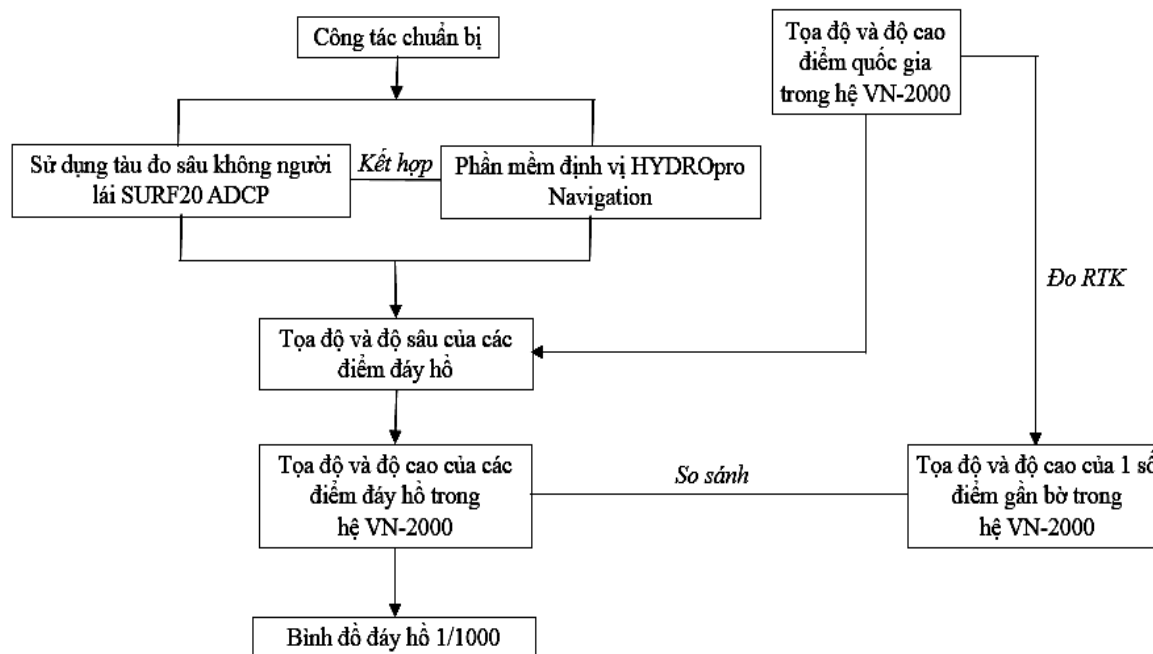
Bảng 1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của tàu SURF20 ADCP.

Các thông số kỹ thuật cơ bản	
Kích thước tàu	125*46*30cm
Khối lượng tịnh	13kg
Tải trọng	5kg
Thời gian hoạt động	2 giờ đồng hồ
Tốc độ tối đa	1,7m/s
Vật liệu vỏ tàu	Nhựa composite
Truyền dữ liệu	RF, phạm vi 5km
Phạm vi hoạt động của thiết bị điều khiển	2km
Thiết bị hỗ trợ	ADCP

Về cơ bản, USV gồm các thành phần chính: thiết bị đo độ sâu (sonar) đơn tia hoặc đa tia, vi mạch tích hợp bộ xử lý, động cơ, nguồn cấp năng lượng (pin). Người điều khiển sẽ đứng ở trên bờ để điều khiển tàu chạy theo hướng mong muốn bằng thiết bị điều khiển từ xa. Ngày nay, có nhiều loại USV có thể hoạt động theo chương trình lập trình sẵn trên máy tính mà không cần có người điều khiển trên bờ. Hầu hết các USV hiện nay đều được tích hợp bộ phận thu nhận tín hiệu vệ tinh GNSS nên luôn định vị được vị trí của nó trên màn hình. Bộ phận thu nhận tín hiệu này cũng tương thích với các phần mềm thu thập dữ liệu thủy văn phổ biến hiện nay trên thế giới, như HYPACK, HYDROpro, QINSY, PDS2000.

Việc lập kế hoạch di chuyển cho USV trên mặt nước được thực hiện trên máy tính xách tay của trạm điều khiển mặt đất, trên đó sẽ thể hiện vị trí địa lý của tàu USV cũng như bản đồ nền của khu vực khảo sát. Hướng tàu di chuyển, điện áp pin trên tàu, tọa độ và vị trí của điểm đo sâu, cường độ tín hiệu thu nhận, ... cũng được hiển thị trên máy tính - máy tính xách tay này kết nối với tàu USV thông qua liên kết vô tuyến (Hình 3).

Trong nghiên cứu này, lựa chọn sử dụng phần mềm HYDROpro™ Navigation là phần mềm phục vụ công tác định vị và dẫn tuyến tàu đo khi thực hiện khảo sát trên biển với độ chính xác cao, cho phép kết nối nhiều loại thiết bị khảo sát như máy



Hình 2. Quy trình thành lập bình đồ đáy hồ bằng tàu không người lái SURF20 ADCP.

đo sâu đơn tia, máy định vị DGPS, hệ thống GNSS/GPS RTK, ... Phần mềm không yêu cầu cao về phần cứng máy tính, cài đặt đơn giản, dễ sử dụng. Phần mềm HYDROpro™ Navigation cho phép xuất tệp dữ liệu đo sâu dưới dạng *.TXT, gồm: thứ tự điểm, tọa độ X (m), tọa độ Y(m), độ sâu (m) (Hình 3).

Để thành lập bình đồ đáy hồ tỷ lệ 1/1000, các mặt cắt ngang hồ được thiết kế cách nhau 30m, khoảng cách giữa các điểm đo sâu là 10m (Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8226 : 2009, 2009; Thông tư 63/2017/TT-BTNMT).

Sử dụng USV SURF20 ADCP kết hợp với phần mềm HYDROpro™ Navigation để khảo sát độ sâu tại khu vực hồ Đền Lừ. Ở đây, tàu SURF20 ADCP di chuyển và điều hướng trên mặt hồ nhờ thiết bị điều khiển từ xa và theo các giá trị mặt cắt thiết kế. Phép đo sâu được tiến hành dựa trên sóng đo sâu hồi âm đơn tia và kỹ thuật định vị vệ tinh GPS đặt trên tàu SURF20 ADCP. Máy tính xách tay đóng vai trò là trạm điều khiển mặt đất, kết nối với USV thông qua liên kết vô tuyến. Phần mềm HYDROpro™ Navigation trong máy tính xách tay cho phép quan sát hướng tàu di chuyển, điện áp pin trên tàu, ghi nhận tọa độ và vị trí của điểm đo sâu, cường độ tín hiệu thu nhận được. Trong đó, thời gian để USV truyền tọa độ và độ sâu của các điểm khảo sát về trạm điều khiển mặt đất được thiết lập là 30 giây.

Quá trình thực nghiệm bắt đầu từ 12h10' đến 14h30' ngày 18-11-2018 trong điều kiện thời tiết nắng ráo, lặng gió. Hồ Đền Lừ có diện tích không lớn, bị bao quanh bởi các tòa nhà cao tầng, bên cạnh đó, xung quanh hồ có những hàng cây được trồng với mật độ khoảng 2m/cây nên mặt nước hồ hầu như không bị ảnh hưởng của sóng, gió trong

suốt quá trình thực nghiệm. Do đó, trong nghiên cứu này, coi mặt nước hồ là phẳng lặng, không bị ảnh hưởng của sóng và gió.

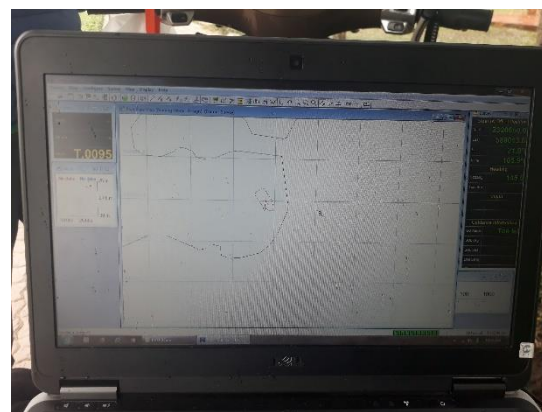
Kết thúc quá trình thực nghiệm thu được 275 điểm đo sâu, file kết quả thể hiện ở dạng *.txt bao gồm: thứ tự điểm, tọa độ X (m), tọa độ Y(m), độ sâu h(m) được xuất ra từ phần mềm HYDROpro™ Navigation.

2.3. Xử lý số liệu

Dựa vào điểm tọa độ và độ cao Nhà nước nằm cách mép hồ khoảng 7m, đây là điểm có độ cao thủy chuẩn trên khu vực, 12 điểm mặt nước ngẫu nhiên phân bố quanh hồ được xác định độ cao quốc gia bằng công nghệ RTK, trên cơ sở đó tính độ cao mặt nước (Hmặt nước). Kết quả thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Độ cao quốc gia điểm mặt nước.

TT	X(m)	Y(m)	H(m)
1	2321482,403	588760,979	5,790
2	2321601,853	588757,282	5,822
3	2321609,426	588742,258	5,786
4	2321458,660	588654,925	5,796
5	2321533,304	588760,378	5,814
6	2321606,475	588848,171	5,806
7	2321464,662	588638,856	5,803
8	2321460,249	588699,756	5,810
9	2321481,611	588800,321	5,834
10	2321548,015	588782,804	5,819
11	2321608,028	588873,827	5,816
12	2321518,770	588872,386	5,830
Giá trị trung bình			5,810



Hình 3. Một số hình ảnh thực nghiệm với tàu SURF20 ADCP trên hồ Đền Lừ.

Độ cao quốc gia của 275 điểm đo sâu được tính dựa vào giá trị độ cao mặt nước trung bình theo công thức (1) (Trần Viết Tuấn, Phạm Doãn Mậu, 2011).

$$H_{lòng hồ}^i = H_{mặt nước} + h_{lòng hồ}^i \quad (1)$$

Trong đó: $H_{lòng hồ}^i$ - Độ cao quốc gia của điểm lòng hồ thứ i; $H_{mặt nước}$ - Độ cao quốc gia của điểm mặt nước hồ; $h_{lòng hồ}^i$ - Độ sâu của điểm lòng hồ thứ i, được xác định từ tàu không người lái.

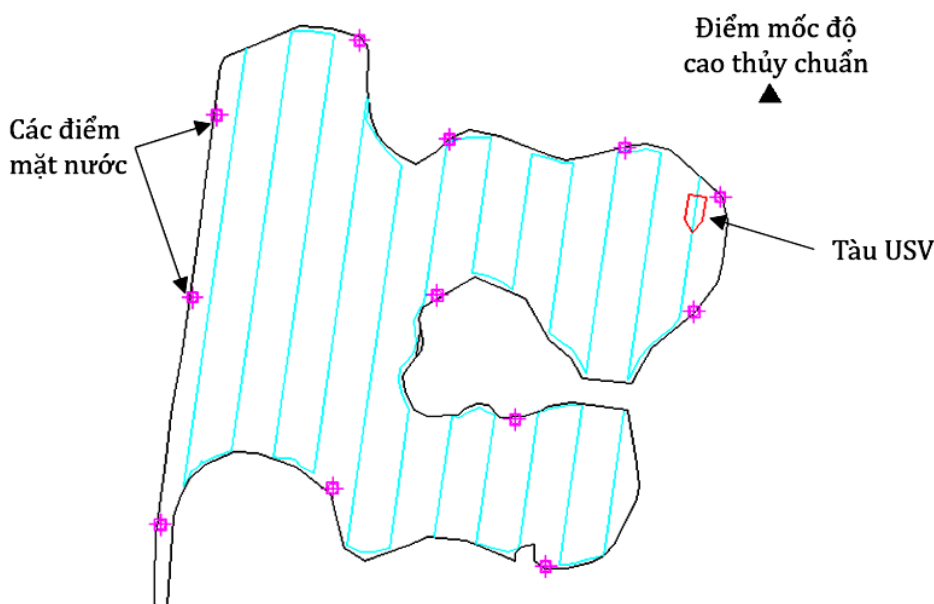
2.4. So sánh

Chọn 8 điểm ngẫu nhiên ở đầu hoặc ở cuối mỗi mặt cắt để đo sâu trực tiếp bằng RTK và thước gỗ. Khi so sánh giữa kết quả đo sâu bằng USV với kết quả đo sâu bằng RTK (kiểm chứng lại bằng

thước gỗ) cho thấy, sai lệch về độ sâu dao động từ +0.023m ÷ +0.065m (Bảng 3). Giá trị sai lệch về độ sâu khá lớn, điều này có thể lý giải do lượng rác thải cũng như rong rêu tập trung khá nhiều tại các khu vực ven bờ làm nhiễu tín hiệu phản hồi về USV.

2.5. Nhận xét

Theo quy định, sai số của điểm độ sâu phải nhỏ hơn ± 0,3m khi độ sâu tối đa của vùng khảo sát là 50m (Thông tư 63/2017/TT-BTNMT; Trần Viết Tuấn, Phạm Doãn Mậu, 2011). Vì vậy, kết quả thử nghiệm bằng USV của nghiên cứu này hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu trên vì độ sâu tối đa của hồ Đền Lừ chỉ đạt từ 5m đến 6m.



Hình 4. Vị trí mốc độ cao thủy chuẩn trên khu vực thực nghiệm và các điểm mặt nước ngẫu nhiên.

Bảng 3. Sai lệch về tọa độ và độ cao giữa kết quả đo bằng RTK và bằng USV.

Tên điểm	Kết quả đo bằng USV			Kết quả đo trực tiếp bằng RTK, (kiểm tra lại bằng thước gỗ)			Sai lệch về độ sâu ΔH (m)
	X (m)	Y (m)	H (m)	X (m)	Y (m)	H (m)	
1	2321659.660	588699.961	0.95	2321659.355	588699.567	0.896	+0.054
2	2321457.545	588811.822	0.74	2321457.605	588810.988	0.681	+0.059
3	2321466.689	588813.146	1.08	2321466.759	588813.239	1.015	+0.065
4	2321558.437	588702.594	1.07	2321558.497	588702.607	1.014	+0.056
5	2321531.875	588705.104	1.01	2321531.964	588705.243	0.979	+0.031
6	2321491.807	588699.463	0.96	2321491.906	588699.527	0.902	+0.058
7	2321407.103	588635.638	1.02	2321407.241	588635.579	0.997	+0.023
8	2321564.443	588661.372	0.75	2321564.502	588661.415	0.713	+0.037

Tính toán tọa độ và độ cao quốc gia của 275 điểm đo sâu theo công thức (1). Đưa kết quả tính toán này vào phần mềm Topo 2018 của Công ty Hải Hòa để biên tập và thành lập bình đồ đáy hồ Đền Lừ với khoảng cao đều 0.50m (Thông tư 63/2017/TT-BTNMT; Trần Việt Tuấn, Phạm Doãn Mậu, 2011). Kết quả thể hiện trong Hình 4.

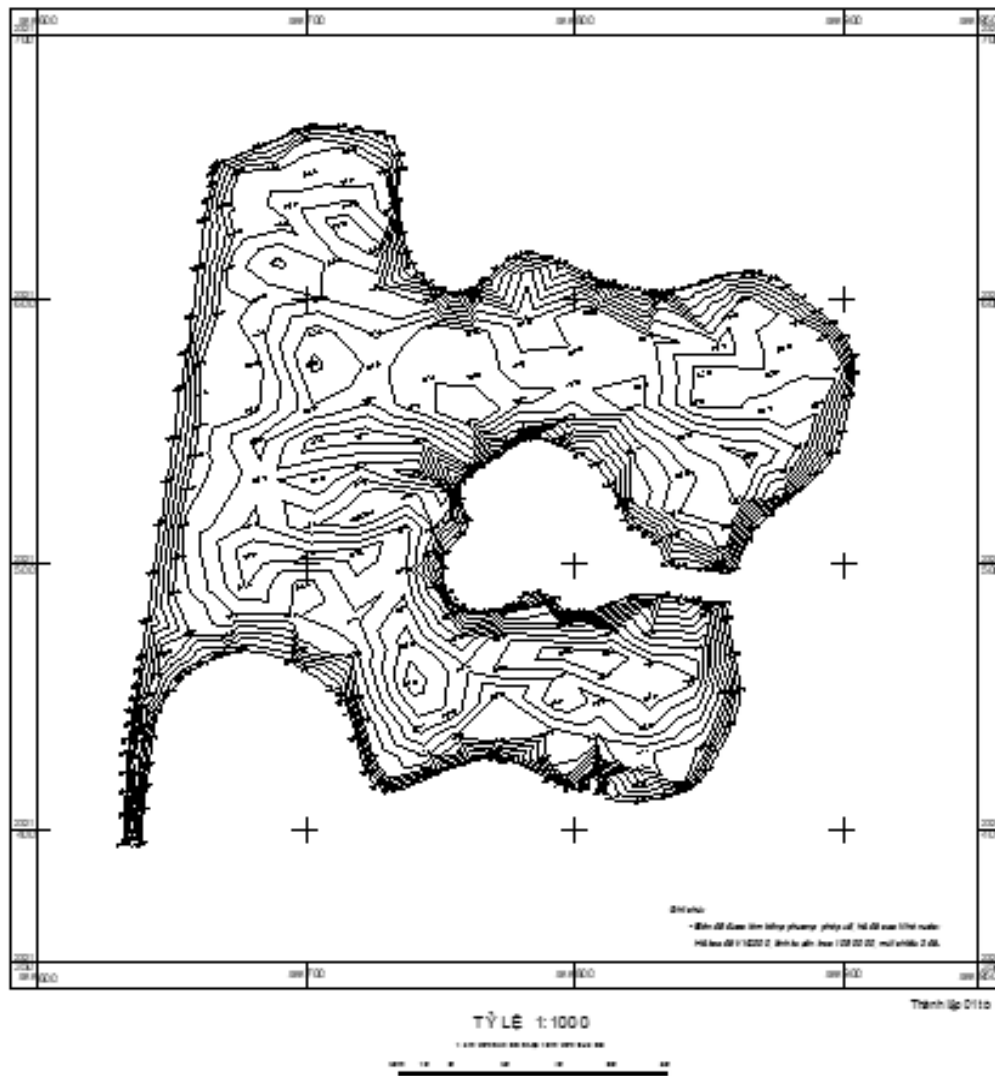
3. Thảo luận và kết luận

Tàu đo sâu không người lái USV là một thiết bị khá mới và chưa được ứng dụng trong thành lập bình đồ đáy hồ nào ở Việt Nam. Nghiên cứu này đã khảo sát khả năng đo sâu của tàu USV SURF20

ADCP trên khu vực hồ Đền Lừ trong điều kiện không có sóng, gió. Sau đó, kiểm tra và kiểm chứng lại kết quả này theo phương pháp đo sâu trực tiếp bằng công nghệ RTK, thước gỗ. Kết quả kiểm tra cho thấy, sai lệch về độ sâu dao động trong phạm vi từ +0.023m ÷ +0.065m, trong khi đó, theo quy định, sai số của điểm độ sâu phải nhỏ hơn $\pm 0,3m$ khi độ sâu tối đa của vùng khảo sát là 50m. Với độ sâu tối đa của hồ Đền Lừ chỉ dao động trong phạm vi từ 5m - 6m thì kết quả sai lệch về độ sâu trên là rất khả quan. Trên cơ sở đánh giá này, nghiên cứu đã sử dụng kết quả đo sâu từ USV để biên tập, thành lập bình đồ đáy hồ Đền Lừ tỷ lệ 1:1000.

BÌNH ĐỒ ĐỊA HÌNH ĐÁY HỒ ĐỀN LỪ

Địa chỉ: Phường Hoàng Văn Thụ - Quận Hoàng Mai – Hà Nội



Hình 4. Bình đồ đáy hồ Đền Lừ được thành lập từ số liệu đo sâu bằng USV SURF20 ADCP.

Khu vực thực nghiệm hồ Đền Lừ tuy tương đối rộng nhưng địa hình lòng hồ khá bằng phẳng, thời điểm tiến hành thực nghiệm không có gió nhiều. Kết quả thực nghiệm của bài báo này cho thấy có thể sử dụng tàu đo sâu không người lái USV trong thành lập bình đồ đáy hồ tỷ lệ lớn ở những khu vực nước nông, vừa đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật như trong quy phạm, chi phí thấp, thời gian khảo sát nhanh, vừa giảm thiểu các nguy cơ rủi ro cho con người,...

Tài liệu tham khảo

- Atsushi, W., Miwa, K. and Keiji, N., 2016. Field Report: autonomous lake bed depth mapping by a portable semi-submersible USV at Mt. Zao Okama Crater Lake. Conference: *2016 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)*. 7p.
- Cục đường thủy nội địa Việt Nam, 2016. Báo cáo kết quả thực hiện nhiệm vụ lập thủy đồ điện tử cho tàu sông. Cục đường thủy nội địa Việt Nam, 176p.
- Idris, M. H. M., Sahalan M. I., Abdullah, M. A. and Abidin, Z. Z., 2015. Development and initial testing of an autonomous surface vehicle for shallow water mapping. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* 10(16). 7113 - 7118.
- Kebkal, K. G., Glushko, I., Tietz, T., Bannasch, R., Kebkal, O. G., Komar, M., Yakovlev, S. G., 2014. Sonobot - an autonomous unmanned surface vehicle for hydrographic surveys, hydroacoustic communication and positioning in tasks of underwater acoustic surveillance and monitoring. *2nd International Conference and Exhibition on Underwater Acoustics*. 211 - 222.
- Dunbabin M., Grinham A., Udy J., 2009. An autonomous surface vehicle for water quality monitoring. *Australasian conference on robotics and automation (ACRA)*. Sydney, Australia. 096-102.
- Nguyễn Xuân Thịnh, Phạm Văn Trung, Phạm Ngọc Điệp, 2016. Nghiên cứu và ứng dụng thiết bị khảo sát đa tia của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam kiểm tra độ sâu của các tuyến luồng hàng hải và thủy nội địa Việt Nam. *Tạp chí Khoa học công nghệ hàng hải* 46. 79 - 82.
- Phạm Văn Quang, Diêm Công Trang, 2014. Nghiên cứu máy đo sâu hồi âm đa tia và khả năng ứng dụng trong công tác khảo sát công trình ở Việt Nam. *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng* 3. 47 - 52.
- Seto, M. L., 2015. Autonomous shallow water bathymetric measurements for environmental assessment and safe navigation using USVs. *DRDC Journal of Engineering and Applied Sciences* 251(6). 047 - 052.
- Terry, H., Gail, W., 2011. Intelligent autonomy for unmanned surface and underwater vehicles. This work was carried out at the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under a contract with the National Aeronautics and Space Administration. *Funding was provided by the Office of Naval Research, DARPA, NUWC - NPT, and Spatial Integrated Systems, Inc.* Dec. 10p.
- Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8226 : 2009, Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về khảo sát mặt cắt và bình đồ địa hình các tỷ lệ từ 1/200-1/5000. 186tr.
- Thông tư 63/2017/TT-BTNMT - Quy định kỹ thuật đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:5000. Bộ Tài nguyên và môi trường ban hành. 30tr.
- Trần Anh Tuấn, Lê Đình Nam, Phạm Hồng Cường, Phạm Việt Hồng, Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trịnh Hoài Thu, Trần Xuân Lợi, Phan Đông Pha, Trần Hoàng Yến, Nguyễn Thùy Linh, Vũ Lê Phương, 2012. Nghiên cứu thành lập bản đồ địa hình đáy biển khu vực Quần đảo Trường Sa và Tư Chính - Vũng Mây tỷ lệ 1:250000. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* 12(4A). 144-151.
- Trần Viết Tuấn, Phạm Doãn Mậu, 2011. Giáo trình Trắc Địa biển. *Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật*.
- Valada A., Velagapudi P., Kannan B., Tomaszewski C., Kantor G., and Scerri P., 2013. Development of a low cost multi-robot autonomous marine surface platform. *The Robotics Institute*. 14p.
- Vũ Hồng Tập, 2011. Nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc âm đến kết quả đo sâu trong công tác đo vẽ thành lập bản đồ địa hình đáy biển ở Việt Nam. *Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 140tr.

ABSTRACT

Studying the possibility of Unmanned Survey Vessel in establishing a big - scale map of bottom lake at Den Lu lake, Hanoi

Hang Thi Ha, Quynh Duy Bui, Trong Dinh Tran, Dung Ngoc Luong, Khiem Trung Ha

Bridge and Road Faculty, National University of Civil Engineering, Vietnam

Today, Unmanned Survey Vessel (USV) carrying depth finder allows to access and record depth of locations in dangerous and polluted areas with advantages as a compact, low-cost technology. In Vietnam, USV is a new and unapplied device in practice. This paper presents the results of the experiment of measuring the depth of DenLu lake by unmanned ships named SURF20 ADCP, some near-shore random points were determined depth directly by RTK to verify. The results of depth measurements from USV were also used to establish the map in 1:1000 scale of DenLu lake bottom.