

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GNSS-RTK PHỤC VỤ THÀNH LẬP MẶT CẮT NGANG SÔNG

Nguyễn Bá Dũng^{1,*}, Nguyễn Thế Phương², Trần Văn Tinh¹

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

²Liên đoàn khảo sát Khí tượng Thủy văn

Tóm tắt

Nội dung của bài báo trình bày về kết quả nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS-RTK phục vụ khảo sát địa hình tại 10 mặt cắt ngang Sông Cầu đoạn qua thành phố Bắc Ninh và thị xã Quế Võ, tỉnh Bắc Ninh. Địa hình lòng sông tại mỗi mặt cắt đều đảm bảo yêu cầu kỹ thuật trong công tác đo đạc khảo sát địa hình mặt cắt ngang sông, tỷ lệ số điểm khảo sát đạt yêu cầu trên tổng số điểm đo đều lớn hơn 80 %. Bên cạnh đó, khi ứng dụng công nghệ GNSS-RTK đã giảm tối đa về nhân lực, thời gian làm việc ở thực địa từ đó nâng cao hiệu quả kinh tế, cung cấp số liệu lòng sông phục vụ làm đầu vào mô hình thủy động lực.

Từ khóa: GNSS-RTK; Mặt cắt; Khảo sát thủy văn.

Abstract

Application of real-time kinematic GNSS technology to establish a cross-section of the river

The content of the paper presents the results of a research study on applying GNSS-RTK technology for topographic surveys along 10 cross-sectional profiles of the Cau River, passing through Bac Ninh city and Que Vo town in Bac Ninh province. The topography of the riverbed at all cross-sectional profiles meets the technical requirements for topographic surveying, with the rate of satisfactory survey points exceeding 80 % of the total measurement points. Moreover, the application of GNSS-RTK technology plays a crucial role in providing accurate riverbed data, which is essential for hydrodynamic modeling. This technology has also significantly reduced the need for human resources and fieldwork time, thereby enhancing economic efficiency.

Keywords: GNSS-RTK; Cross-section; Hydrological survey.

*Tác giả liên hệ, Email: nbdung@hunre.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.63064/khtnmt.2024.588>

1. Mở đầu

Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia dễ bị tổn thương nhất với biến đổi khí hậu (BĐKH). Liên tiếp trong những năm gần đây, các hiện tượng cực đoan như: Mưa lớn, lũ lụt, lũ quét, xói lở, nước biển dâng, sạt trượt các sườn núi, bờ sông, bờ biển,... đã và đang xảy ra với tần suất, quy mô và cường độ ngày càng

gia tăng. Theo Ủy ban liên chính phủ về BĐKH thì BĐKH là nhân tố chính gây ra bão, lũ, ngập lụt, lũ quét, sạt lở, chiếm 87 - 91 % số lượng thiên tai, ảnh hưởng đến 70 % dân số, gây thiệt hại khoảng 1 - 1,5 % GDP, đe dọa nghiêm trọng mục tiêu phát triển bền vững của Việt Nam [1].

Ngoài thực thi biện pháp giảm nhẹ các thiệt hại do thiên tai lũ lụt gây ra thì

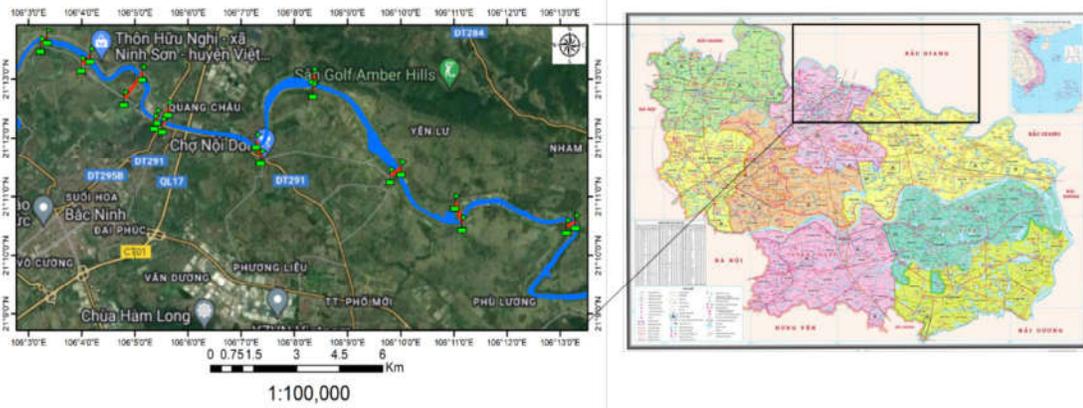
Nghiên cứu

công tác dự báo cảnh báo thiên tai là rất cần thiết. Nhằm đáp ứng yêu cầu số liệu lòng sông làm đầu vào mô hình thủy động lực phục vụ công tác cảnh báo, dự báo lũ, tính toán đánh giá hiện trạng hành lang thoát lũ, khả năng thoát lũ cho các lưu vực sông, công tác đo đạc địa hình lòng dẫn cụ thể là đo đạc khảo sát mặt cắt ngang trong sông là việc làm không thể thiếu được. Trước đây, công việc đo đạc, khảo sát mặt cắt ngang thường được thực hiện bằng các phương pháp truyền thống, tọa độ các điểm chi tiết dựa trên máy toàn đạc kết hợp gương đo và cao độ được xác định bằng máy thủy bình. Tuy nhiên, kết quả đo đạc truyền thống không đảm bảo tiến độ thi công cũng như hiệu quả kinh tế. Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật, công nghệ GNSS (Global Navigation Satellite System - Hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu) độ chính xác cao và có tính tức thời được ứng dụng nhiều trong các hoạt động đo đạc.

Công nghệ GNSS đo động thời gian thực GNSS-RTK là một trong số các công nghệ đã được ứng dụng thành công trong lĩnh vực khảo sát địa hình. Trong các nghiên cứu [2, 3] đã khẳng định GNSS-RTK sẽ thay thế cho GNSS vi phân trong đo thủy đạc, bởi vì GNSS-RTK cho độ chính xác đến centimet. GNSS-RTK đã được ứng dụng thành công tại nhiều khu vực trên thế giới: Tác giả Andersen Ole B và cộng sự [4] đã sử dụng công nghệ GNSS-RTK và dây đo sâu cơ học để xác định tọa độ, độ sâu của điểm đo tại khu nước của cảng Trabzon ở Thổ Nhĩ Kỳ có diện tích 495×960 m. Tác giả Nor Aklima Bte và cộng sự [5] tiến hành thực nghiệm đo mặt cắt ngang tại một đoạn sông nhỏ tại Sungai Simpang Kiri, Batu Pahat, Malaysia với phạm vi đo

200 m. Tác giả Reha Metin Alkan và cộng sự [6] đã thực nghiệm ứng dụng công nghệ GNSS CORS RTK trong đo công tác thủy đạc tại đập Obruk, Çorum, Thổ Nhĩ Kỳ cho kết quả đánh giá độ chính xác về mặt bằng đạt 0,1 m.

Công nghệ GNSS-RTK mặc dù được nghiên cứu và triển khai ở Việt Nam đã lâu với các tài liệu, giáo trình điển hình như [7 - 12], đã giới thiệu về nguyên lý, yêu cầu kỹ thuật, thiết bị, phương pháp đo và xử lý dữ liệu khảo sát thủy đạc địa hình biển. Các tác giả [13 - 15] nghiên cứu công nghệ GNSS-RTK áp dụng vào đo đạc biển. Các nghiên cứu của các tác giả [15 - 20] tập trung vào hướng ứng dụng công nghệ GNSS-RTK sử dụng trạm tham chiếu làm việc liên tục CORS trong thành lập lưới không chế tọa độ và đo vẽ bản đồ địa hình trên cạn. Tuy nhiên, hiện nay việc đưa công nghệ GNSS-RTK vào ứng dụng trong nghiệp vụ chuyên môn thủy văn vẫn còn hạn chế. Tại Việt Nam, chưa có công trình nào nghiên cứu để ứng dụng trong công tác đo đạc khảo sát địa hình đáy sông phục vụ các công tác điều tra, khảo sát thủy văn. Do đó, cần phải nghiên cứu áp dụng nhằm khai thác tối đa tính năng của công nghệ và thiết bị mang lại hiệu quả kinh tế lớn, giảm nhân công lao động, đẩy nhanh tiến độ thi công. Bên cạnh đó, công nghệ này có thể khảo sát được hầu hết các loại địa hình đặc biệt những khu vực địa hình khó khăn. Nội dung bài báo nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS-RTK khảo sát địa hình mặt cắt ngang Sông Cầu đoạn qua thành phố Bắc Ninh, tỉnh Bắc Ninh. Khu vực nghiên cứu trên Sông Cầu đoạn qua thành phố Bắc Ninh và thị xã Quế Võ, tỉnh Bắc Ninh có chiều dài khoảng 20 km.



Hình 1: Khu vực nghiên cứu

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

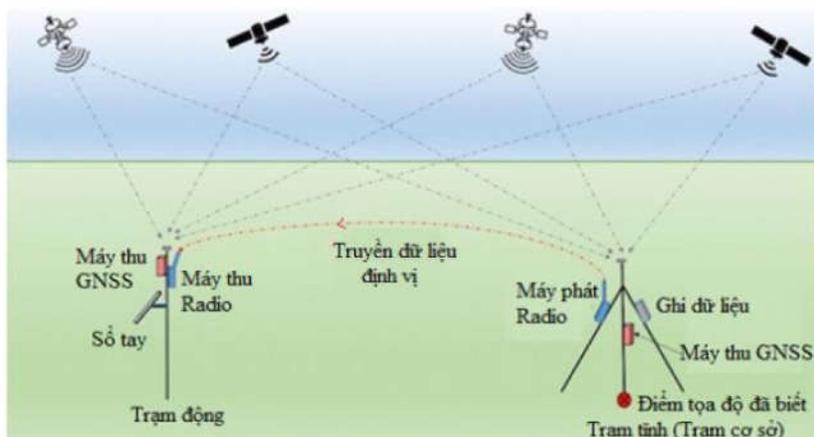
2.1. Cơ sở lý thuyết

Công nghệ GNSS-RTK yêu cầu độ tin cậy cao về kết nối tín hiệu giữa trạm tĩnh được đặt trên bờ và trạm động trên tàu đo chuyên dụng, cấu hình của thiết bị, khoảng cách giữa trạm tĩnh và trạm động, số lượng vệ tinh quan sát đồng thời và tốc độ di chuyển của tàu đo. Ưu điểm của phương pháp này là đạt độ chính xác cao, áp dụng rất hiệu quả khi đo ở các khu vực sông rộng, ngoài biển, khu vực bị che khuất, đạt năng suất lao động cao. Nguyên lý đo là sử dụng hai máy thu GNSS, trong đó một máy được đặt cố định trên bờ tại điểm đã biết tọa độ, độ cao, gọi là trạm cơ sở hay trạm tĩnh (kí hiệu là A), còn máy thu GNSS thứ hai di chuyển trên tàu đo dưới nước gọi là trạm động (kí hiệu là B). Trong quá trình đo cả hai máy liên tục thu tín hiệu vệ tinh ít nhất có 4 vệ tinh chung. Nhờ bộ điều giải vô tuyến (Radio modem) làm việc trên dải tần số UHF, hoặc VHF, hoặc mạng internet (3G/4G/5G) tại trạm tĩnh để truyền tức thời gói dữ liệu bao gồm các dữ liệu đo pha, các tọa độ và

dạng anten của trạm tĩnh đến trạm động. Máy thu GNSS tại trạm động tiến hành xử lý các dữ liệu đo pha sóng dựa trên phương trình sai phân bậc hai giữa trạm tĩnh với trạm động để xác định số nguyên đa trị, từ đó xác định được véc tơ cạnh giữa trạm tĩnh và trạm động rồi tính tọa độ của trạm động (Hình 2).

Tại trạm động việc giải số nguyên đa trị được thực hiện để xác định tức thời véc tơ cạnh [17]. Như vậy dựa vào công nghệ đo GNSS-RTK ta có thể xác định được liên tục tọa độ và độ cao của trạm động theo thời gian thực và tần suất đo phụ thuộc vào tần suất thu tín hiệu của thiết bị GNSS được sử dụng.

Đo GNSS-RTK là một dạng đo GNSS tương đối tức là chỉ xác định được số gia tọa độ trong hệ WGS84 của điểm trạm động so với trạm tĩnh. Để sử dụng được kết quả này về hệ tọa độ địa phương cần phải có thông số chuyển đổi. Việc chuyển đổi đó gọi là thủ tục quy chuẩn hệ tọa độ (Site Calibration). Bằng cách sử dụng 7 tham số tính chuyển bao gồm: 3 giá trị về độ lệch gốc tọa độ $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$; 3 tham số về góc xoay của ba trục tọa độ; 1 tham số là hệ số tỷ lệ.

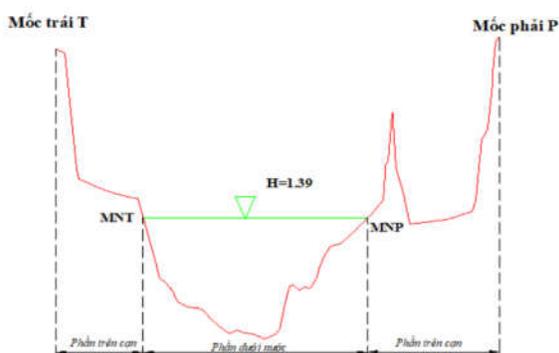


Hình 2: Phương pháp đo GNSS - RTK

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Nguyên tắc xác định vị trí mặt cắt ngang

Mặt cắt ngang địa hình lòng sông kéo dài từ bờ trái (tả) sang bờ phải (hữu) gồm hai phần (Hình 3): Phần trên cạn là phần mặt cắt được tính từ mốc (mốc trái hoặc mốc phải) đến mép nước trái (MNT) hoặc mép nước phải (MNP) của lòng sông. Phần dưới nước là phần mặt cắt được tính từ mép nước trái sang mép nước phải của lòng sông.



Hình 3: Các thành phần của mặt cắt ngang lòng sông

Khi xác định vị trí mặt cắt ngang sông phải tuân thủ theo nguyên tắc sau:

- Mặt cắt ngang sông phải vuông góc với dòng chủ lưu;
- Bố trí tại các mặt cắt không chế các nhánh sông gia nhập;

- Trên các sông có xây dựng đập, bố trí mặt cắt đo sau đập;

- Đoạn sông có cầu qua sông, cần bố trí 2 mặt cắt không chế cách thượng và hạ lưu cầu khoảng cách tùy theo điều kiện thực tế;

- Đoạn sông cong bố trí dày và 2 đầu đoạn sông cong phải có mặt cắt không chế đầu vào và đầu ra;

- Đoạn sông có hiện tượng giao thoa dòng chảy bố trí dày hơn, đoạn sông thẳng thì bố trí thưa hơn, khoảng cách trung bình giữa hai mặt cắt là 2,0 đến 2,5 km.

2.2.2. Phương pháp khảo sát mặt cắt ngang sông

a. Xác định tọa độ, độ cao địa hình mặt cắt phần trên cạn

Phần trên cạn mặt cắt ngang được đo đạc bằng máy toàn đạc điện tử kết hợp với gương đơn. Tọa độ được xác định bằng phương pháp tọa độ cực. Điểm đứng máy đầu tiên là các điểm mốc mặt cắt ngang đã biết tọa độ và độ cao. Độ cao các mốc mặt cắt ngang là độ cao quốc gia hạng IV được đo đạc bằng phương pháp thủy chuẩn hình học có hệ tọa độ VN2000, kinh tuyến trực 105°, múi chiếu 6°. Tọa độ và độ cao các mốc của 10 mặt cắt ngang qua Sông Cầu đoạn qua khu vực nghiên cứu như sau:

Bảng 1. Tọa độ, độ cao mốc các mặt cắt Sông Cầu khu vực nghiên cứu

| TT | Mặt cắt | Tên điểm | Hệ tọa độ VN2000, kinh tuyến trực 1050 Múi chiều 60, Hệ độ cao quốc gia | | | | | | |
|----|---------|----------|---|------------|-------|----------|-------------|------------|-------|
| | | | Bờ Trái | | | Tên điểm | Bờ Phải | | |
| | | | X (m) | Y (m) | H (m) | | X (m) | Y (m) | H (m) |
| 1 | SC405 | T-SC405 | 2347954,419 | 609393,438 | 8,873 | P-SC405 | 2347678,666 | 609185,820 | 8,614 |
| 2 | SC406 | T-SC406 | 2347372,999 | 610801,696 | 8,977 | P-SC406 | 2347080,581 | 610517,723 | 9,094 |
| 3 | SC407 | T-SC407 | 2346820,079 | 612504,371 | 8,968 | P-SC407 | 2346030,844 | 611909,401 | 8,273 |
| 4 | SC408 | T-SC408 | 2345470,027 | 612982,218 | 8,698 | P-SC408 | 2345296,803 | 612899,323 | 8,078 |
| 5 | SC409 | T-SC409 | 2345716,201 | 613344,689 | 8,667 | P-SC409 | 2345194,510 | 613163,333 | 7,702 |
| 6 | SC410 | T-SC410 | 2344730,768 | 616220,762 | 8,446 | P-SC410 | 2344217,862 | 616378,680 | 8,784 |
| 7 | SC411 | T-SC411 | 2346789,129 | 618066,699 | 8,505 | P-SC411 | 2346330,025 | 618060,219 | 8,391 |
| 8 | SC412 | T-SC412 | 2343888,300 | 620949,238 | 8,039 | P-SC412 | 2343651,898 | 620596,367 | 8,626 |
| 9 | SC413 | T-SC413 | 2342836,499 | 622703,441 | 7,944 | P-SC413 | 2342167,750 | 622940,681 | 8,214 |
| 10 | SC414 | T-SC414 | 2342260,078 | 626631,678 | 7,658 | P-SC414 | 2342105,097 | 626340,559 | 8,285 |

Tọa độ các điểm chi tiết được tính theo công thức sau:

$$X_{\text{chi tiết}} = X_{\text{đứng máy}} + D \times \cos(\alpha_{\text{chi tiết}})$$

$$Y_{\text{chi tiết}} = Y_{\text{đứng máy}} + D \times \sin(\alpha_{\text{chi tiết}})$$

trong đó:

$X_{\text{chi tiết}}, Y_{\text{chi tiết}}$: Là tọa độ các điểm chi tiết

$X_{\text{đứng máy}}, Y_{\text{đứng máy}}$: Là tọa độ điểm đứng máy

D: Khoảng cách ngang từ điểm đứng máy đến điểm chi tiết

$\alpha_{\text{chi tiết}}$: Phương vị từ điểm máy đến điểm chi tiết

Độ cao các điểm chi tiết được tính theo công thức sau:

$$H_{\text{chi tiết}} = H_{\text{đứng máy}} + D \times \tan(V_{\text{chi tiết}}) + i_{\text{đứng máy}} - l_{\text{gương}}$$

trong đó:

$H_{\text{chi tiết}}$: Là độ cao các điểm chi tiết

$H_{\text{đứng máy}}$: Là độ cao điểm đứng máy

D: Khoảng cách ngang từ điểm đứng máy đến điểm chi tiết

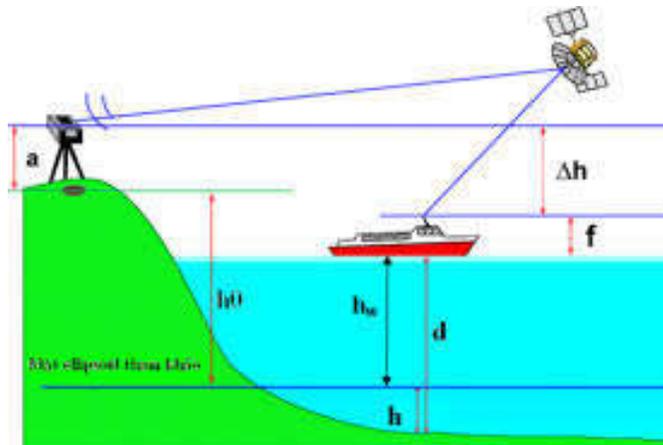
$V_{\text{chi tiết}}$: Góc đứng tại điểm đo chi tiết

$i_{\text{đứng máy}}$: Chiều cao của máy tại thời điểm đo

$l_{\text{gương}}$: Chiều cao của gương thời điểm đo

b. Xác định tọa độ, độ cao địa hình mặt cắt phần dưới nước

Trong quá trình khảo sát, phân địa hình mặt cắt phần dưới nước được sử dụng công nghệ GNSS - RTK. Với phương pháp này, mặt cắt ngang sông được đo bởi sự kết hợp giữa máy tính có phần mềm kết nối, máy hồi âm đo sâu được đặt trên thuyền kết nối với hệ thống định vị GNSS-RTK (Hình 4). Các bước thực hiện khi tiến hành đo đạc phần dưới nước được thể hiện trong Hình 5.



Hình 4: Mô phỏng ứng dụng công nghệ GNSS-RTK trong đo mặt cắt ngang thủy văn



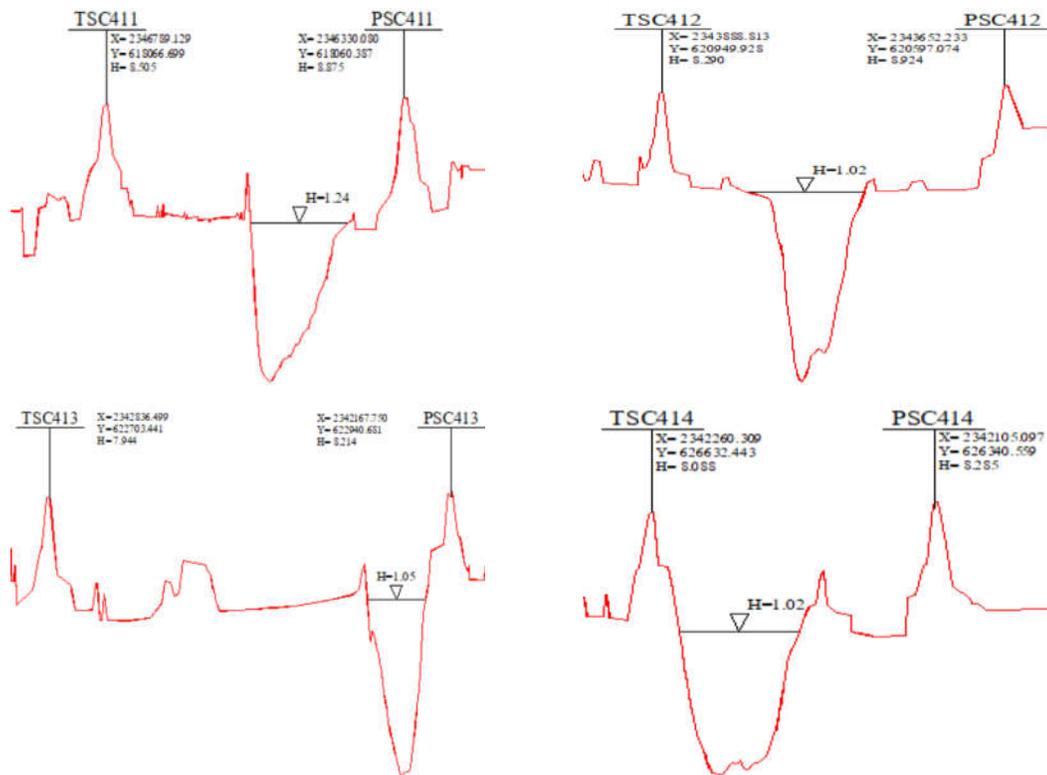
3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Kết quả khảo sát mặt cắt ngang

Sau khi khảo sát, đo đạc thực địa bằng công nghệ GNSS-RTK các số liệu tọa độ, độ cao được xử lý để vẽ mặt cắt ngang. Kết quả vẽ 10 mặt cắt thu được sau quá trình đo đạc và xử lý số liệu như sau:

Hình 5: Các bước thực hiện đo đạc mặt cắt ngang sông phần dưới nước



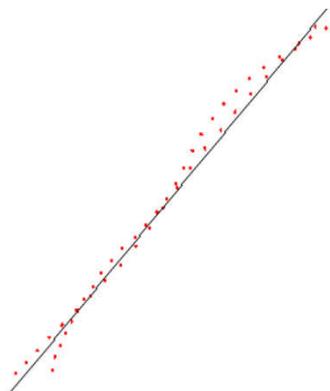


Hình 6: Bản vẽ 10 mặt cắt ngang khảo sát

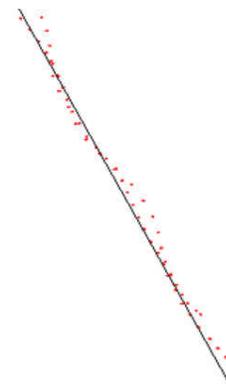
3.2. Đánh giá kết quả đo đạc

Kết quả đo đạc mặt cắt ngang sông được đánh giá theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8226:2009 về công trình thủy lợi quy định sai số vị trí điểm mặt cắt ngang, dọc là $\Delta d \leq 0,2 \text{ mm} \times M$ (trong đó M là mẫu số tỷ lệ đo vẽ mặt cắt). Với tỷ lệ bản vẽ 1/1.000, ta có $\Delta d = 0,2 \times 1000 = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$. Như vậy, trong quá trình đo

đạc phần dưới nước của một mặt cắt, tất cả các điểm chi tiết có khoảng cách đến đường thẳng nối hai mốc của mặt cắt đó có giá trị nhỏ hơn hoặc bằng 0,2 m đều đảm bảo yêu cầu kỹ thuật về sai số vị trí điểm. Kết quả tỷ lệ % số điểm chi tiết đo mặt cắt ngang phần dưới nước của của 10 mặt cắt khảo sát theo phương pháp đo GNSS-RTK đạt yêu cầu kỹ thuật thể hiện trong Bảng 2.



Hình 7: Phân bố các điểm chi tiết tại mặt cắt SC406



Hình 8: Phân bố các điểm chi tiết tại mặt cắt SC413

Bảng 2. Thống kê tỉ lệ các điểm chi tiết đạt yêu cầu kỹ thuật

| STT | Tên mặt cắt | Tổng số điểm đo | Số điểm chi tiết đạt yêu cầu | Tỷ lệ |
|-----|-------------|-----------------|------------------------------|-------|
| 1 | SC405 | 191 | 160 | 83,8% |
| 2 | SC406 | 256 | 210 | 82,0% |
| 3 | SC407 | 267 | 218 | 81,6% |
| 4 | SC408 | 165 | 140 | 84,8% |
| 5 | SC409 | 188 | 160 | 85,1% |
| 6 | SC410 | 162 | 149 | 92,0% |
| 7 | SC411 | 240 | 201 | 83,8% |
| 8 | SC412 | 192 | 168 | 87,5% |
| 9 | SC413 | 162 | 145 | 89,5% |
| 10 | SC414 | 280 | 240 | 85,7% |

Tại 10 mặt cắt đã đo đạc, khảo sát bằng phương pháp GNSS-RTK thì tỷ lệ số điểm đạt yêu cầu kỹ thuật trên tổng số điểm đo đều luôn lớn hơn 80 %. Bên cạnh đó, qua thực tế đo đạc thời gian tiến hành thi công đo đạc một mặt cắt chiều rộng khoảng 300 m trung bình khoảng 20 phút và số lượng nhân công tối thiểu là 2 người. Trong khi đó với mặt cắt đó nếu đo đạc theo phương pháp thủ công sẽ cần tối thiểu 4 người và thời gian trung bình 60 phút. Như vậy, việc ứng dụng công nghệ GNSS-RTK vào việc đo đạc các mặt cắt ngang sông giúp giảm thiểu nhân công lao động, mang lại hiệu quả kinh tế cao.

4. Kết luận

Công nghệ định vị vệ tinh GNSS-RTK đáp ứng yêu cầu kỹ thuật trong công tác đo đạc khảo sát địa hình mặt cắt ngang sông phần dưới nước. Các kết quả đo đạc tại 10 mặt cắt điều tra cho thấy tỷ lệ số điểm đạt yêu cầu kỹ thuật trên tổng số điểm đo đều luôn lớn hơn 80 %. Công tác đo đạc thực địa mặt cắt có sự đổi mới to lớn khi sử dụng công nghệ GNSS-RTK cải thiện những hạn chế phương pháp khảo sát truyền thống. Giảm tối đa về nhân lực, thời gian thực thi ở thực địa từ đó nâng cao hiệu quả kinh tế. Ứng dụng công nghệ GNSS-RTK để triển khai ứng dụng phổ biến trong

công tác khảo sát, đo đạc địa hình mặt cắt ngang sông là rất cần thiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <https://www.tapchiconsan.org.vn/web/guest/quoc-phong-an-ninh-oi-ngoai1//2018/829010/bien-doi-khi-hau-tu-goc-nhin-doi-ngoai-va-mot-so-van-de-dat-ra-doi-voi-viet-nam.aspx>
- [2]. US Army Corps of Engineers (2013). *Hydrographic surveying*. Department of the Army, Washington DC.
- [3]. Arzu Erener and Ertan Gokalp (2004). *Mapping the sea bottom using RTK GPS and lead-line in Trabzon Harbor*. FIG Working Week 2004 (May 22 - 27) Athens, Greece.
- [4]. Andersen Ole B., Knudsen Per (2009). *DNSC08 mean sea surface and mean dynamic topography models*. Journal of Geophysical Research. Vol 114(11).
- [5]. Nor Aklima Bte, Che Awang and En. Rusli Othman (2011). *Hydrographic survey using real-time kinematic (RTK) method for river deepening*. Geoinformation Science Journal. Vol 11(1), p. 1 - 14.
- [6]. Reha Metin Alkan, I. Murat Ozulu, Veli İlci, and Muzaffer Kahveci (2015). *Single-baseline RTK GNSS positioning for hydrographic surveying*. EGU General Assembly. Vol 17.
- [7]. Phạm Hoàng Lân, Đặng Nam Chinh (2003). *Trắc địa biển*. Trường Đại học Mỏ Địa chất Hà Nội.

- [8]. Lưu Văn Quảng (2015). *Thực nghiệm quan trắc và tính toán xác định các mặt chuẩn hải đồ các tuyến luồng khu vực Hải Phòng phục vụ công tác bảo đảm an toàn hàng hải*. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ, mã số DT 144011, Tổng Công ty Bảo đảm an toàn hàng hải Miền Bắc.
- [9]. Nguyễn Quang Thắng, Trần Việt Tuấn (2009). *Trắc địa công trình biển* (Bài giảng cho học viên cao học Trắc địa). Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [10]. Lê Quốc Tiến, Trần Khánh Toàn (2016). *Trắc địa công trình biển*. Nxb. Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Hải Phòng.
- [11]. Trần Khánh Toàn, Lê Quốc Tiến, Lê Sỹ Xinh và Nguyễn Thị Hồng (2016). *Trắc địa bản đồ biển*. Nxb. Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Hải Phòng.
- [12]. Trần Việt Tuấn, Phạm Doãn Mậu (2011). *Trắc địa biển*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [13]. Đặng Nam Chinh (2010). *Nghiên cứu hoàn thiện các chỉ tiêu kỹ thuật và quy trình công nghệ đo đạc biển ở Việt Nam*. Báo cáo tổng kết đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Bộ (Bộ Giáo dục và Đào tạo), mã số B-2007-02-35.
- [14]. Phạm Văn Quang (2017). *Nghiên cứu kết hợp công nghệ GPS và thủy âm trong đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ lớn phục vụ thiết kế các công trình ven biển*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [15]. Nguyễn Minh Thê, Nguyễn Văn Thụ (2018). *Nghiên cứu khả năng ứng dụng đo cao bằng công nghệ GPS-RTK trong đo sâu địa hình đáy biển ven bờ*. Tạp chí khoa học Đo đạc và Bản đồ. Số 37, tr. 46 - 50.
- [16]. Trần Lê Tuấn Anh (2016). *Nghiên cứu một số giải pháp kỹ thuật khai thác hệ thống trạm thu GNSS CORS và khả năng ứng dụng vào công tác trắc địa ở Việt Nam*. Luận văn thạc sỹ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- [17]. Lưu Hải Âu và nnk (2014). *Nghiên cứu xây dựng giải pháp đo GPS theo công nghệ trạm tham chiếu ảo (VRS) ở Việt Nam phục vụ việc đa dạng hóa các ứng dụng trạm CORS*. Báo cáo tổng kết đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ.
- [18]. Trần Văn Bình (2017). *Ứng dụng trạm tham chiếu hoạt động liên tục xác định tọa độ các mốc địa giới hành chính huyện Yên Định, tỉnh Thanh Hóa*. Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.
- [19]. Võ Quốc Đoàn (2017). *Ứng dụng trạm tham chiếu hoạt động liên tục trong công tác đo nối không chế ảnh phục vụ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:25.000 khu vực tỉnh Quảng Bình*. Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.
- [20]. Phạm Minh Nhật (2017). *Ứng dụng công nghệ GNSS-RTK trạm CORS thành lập bản đồ địa chính xã Tân Mỹ - Đức Hòa - Long An tỷ lệ 1/2.000*. Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật. Khoa Trắc địa và Bản đồ, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh.

BBT nhận bài: 22/5/2024; Phản biện xong: 04/6/2024; Chấp nhận đăng: 28/6/2024