

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

NGUYỄN THỊ HỒNG

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GPS ĐỘNG
THỜI GIAN THỰC TRONG CÔNG TÁC THỦY ĐẠC
PHỤC VỤ BẢO ĐẢM AN TOÀN HÀNG HẢI
TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM**

**NGÀNH: KỸ THUẬT TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ
MÃ SỐ: 9.52.05.03**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2021

Công trình được hoàn thành tại: **Bộ môn Trắc địa cao cấp,
Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai
Trường Đại học Mở - Địa chất, Hà Nội**

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Đặng Nam Chinh

2. PGS.TS Trần Khánh Toàn

Phản biện 1: **TS Nguyễn Đình Thành**

Phản biện 2: **GS.TS Võ Chí Mỹ**

Phản biện 3: **TS Trần Hồng Lam**

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp Trường
Họp tại Trường Đại học Mở - Địa chất,

Vào hồi ... giờ ... ngày ... tháng ... năm 2021

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc Gia Việt Nam

- Thư viện Trường Đại học Mở - Địa chất

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam có đường bờ biển dài hơn 3260km và nằm gần kề các tuyến đường biển quốc tế. Biển Việt Nam có vị trí chiến lược quan trọng trong sự nghiệp phát triển kinh tế đất nước, bảo vệ an ninh quốc phòng, giữ vững chủ quyền, toàn vẹn lãnh thổ quốc gia. Trong những năm gần đây, phương tiện thủy hoạt động trên vùng biển, luồng hàng hải ra vào các cảng biển Việt Nam tăng cả về số lượng và tải trọng. Thực tế đó cho thấy vai trò của công tác đảm bảo an toàn đối với các hoạt động giao thông hàng hải là rất quan trọng. Để thực hiện tốt vai trò này, việc khảo sát và cung cấp dữ liệu thủy đạc một cách kịp thời và chính xác về tọa độ, độ sâu của địa hình, địa vật, chướng ngại vật hàng hải nguy hiểm,... trên các luồng tàu và khu nước tại các vùng biển ven bờ của Việt Nam có ý nghĩa vô cùng quan trọng.

Trong công nghệ đo sâu hồi âm tích hợp với GNSS, việc xác định tọa độ thường sử dụng các phương pháp DGNSS hay GNSS Base tùy thuộc vào yêu cầu độ chính xác và phạm vi khu đo. Hiện nay, Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam và một số cơ quan chuyên ngành đã xây dựng được một số lượng lớn trạm GNSS CORS phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau, nhưng chưa được nghiên cứu ứng dụng cho công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải (BĐATHH). Nếu tận dụng được các trạm GNSS CORS đã được xây dựng ở các khu vực gần bờ biển cho công tác thủy đạc bảo đảm an toàn hàng hải sẽ tiết kiệm được rất nhiều thời gian, kinh phí xây dựng các trạm GNSS Base.

Độ sâu được xác định bằng phương pháp đo sâu hồi âm kết hợp với việc quan trắc mực nước tại trạm quan trắc mực nước (QTMN) ven bờ. Độ sâu hải đồ được quy chiếu dựa trên mực nước triều thiên văn thấp nhất tại trạm QTMN ven bờ. Tuy nhiên, mặt biển thấp nhất (MBTN) ở các khu vực biển khác nhau sẽ không như nhau, nên khi quy chiếu kết quả đo sâu địa hình đáy biển (ĐHĐB) về MBTN tại trạm QTMN ven bờ là chưa có cơ sở khoa học. Trong thời gian gần đây, có một số công trình sử dụng GNSS RTK để xác định độ cao mực nước tại vị trí điểm đo độ sâu trên biển. Tuy nhiên, do Việt Nam chưa công bố mô hình quasigeoid quốc gia nên sử dụng dị thường độ cao từ mô hình quasigeoid toàn cầu để hiệu chỉnh vào độ sâu đo là chưa phù hợp.

Nhiệm vụ quan trọng nhất của luận án là nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS CORS RTK trong công tác thủy đạc bảo đảm an toàn hàng hải;

ngiên cứu phương pháp hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều trong độ sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình MIKE21 FM và nghiên cứu cơ sở khoa học cho việc xử lý toán học trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình mặt biển thấp nhất nhằm đảm bảo độ chính xác đồng đều và thống nhất của dữ liệu trên vùng biển ven bờ Việt Nam.

Vì các lý do nêu trên, đề tài luận án tiến sĩ “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS động thời gian thực trong công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải trong điều kiện Việt Nam” thể hiện tính cấp thiết, thời sự, có giá trị khoa học và thực tiễn, góp phần nâng cao hiệu quả công tác đo đạc ngoại nghiệp; làm căn cứ để bổ sung hoàn thiện các tiêu chuẩn kỹ thuật trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH và tạo cơ sở khoa học để xây dựng cơ sở dữ liệu hải đồ thống nhất trên vùng biển ven bờ Việt Nam.

2. Mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

-Mục tiêu tổng quát: Xác lập cơ sở khoa học và phương pháp tích hợp công nghệ GNSS động thời gian thực (sử dụng hệ thống trạm GNSS CORS) với công nghệ đo sâu hồi âm và quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB khu vực biển ven bờ dựa trên các mô hình mặt biển trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH trong điều kiện Việt Nam.

-Mục tiêu cụ thể: Thiết lập cơ sở khoa học tích hợp công nghệ GNSS CORS RTK và công nghệ đo sâu hồi âm trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH; Đề xuất phương pháp quy chiếu độ cao mực nước tính theo mô hình MIKE21 FM để hiệu chỉnh cho các trị đo sâu ĐHĐB khu vực biển ven bờ ở Việt Nam; Đề xuất phương pháp quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên mô hình mặt biển thấp nhất (MBTN) khu vực biển ven bờ Việt Nam.

-Đối tượng nghiên cứu: Các vấn đề khoa học liên quan đến việc tích hợp công nghệ GNSS CORS RTK với công nghệ đo sâu hồi âm để xác định tọa độ, độ sâu địa hình đáy biển; xử lý dữ liệu đo sâu và quy chiếu trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình mặt biển thấp nhất nhằm bảo đảm an toàn hàng hải khu vực biển ven bờ Việt Nam.

-Phạm vi nghiên cứu: Phạm vi nghiên cứu được giới hạn trong việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS CORS RTK tích hợp với công nghệ đo sâu hồi âm và xử lý toán học dữ liệu đo sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình MIKE 21 FM và mô hình mặt biển thấp nhất trong công tác đo sâu địa hình đáy biển thành lập hải đồ, bình đồ tuyến luồng phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải khu vực biển ven bờ Việt Nam (phạm vi từ phao số “0”

đầu lòng hàng hải trở vào đất liền).

3. Nội dung nghiên cứu

(1) Thu thập, phân tích các tài liệu khoa học trong nước và trên thế giới liên quan đến việc ứng dụng công nghệ GNSS động thời gian thực (RTK) trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH trong điều kiện Việt Nam; (2) Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS CORS RTK trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH; (3) Nghiên cứu tích hợp công nghệ GNSS CORS RTK với công nghệ đo sâu hồi âm trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH; (4) Nghiên cứu phương pháp xác định độ cao mực nước dựa trên mô hình tính toán thủy triều và quy chiếu độ cao mực nước quan trắc dựa trên mô hình MBTN; (5) Nghiên cứu phát triển phương pháp quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTN; (6) Thực nghiệm tích hợp công nghệ GNSS CORS RTK; quy chiếu trị đo mực nước từ số liệu của mô hình tính toán thủy triều và quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTN khu vực biển ven bờ Việt Nam.

4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thu thập tài liệu; phương pháp lý thuyết; phương pháp tổng hợp, phân tích, so sánh; phương pháp toán học; phương pháp tin học; phương pháp chuyên gia; phương pháp thực nghiệm.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài luận án

5.1. Ý nghĩa khoa học

(1) Thiết lập cơ sở khoa học cho việc ứng dụng công nghệ GNSS CORS RTK trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH trên vùng biển ven bờ Việt Nam; (2) Đề xuất phương pháp sử dụng độ cao mực nước tính từ mô hình MIKE 21 FM để hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều trong trị đo sâu ĐHĐB và quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTN.

5.2. Ý nghĩa thực tiễn

(1) Nghiên cứu, thiết lập cơ sở khoa học và chứng minh bằng thực nghiệm cho việc ứng dụng công nghệ GNSS CORS RTK trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH trên vùng biển ven bờ Việt Nam; (2) Xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc ứng dụng mô hình MIKE 21 FM phục vụ hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều trong các trị đo sâu ĐHĐB thay cho số liệu quan trắc mực nước tại các trạm QTMN ven bờ; (3) Xây dựng cơ sở khoa học cho việc quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTN nhằm đảm bảo độ chính xác đồng đều trên vùng biển Việt Nam; (4) Kết quả nghiên cứu của luận án có giá trị tham khảo tốt về lý luận và thực tiễn cho

các cơ quan quản lý trong việc nghiên cứu, ban hành các quy định kỹ thuật về xử lý toán học dữ liệu đo sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTN và xây dựng cơ sở dữ liệu hải đồ thống nhất trên vùng biển ven bờ Việt Nam.

6. Các luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1: Hoàn toàn có thể sử dụng phương pháp GNSS CORS RTK tích hợp với thiết bị đo sâu hồi âm trong công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải trên vùng biển ven bờ Việt Nam.

Luận điểm 2: Độ cao mực nước được xác định từ mô hình MIKE 21 FM đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật để hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều trong dữ liệu đo sâu địa hình đáy biển phục vụ thành lập hải đồ và bình đồ khu vực biển ven bờ Việt Nam.

Luận điểm 3: Quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKV170 hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật thành lập bình đồ và hải đồ phục vụ BĐATHH và là cơ sở toán học quan trọng để xây dựng cơ sở dữ liệu hải đồ thống nhất trên vùng biển Việt Nam.

7. Những điểm mới của đề tài luận án

(1) Khẳng định công nghệ GNSS CORS RTK hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về độ chính xác xác định tọa độ vị trí mặt bằng và có thể sử dụng để tích hợp với thiết bị đo sâu hồi âm trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH trong điều kiện Việt Nam hiện nay;

(2) Đề xuất phương pháp xác định độ cao mực nước theo mô hình MIKE21 FM để hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều trong các trị đo sâu ĐHĐB trên vùng biển ven bờ Việt Nam;

(3) Đề xuất phương pháp quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKV170 trong xử lý toán học dữ liệu đo sâu ĐHĐB để thành lập bình đồ và hải đồ phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải.

8. Cấu trúc của luận án

Cấu trúc luận án gồm ba phần: Mở đầu, Phần nội dung nghiên cứu (4 chương nội dung) và Phần kết luận.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN HÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VỀ CÔNG TÁC THỦY ĐẠC PHỤC VỤ BẢO ĐẢM AN TOÀN HÀNG HẢI

Chương này bao gồm các nội dung chính sau:

- Giới thiệu nhiệm vụ công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH, các tiêu chuẩn kỹ thuật trên thế giới và trong nước hiện đang sử dụng trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH; Lựa chọn chỉ tiêu kỹ thuật công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH khu vực ven biển, luồng hàng hải và khu nước.

Bảng 1.9- Lựa chọn chỉ tiêu kỹ thuật công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH

Tiêu chuẩn	Hạng khảo sát			
	Hạng đặc biệt		Hạng 1	
Khu vực áp dụng	- Khảo sát lần đầu phục vụ thông báo hàng hải các khu vực: bê cảng (vũng đậu tàu, khu quay trở tàu), các khu vực neo đậu, chuyển tải, tránh trú bão, đón trả hoa tiêu, kiểm dịch, các tuyến luồng hàng hải mới. - Khảo sát nghiệm thu nạo vét công trình cải tạo, nâng cấp độ sâu hành hải đối với các khu vực trên. - Các khu vực hành hải trọng yếu với chân hoa tiêu nhỏ.		Khảo sát định kỳ phục vụ thông báo hàng hải các khu vực: bê cảng (vũng đậu tàu, khu quay trở tàu), các luồng hành hải với chân hoa tiêu nhỏ, các khu vực neo đậu chuyển tải, tránh trú bão, đón trả hoa tiêu, kiểm dịch, các tuyến hành hải có độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng 40m.	
Sai số mặt bằng (độ tin cậy 95%)	1m		2m	
Sai số độ sâu ⁽¹⁾ (độ tin cậy 95%)	a = 0,15m b = 0,0075		a = 0,25m b = 0,0075	
Khả năng phát hiện của hệ thống thiết bị	Các đối tượng có kích thước hình khối $\geq 1m$.		Các đối tượng có kích thước hình khối $\geq 2m$.	
Quy định về khoảng cách giữa các tuyến đo và mật độ điểm đo				
-Khoảng cách tối đa giữa 2 tuyến đo	Tỷ lệ bình đồ	Khoảng cách	Tỷ lệ bình đồ	Khoảng cách
	1/200	2 m	1/2000	20 m
	1/500	5 m	1/5000	50m
-Mật độ điểm chi tiết độ sâu trên một tuyến đo	1/1000	10 m	1/10000	100m
	1/200	2 m	1/2000	10 m
	1/500	5 m	1/5000	25m
	1/1000	5 m	1/10000	50m

- Ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên như: địa hình, sóng, gió, dòng chảy, thủy triều,... của các khu vực biển ven bờ Việt Nam tới công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH;

- Tổng quan các nghiên cứu đã thực hiện ở Việt Nam và trên thế giới về ứng dụng công nghệ GNSS động thời gian thực trong công tác thủy đạc, về xây dựng các mô hình mặt biển, về kết quả nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE 21 FM. Từ đó, xác định các vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu:

(1) Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS CORS RTK tích hợp với dữ liệu đo sâu hồi âm trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH trong điều kiện Việt Nam.

(2) Nghiên cứu, đề xuất phương pháp sử dụng độ cao mực nước tính theo mô hình MIKE 21 FM để hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều trong các trị đo sâu địa hình đáy biển.

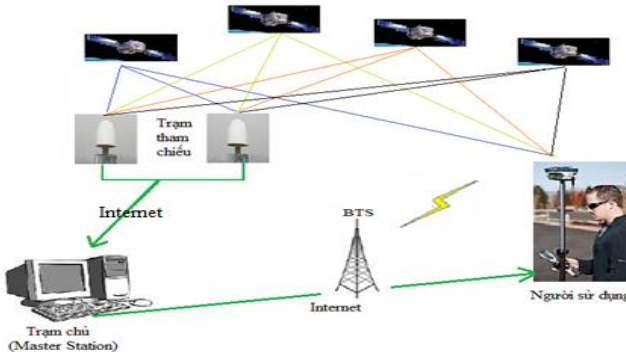
(3) Nghiên cứu, đề xuất phương pháp và phát triển công thức quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTN trên vùng biển Việt Nam.

CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GNSS CORS RTK TRONG CÔNG TÁC THỦY ĐẠC PHỤC VỤ BẢO ĐẢM AN TOÀN HÀNG HẢI TRÊN VÙNG BIỂN VEN BỜ VIỆT NAM

2.1. Công nghệ GNSS động thời gian thực

Phương pháp đo GNSS Base RTK và GNSS CORS RTK đều dựa trên nguyên lý định vị tương đối động sai phân bậc hai. Phương pháp đo phù hợp nhất đối với công tác thủy đạc là đo động liên tục.

Thành phần cơ bản của hệ thống trạm CORS gồm: Hệ thống trạm tham chiếu; Trạm chủ (Trạm điều khiển và xử lý trung tâm) và người sử dụng. Sơ đồ khái quát hệ thống thể hiện ở hình 2.2



Hình 2.2- Sơ đồ khái quát hệ thống trạm GNSS CORS [24]

2.1.3. Khả năng ứng dụng GNSS CORS RTK trong công tác khảo sát thủy đạc phục vụ BĐATHH trên vùng biển ven bờ Việt Nam

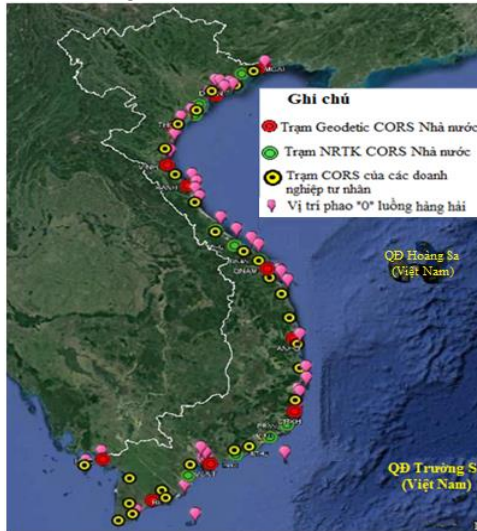
2.1.3.1. Hạ tầng mạng lưới trạm CORS ở Việt Nam

Hệ thống trạm GNSS CORS của Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam: 65 trạm GNSS CORS, đã kết nối hệ thống lưới tọa độ quốc gia (VN2000) và hệ tọa độ quốc tế (ITRF), có số hiệu chỉnh mô hình geoid khu vực đất liền. Cung cấp dịch vụ đo động thời gian thực cả trạm CORS mạng và trạm CORS đơn. Ngoài hệ thống trạm GNSS CORS Nhà nước, các đơn vị tư nhân đã đầu tư xây dựng và đưa vào sử dụng gần 300 trạm GNSS CORS, các trạm GNSS CORS đã kết nối hệ thống lưới tọa độ quốc gia (VN2000), cung cấp dịch vụ đo động thời gian thực trạm CORS đơn.

2.1.3.2. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS CORS RTK cho công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH trên vùng biển ven bờ Việt Nam

(1) Hệ thống mạng lưới các trạm GNSS CORS ven biển Việt Nam

Tổng số trạm GNSS CORS dọc bờ biển Việt Nam do Nhà nước và các doanh nghiệp tư nhân xây dựng khoảng 65 trạm. Như vậy, với tầm hoạt động của các trạm CORS đơn khu vực ven biển khoảng 25-30km, mật độ trạm GNSS CORS ven biển hiện nay hoàn toàn đủ để sử dụng công nghệ GNSS CORS RTK cho công tác đo đạc ven biển.



Hình 2.7- Trạm GNSS CORS ven biển và vị trí phao "0" luồng hàng hải

(2) Cơ sở hạ tầng viễn thông BTS

Có 3 nhà mạng lớn: VNPT, Viettel và MobiFone. Các nhà mạng này đã đầu tư nâng cấp phát triển mới cáp quang, trạm BTS để cung cấp dịch vụ với chất lượng cao. Ở khu vực ven biển Việt Nam có bán kính phủ sóng khoảng 30-50km [94].

(3) Thiết bị thu GNSS:

Các thiết bị thu GNSS hiện đại của các hãng nổi tiếng như: Trimble, Topcon, Sokkia, Leica, Kolida, CHC, Hi-Target,... thu tín hiệu vệ tinh đa hệ, đều có khả năng thu phát sóng Radio, sóng Bluetooth, Wifi, 2G/3G/4G.

(4) Phạm vi khảo sát thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải

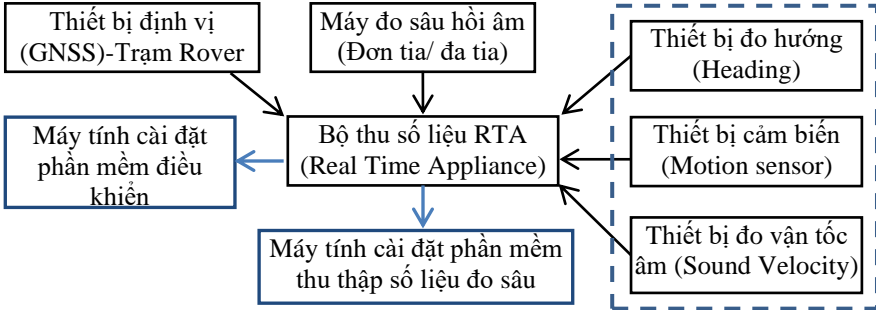
Từ phao số "0" trở vào đất liền, vùng đón trả hoa tiêu, neo đậu tàu thuyền,...

Trên cơ sở hạ tầng trạm GNSS CORS, trạm BTS và tầm hoạt động của

các trạm và phạm vi nghiên cứu, NCS nhận thấy: có thể sử dụng công nghệ GNSS CORS trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH.

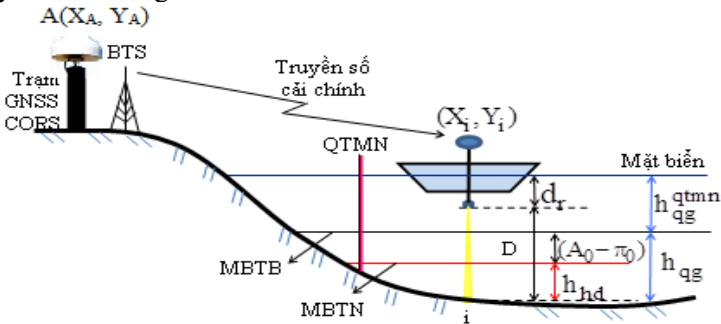
2.2. Tích hợp GNSS CORS RTK với công nghệ đo sâu hồi âm khảo sát địa hình dưới nước phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải

Kết nối các thiết bị trên tàu đo theo sơ đồ sau [21], [91]:



Hình 2.8- Sơ đồ kết nối các thiết bị đo sâu hồi âm

Sau khi kết nối các thiết bị trên tàu đo, thiết lập cơ sở toán học và các tham số đo sâu, tiến hành đo sâu theo tuyến đã thiết kế. Tùy theo khu vực đo nằm trong vùng mạng lưới trạm CORS mà sử dụng dịch vụ trạm CORS đơn hay CORS mạng.



Hình 2.11- Nguyên lý đo sâu hồi âm kết hợp với công nghệ GNSS CORS RTK

Dữ liệu đo thu được là tọa độ (X_i, Y_i) trong hệ WGS84 hoặc hệ tọa độ VN-2000 (nếu cài đặt các tham số tính chuyển về từ hệ WGS84 về VN2000), độ cao trắc địa của mặt nước biển và giá trị độ sâu đo từ mặt nước biển đến đáy biển ($D^{d0} = D + d_r$) của điểm đo sâu i.

Kết luận Chương 2

Trong chương 2, Nghiên cứu sinh đã nghiên cứu nguyên lý đo GNSS Base RTK và GNSS CORS RTK, áp dụng để nâng cao độ chính xác tọa độ

trong công tác thủy đạc phục vụ BĐATHH cho vùng biển ven bờ Việt Nam. Trên cơ sở phân tích dữ liệu thu thập được về cơ sở hạ tầng trạm CORS, trạm BTS và tầm hoạt động của các trạm và phạm vi nghiên cứu của đề tài, Nghiên cứu sinh nhận thấy:

(1) Công nghệ đo GNSS Base RTK đã được nghiên cứu chi tiết về mặt lý thuyết và được ứng dụng hiệu quả trong thực tế, đặc biệt là công tác thủy đạc phục vụ an toàn hàng hải.

(2) Mật độ trạm GNSS CORS trên lãnh thổ Việt Nam tương đối dày, dữ liệu thu ở các tần suất khác nhau nên nếu ứng dụng được cho công tác thủy đạc sẽ tiết kiệm được thời gian và kinh phí. Công nghệ trạm GNSS CORS có thể sử dụng tích hợp với máy đo sâu hồi âm trong công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải.

CHƯƠNG 3. XỬ LÝ TOÁN HỌC SỐ LIỆU ĐO SÂU ĐỊA HÌNH ĐÁY BIỂN TRONG CÔNG TÁC THỦY ĐẠC PHỤC VỤ BĐATHH

3.1. Sử dụng một số mô hình mặt biển trong công tác thủy đạc bảo đảm an toàn hàng hải

3.1.1. Mô hình mặt biển trung bình và mô hình mặt biển thấp nhất

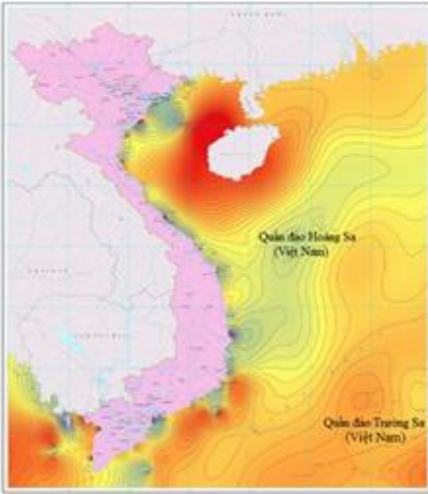
Mô hình MBTB được xây dựng bằng cách sử dụng mô hình DTU10MDT kết hợp với độ cao MBTB tại các trạm QTMN dọc bờ biển và trên một số đảo của Việt Nam bằng phần mềm ArcGis. Mô hình DTU10MDT trong hệ không phụ thuộc triều được chuyển về hệ độ cao Hòn Dấu trong hệ triều trung bình theo công thức [16]:

$$\overline{MDTVN}_m = \overline{MDT}_n - 0.890m + \delta MDT_{n-m} + \begin{cases} 0 & \text{khi } B \geq 19^{\circ}57' \\ -0.318m & \text{khi } B < 19^{\circ}57' \end{cases} \quad (3.11)$$

Mô hình MBTBKV98 được xây dựng bằng Thuật toán loang trong phần mềm ArcGis trên cơ sở sử dụng kết hợp dữ liệu của mô hình DTU10MDT (sau khi đã chuyển từ hệ độ cao toàn cầu (dựa trên mô hình EGM2008) trong hệ không phụ thuộc triều về hệ độ cao Hòn Dấu trong hệ triều trung bình theo công thức (3.11)) và độ cao MBTB tại 98 trạm QTMN dọc bờ biển và trên một số đảo của Việt Nam [38]. (Hình 3.1)

Mô hình MBTNKV170 được xây dựng dựa trên độ cao MBTN tại 170 trạm QTMN dọc bờ biển và trên một số đảo của Việt Nam bằng phần mềm ArcGis [38]. (Hình 3.2).

Theo đánh giá trong tài liệu [38], độ chính xác độ chênh giữa mô hình MBTBKV98 và mô hình MBTNKV170 đạt $\pm 0.128m$.



Hình 3.1- Mô hình MBTBKV98 trên vùng biển Việt Nam



Hình 3.2- Mô hình MBTNKV170 trên vùng biển Việt Nam

Các mô hình MBTBKV98 và MBTNKV170 sẽ được sử dụng để phát triển phương pháp quy chiếu trị quan trắc mực nước và trị đo sâu ĐHĐB trong công tác thủy đặc phục vụ BĐATHH trên vùng biển ven bờ và hệ thống luồng hàng hải Việt Nam.

3.1.2. Sử dụng mô hình MIKE 21 Flow Model FM để xác định độ cao mực nước

MIKE 21 Flow Model FM là gói phần mềm trong Bộ phần mềm MIKE. MIKE 21 Flow Model FM là mô hình dòng chảy mặt 2D, được ứng dụng để mô phỏng các quá trình thủy lực và các hiện tượng về môi trường trong các hồ, trong sông, cửa sông, vùng vịnh, vùng biển ven bờ và các vùng biển. Mô hình MIKE 21 FM bao gồm 6 mô đun: Mô đun tính toán thủy lực (HD); mô đun tính vận chuyển (TR); mô đun sinh thái/lan truyền dầu (ELOS); mô đun tính vận chuyển bùn (MT); mô đun tính vận chuyển cát (ST) và mô đun mô phỏng quỹ đạo hạt (PT).

Trong các modul của MIKE 21 Flow Model FM thì Hydrodynamic Module (HD) là modul tính toán thủy lực cơ bản của toàn bộ hệ thống MIKE, cung cấp các tính toán thủy lực cho các modul khác [84], [86], [96]. Mô đun tính toán thủy lực (HD) thường dùng để tính toán mực nước và dòng chảy, ngoài ra còn tính nhiệt độ và độ muối của nước biển. Trong luận án đã sử dụng mô đun MIKE 21 Flow Model HD FM để xác định độ cao mực nước tại vị trí các điểm đo sâu để hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy

triều trong các trị đo sâu ĐHĐB, thay thế cho mực nước quan trắc tại trạm QTMN tạm thời ven bờ.

3.1.2.3. Xây dựng bài toán tính độ cao mực nước sử dụng mô hình MIKE 21 FM

a. Số liệu đầu vào

- Độ sâu ĐHĐB khu vực tính toán (sử dụng độ sâu bản đồ ĐHĐB kể cả các đường bình độ), khu vực tính độ cao mực nước theo Hệ độ cao Nhà nước.

- Tọa độ đường bờ.

- Số liệu tại các biên tính (từ 3 biên trở lên)

b. Xây dựng lưới tính và các điều kiện biên

- Lưới tính được xây dựng bằng phần mềm MIKE 21 Flow Model FM. Có thể sử dụng lưới tam giác hay tứ giác và lưới có cấu trúc hoặc phi cấu trúc tùy thuộc vào tính chất triều, sự phức tạp của địa hình và độ chính xác xác định độ cao thủy triều tại các nút lưới.

- Độ cao mực nước tại các biên lỏng sử dụng mực nước quan trắc tại trạm QTMN hoặc sử dụng bộ hằng số điều hòa có sẵn trong mô hình.

Mô hình tính toán mực nước của khu vực được xây dựng có mức độ phù hợp theo chỉ tiêu Nash – Sutcliffe [82] đạt mức khá trở lên mới được sử dụng để tính toán mực nước.

3.2. Quy chiếu trị quan trắc mực nước

Trong công tác thành lập hải đồ và bình đồ luồng hàng hải, số liệu đo độ sâu ĐHĐB được quy chiếu dựa trên độ cao của MBTN tại trạm QTMN ven bờ. Quy định này nhằm hai mục đích:

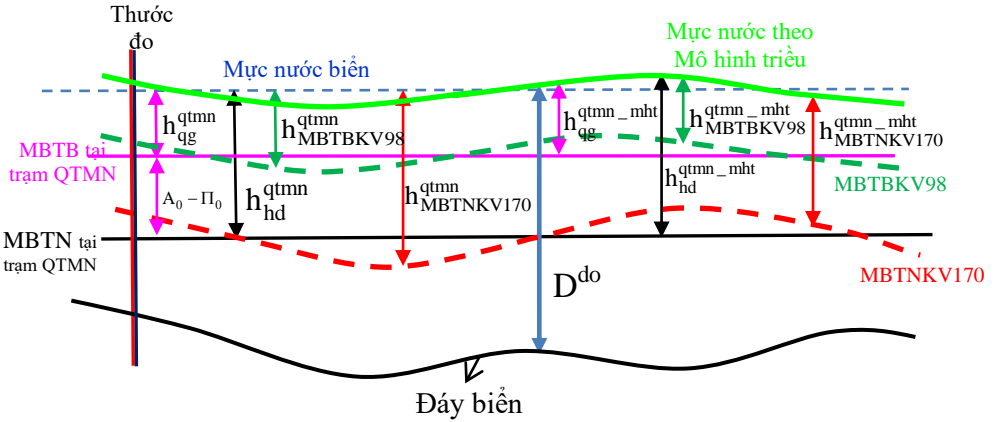
- Hiệu chỉnh độ sâu đo từ mặt nước đến đáy biển do ảnh hưởng của thủy triều về MBTN nhờ số liệu đo mực nước tại trạm QTMN tạm thời ven bờ;

- Quy chiếu độ sâu địa hình đáy biển về MBTN [22].

Trong thực tế, độ cao mực nước quan trắc trước hết phải quy chiếu dựa trên MBTB tại trạm QTMN và được quy chiếu tiếp theo về MBTN theo các phương pháp hải văn, còn độ cao MBTB tại trạm QTMN được xác định bằng phương pháp trắc địa hoặc phương pháp hải văn.

Do MBTB và MBTN tại các khu vực biển khác nhau là khác nhau nên nội dung tiếp theo của luận án sẽ nghiên cứu phương pháp quy chiếu trị QTMN (hình 3.3) dựa trên các mô hình mặt biển và sử dụng độ cao mực nước được xác định từ mô hình MIKE 21 FM để thay thế cho mực nước

quan trắc tại các trạm QTMN ven bờ.



Hình 3.3- Tổng hợp các phương pháp quy chiếu trị quan trắc mực nước

3.2.1. Quy chiếu trị quan trắc mực nước dựa trên mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất tại trạm quan trắc mực nước ven bờ

Độ cao mực nước quan trắc được quy chiếu dựa trên MBTB tại trạm QTMN theo công thức (hình 3.3):

$$h_{qg}^{qtmn} = h_{0-tn}^{qtmn} + h_{qg}^{0-tn} \quad (3.18)$$

Độ cao mực nước triều thiên văn thấp nhất được tính trên cơ sở sử dụng độ cao mực nước dựa trên MBTB và độ chênh giữa độ cao mực nước dựa trên MBTB và độ cao mực nước triều thiên văn thấp nhất ($A_0 - \pi_0$):

$$h_{hd}^{qtmn} = h_{qg}^{qtmn} - (A_0 - \pi_0) \quad (3.19)$$

3.2.2. Quy chiếu trị quan trắc mực nước dựa trên các mô hình mặt biển

Do MBTB (hay MBTN) tại vị trí đo độ sâu không trùng với MBTB (hay MBTN) tại trạm QTMN nên trị QTMN và trị đo sâu ĐHĐB (tại cùng một thời điểm) được quy chiếu dựa trên MBTB (hay MBTN) tại vị trí đo độ sâu trên cơ sở sử dụng mô hình MBTBKV98 (hay mô hình MBTNKV170).

3.2.2.1. Quy chiếu trị quan trắc mực nước dựa trên mô hình MBTBKV98

Độ cao mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên mô hình MBTBKV98 theo công thức (hình 3.3)

$$h_{MBTBKV98}^{qtmn} = h_{qg}^{qtmn} - h_{MBTBKV98}^{dc} \quad (3.20)$$

3.2.2.2. Quy chiếu độ cao mực nước quan trắc dựa trên mô hình

MBTNKV170

Độ cao mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV170 được tính theo công thức (hình 3.3):

$$h_{MBTNKV170}^{qtmn} = h_{hd}^{qtmn} - h_{MBTNKV170}^{dc} \quad (3.21)$$

3.2.3. Quy chiếu độ cao mực nước của mô hình MIKE 21 FM

3.2.3.1. Quy chiếu độ cao mực nước của mô hình MIKE 21 FM dựa trên mô hình MBTBKV98

Độ cao mực nước xác định từ mô hình MIKE 21 FM quy chiếu dựa trên mô hình MBTBKV98 theo công thức (hình 3.3):

$$h_{MBTBKV98}^{qtmn_mht} = h_{qg}^{qtmn_mht} - h_{MBTBKV98}^{dc} \quad (3.22)$$

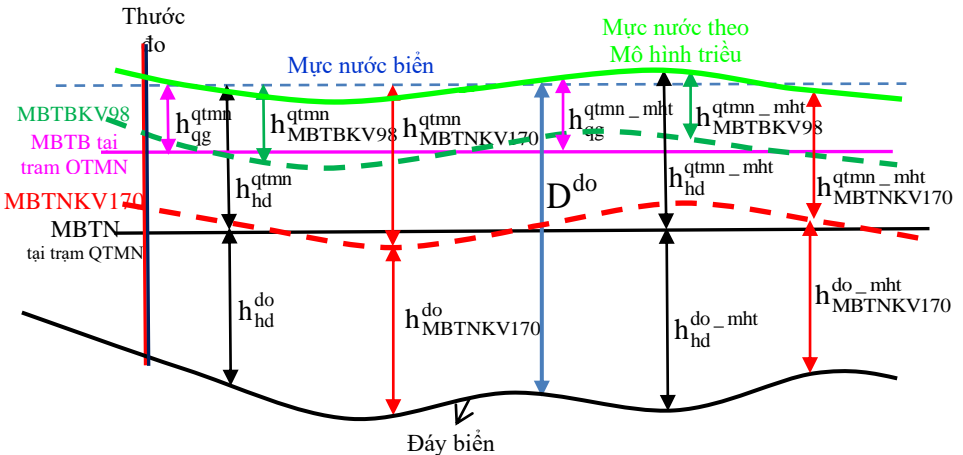
3.2.3.1. Quy chiếu độ cao mực nước của mô hình MIKE 21 FM dựa trên mô hình MBTNKV170

Độ cao mực nước xác định từ mô hình MIKE 21 FM quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV170 theo công thức (hình 3.3):

$$h_{MBTNKV170}^{qtmn_mht} = h_{qg}^{qtmn_mht} - h_{MBTNKV170}^{dc} \quad (3.23)$$

3.3. Quy chiếu trị đo sâu địa hình đáy biển

Sử dụng số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTMN và số liệu mực nước theo mô hình MIKE 21 FM được quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTMN và các mô hình MBTBKV98 và MBTNKV170 để hiệu chỉnh cho độ sâu đo ĐHĐB. Hình 3.8 thể hiện kết quả quy chiếu độ sâu ĐHĐB theo các phương pháp khác nhau.



Hình 3.8- Các phương pháp quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB

3.3.1. Quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên MBTN tại trạm QTMN ven bờ

Độ sâu ĐHĐB được quy chiếu về MBTN tại trạm QTMN được tính theo công thức (hình 3.8):

$$h_{hd}^{do} = h_{hd}^{qtmn} - D^{do} \quad (3.24)$$

3.3.2. Quy chiếu trị đo độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKV170

Độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV170 được tính theo công thức (hình 3.8):

$$h_{MBTNKV170}^{do} = h_{MBTNKV170}^{qtmn} - D^{do} \quad (3.25)$$

3.3.3. Quy chiếu trị đo độ sâu ĐHĐB dựa trên MBTN và mô hình MBTNKH170 theo số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM

3.3.3.1. Quy chiếu trị đo độ sâu ĐHĐB dựa trên MBTN theo số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM

Độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên MBTN theo số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM được tính bởi công thức (hình 3.8)

$$h_{hd}^{do_mht} = h_{hd}^{qtmn_mht} - D^{do} \quad (3.26)$$

3.3.3.2. Quy chiếu trị đo độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKH170 theo số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM

Độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV170 theo số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM được tính bởi công thức (hình 3.8):

$$h_{MBTNKV170}^{do_mht} = h_{MBTNKV170}^{qtmn_mht} - D^{do} \quad (3.27)$$

Kết luận chương 3

Dựa trên cơ sở khoa học và phương pháp đã phát triển trong chương 3 có thể đưa ra các kết luận như sau:

(1) Về phương pháp xây dựng các mô hình mặt biển:

+ Trình bày cơ sở lý thuyết và các nguồn dữ liệu để xây dựng mô hình MBTB khu vực MBTBKV98 và mô hình MBTN khu vực MBTNKV170.

+ Xem xét, đánh giá và lựa chọn mô hình MBTBKV98 và mô hình MBTNKV170 để phát triển các phương pháp quy chiếu độ cao mực nước quan trắc và độ cao mực nước theo mô hình MKIE 21 FM dựa trên các mô hình mặt biển.

(2) Về quy chiếu độ cao mực nước quan trắc:

+ Xem xét toàn diện phương pháp quy chiếu độ cao mực nước quan trắc dựa trên MBTB và MBTN tại trạm QTMN ven bờ, dựa trên mô hình MBTB khu vực MBTBKV98 và mô hình MBTN khu vực MBTNKV170.

+ Trình bày cơ sở lý thuyết và phương pháp khai thác độ cao mực nước của mô hình MIKE 21 FM và sử dụng để thay thế cho độ cao mực nước quan trắc tại trạm QTMN ven bờ.

(3) Về quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mực nước triều thiên văn thấp nhất:

+ Phát triển các công thức quy chiếu độ cao mực nước theo mô hình MIKE 21 FM dựa trên MBTN tại trạm QTMN và dựa trên mô hình MBTN khu vực MBTNKV170.

+ Phát triển các công thức quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTN khu vực MBTNKV170.

CHƯƠNG 4. ĐO THỰC NGHIỆM VÀ XỬ LÝ KẾT QUẢ

4.1. Nội dung thực nghiệm

(1) Đo GNSS bằng công nghệ GNSS CORS RTK và GNSS Base RTK trên cạn, đánh giá độ chính xác của các phương án đo.

(2) Đo GNSS bằng công nghệ GNSS CORS RTK và GNSS Base RTK tích hợp với đo sâu hồi âm đo địa hình dưới nước, QTMN để hiệu chỉnh trị đo, đánh giá độ chính xác giữa 2 phương án đo khi đo dưới nước.

(3) Xử lý số liệu đo GNSS theo các phương án đo đạc, xử lý tích hợp số liệu đo GNSS với thiết bị đo sâu hồi âm;

(4) Hiệu chỉnh độ cao mực nước trong độ sâu ĐHĐB dựa vào số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTMN ven bờ và dựa vào số liệu mực nước theo mô hình MIKE 21 FM;

(5) Quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên độ cao MBTN tại trạm QTMN ven bờ và mô hình MBTNKV170.

4.2. Thực nghiệm đánh giá độ chính xác đo GNSS CORS RTK và GNSS Base RTK phục vụ công tác đo đạc thành lập hải đồ, bình đồ khu vực biển ven bờ và luồng hàng hải

4.2.1. Thực nghiệm đánh giá độ chính xác đo GNSS CORS RTK và GNSS Base RTK trên đất liền

4.2.1.1. Thực nghiệm tại Trường ĐH Hàng hải Việt Nam và cảng Đình Vũ

Để khẳng định độ chính xác đo GNSS động thời gian thực, nghiên cứu sinh đã tiến hành thực nghiệm đo 17 điểm tại các mốc khống chế đã biết tọa độ theo 3 phương án:

- Phương án 1: Đo GNSS CORS RTK sử dụng trạm CORS HPTP tại TP Hải Phòng cách điểm xa nhất của khu vực thực nghiệm là 10.03km;

- Phương án 2: Đo GNSS CORS RTK sử dụng trạm CORS HDTP tại TP Hải Dương cách điểm xa nhất của khu vực thực nghiệm khoảng 53,45km;

- Phương án 3: Đo GNSS Base RTK (sử dụng chế độ đo Internet (3G)) có trạm Base đặt tại điểm địa chính cơ sở 118518 cách điểm xa nhất của khu vực thực nghiệm khoảng 11.4km.

Kết quả đánh giá độ chính xác như sau:

- Sai số trung phương vị trí điểm đo bằng công nghệ GNSS CORS RTK cách khu đo khoảng 11km là: ± 0.018 (m)

- Sai số trung phương vị trí điểm đo bằng công nghệ GNSS CORS RTK cách khu đo khoảng 54km là: ± 0.050 (m)

- Sai số trung phương vị trí điểm đo bằng công nghệ GNSS Base RTK cách khu đo khoảng 11km là: ± 0.022 (m)

4.2.1.2. Thực nghiệm tại cảng Lạch Huyện

Tiến hành đo 5 điểm mốc không chế đã biết tọa độ tại khu vực cảng Lạch Huyện- Hải Phòng theo 2 phương án:

- Phương án 1: Đo GNSS CORS RTK sử dụng trạm CORS DSON (Đồ Sơn- Hải Phòng) của Bộ Tài nguyên và Môi trường, cách điểm xa nhất của khu vực thực nghiệm là 17.36km;

- Phương án 2: Đo GNSS Base RTK (sử dụng chế độ đo Internet (3G)) có trạm Base đặt tại điểm HP.B-1 (Khu Đôn Lương, TT Cát Hải, H. Cát Hải, TP. Hải Phòng) cách điểm xa nhất của khu vực thực nghiệm 1.13km.

Kết quả đánh giá độ chính xác như sau:

- Sai số trung phương vị trí điểm đo bằng công nghệ GNSS CORS RTK cách khu đo khoảng 18km là: ± 0.019 (m)

- Sai số trung phương vị trí điểm đo bằng công nghệ GNSS Base RTK cách khu đo khoảng 2km là: ± 0.021 (m)

Từ kết quả của 2 thực nghiệm ở trên đất liền cho thấy:

- Khu đo cách trạm GNSS CORS khoảng 18km, cách trạm Base khoảng 12km thì độ chính xác tọa độ vị trí của 2 phương án đo GNSS CORS RTK và GNSS Base RTK tương đương nhau, ở mức ± 0.022 m. Do đó hoàn toàn có thể sử dụng công nghệ GNSS CORS RTK trong công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải giống như công nghệ GNSS Base RTK.

- Khu đo cách trạm GNSS CORS khoảng 54km thì độ chính xác tọa

độ điểm đo bằng công nghệ GNSS CORS đạt $\pm 0.050\text{m}$, so với tiêu chuẩn kỹ thuật thủy đạc hiện hành TCVN 10336-2015 (Bảng 1.9) cho thấy hoàn toàn có thể sử dụng công nghệ GNSS CORS RTK trong công tác thủy đạc.

4.2.2. Thực nghiệm đánh giá độ chính xác đo GNSS CORS RTK và GNSS Base RTK khi tích hợp với máy đo sâu hồi âm.

4.2.2.1. Phương án đo.

Thực nghiệm đo đạc tại luồng Lạch Huyện- Hải Phòng sử dụng 2 phương án đo GNSS RTK theo hai phương án:

- **Phương án 1:** Đo GNSS CORS RTK sử dụng trạm CORS DSON (Đồ Sơn- Hải Phòng) của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

- **Phương án 2:** Đo GNSS Base RTK (sử dụng chế độ đo Internet (3G)) có trạm Base đặt tại điểm HP.B-1.

4.2.2.4. Xử lý số liệu đo

Từ dữ liệu đo đạc được (tọa độ, độ sâu và số liệu QTMN), tiến hành xử lý dữ liệu đo sâu: từ tệp số liệu đo sâu đã được hiệu chỉnh dữ liệu từ các thiết bị cảm biến chuyển động, hiệu chỉnh độ cao mực nước và loại bỏ các trị đo kém chất lượng. Kết quả đo thể hiện ở phụ lục 1 và phụ lục 2.

4.2.2.5. Đánh giá độ chính xác kết quả đo tọa độ

Kết quả đánh giá độ chính xác được thể hiện ở bảng 4.9.

Bảng 4.9- Kết quả đánh giá độ chính xác độ lệch tọa độ giữa phương án đo GNSS CORS RTK và GNSS Base RTK luồng hàng hải Lạch Huyện

STT	X ⁽¹⁾ (m)	Y ⁽¹⁾ (m)	X ^{(2)chuyển} (m)	Y ^{(2) chuyển} (m)	d _x (m)	d' _x (m)	d' _x .d' _x (m ²)	dy (m)	dy.dy (m ²)
1	2293621.42	626316.29	2293620.89	626316.71	0.53	0.36	0.13	-0.42	0.1745
2	2293614.92	626308.83	2293615.36	626308.73	-0.44	-0.60	0.36	0.10	0.0096
3	2293608.62	626301.09	2293608.10	626301.49	0.52	0.36	0.13	-0.40	0.1603
4	2293602.34	626293.23	2293601.86	626293.68	0.48	0.32	0.10	-0.45	0.1986
5	2293596.34	626285.27	2293595.81	626285.66	0.53	0.36	0.13	-0.39	0.1552
6	2293590.47	626277.04	2293589.94	626277.44	0.53	0.37	0.14	-0.40	0.1634
...
...
11134	2293649.21	626258.06	2293649.54	626257.48	-0.33	-0.49	0.24	0.58	0.3311
11135	2293655.43	626265.82	2293655.17	626266.15	0.26	0.10	0.01	-0.33	0.1063
11136	2293661.7	626273.69	2293661.43	626274.12	0.27	0.11	0.01	-0.43	0.1875
11137	2293668.3	626281.21	2293668.04	626281.54	0.26	0.10	0.01	-0.33	0.1063
11138	2293674.62	626288.98	2293674.35	626289.38	0.27	0.11	0.01	-0.40	0.1580
11139	2293679.9	626297.58	2293679.63	626297.94	0.27	0.10	0.01	-0.36	0.1295
11140	2293684.69	626306.35	2293685.06	626305.74	-0.37	-0.53	0.28	0.61	0.3734

Sai số trung phương vị trí điểm của từng trị đo $m_p = \pm 0.45m$. Theo tiêu chuẩn kỹ thuật độ chính xác mặt bằng là 1m (Bảng 1.9), thì sai số trên thỏa mãn yêu cầu khảo sát hạng đặc biệt. Do đó 2 phương pháp đo GNSS RTK nêu trên hoàn toàn đáp ứng yêu cầu công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải ở Việt Nam.

4.3 Xây dựng mô hình MIKE 21 FM cho khu vực thực nghiệm

4.3.1. Số liệu phục vụ xây dựng mô hình:

- Sử dụng số liệu đo luồng hàng hải Lạch Huyện khu vực biển Hải Phòng trong các ngày 21, 22/12/2019.

- Số liệu đầu vào:

+ Độ sâu ĐHĐB khu vực thực nghiệm sử dụng độ sâu bản đồ ĐHĐB tỷ lệ 1/50.000 do Trung tâm Trắc địa và Bản đồ biển, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam sản xuất trong các năm 2003 – 2005.

+ Độ sâu hải đồ tỷ lệ 1/100.000 do Đoàn Đo đạc Biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển sản xuất trong các năm 2006- 2009 và được chuyển về độ sâu bản đồ ĐHĐB.

+ Đường bờ sử dụng đường bờ của mô hình MBTBKV98.

+ Tọa độ, độ cao và số liệu QTMN tại các biên tính của Trung tâm Hải văn, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam.

4.3.2. Xây dựng bài toán tính mực nước tại khu vực biển Hải Phòng

4.3.2.1 Xây dựng lưới tính và các điều kiện biên

Lưới tính được xây dựng cho khu vực luồng Hải Phòng là lưới tam giác có độ phân giải cao nhất là 20 mét và thừa dân ra ngoài khơi khoảng 300 mét. Lưới tính bao gồm 4 biên lỏng, trong đó có 2 biên biển (biên 1: từ đảo Cát Bà sang khu vực biển cửa Văn Úc, biên 2: từ khu vực biển xã đảo Hoàng Tân sang khu vực Hòn Cái Bè), hai biên sông tại Trạm thủy văn Cửa Cấm (trên Sông Cấm) và trạm thủy văn Do Nghi (trên sông Đá Bạch).

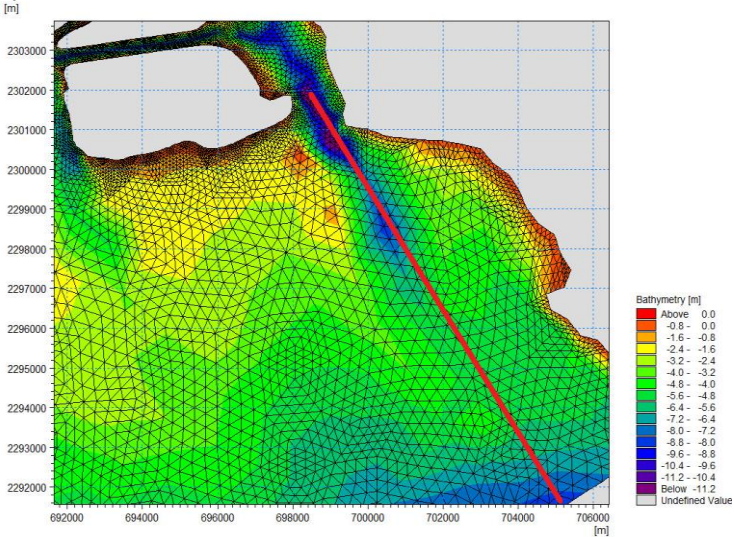
+ Mực nước tại hai biên biển là số liệu dự tính thủy triều dựa trên bộ hằng số điều hòa thủy triều trong mô hình MIKE 21 FM và được quy về Hệ độ cao Quốc gia theo số liệu tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu;

+ Mực nước tại hai trạm Do Nghi và Cửa Cấm là số liệu mực nước đã quy về độ cao nhà nước tại 2 trạm thủy văn Do Nghi và Cửa Cấm;

Sử dụng mô hình MIKE 21 FM để xây dựng lưới dựng lưới tính và nhận được kết quả như hình 4.8.

Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định kỹ lưỡng dựa trên số liệu quan trắc mực nước thực tế tại khu vực Hải Phòng. Kết quả đánh giá độ chính

xác của mô hình so với số liệu thực đo theo chỉ tiêu Nash –Sutcliffe đạt loại tốt. Như vậy, có thể sử dụng mô hình dự tính mực nước để chiết xuất dữ liệu độ cao mực nước để hiệu chỉnh độ sâu ĐHĐB cho tuyến luồng Lạch Huyện thay thế cho số liệu đo mực nước tại trạm QTMN tạm thời ven bờ.



Hình 4.9- Lưới tính cho mô hình mực nước khu vực luồng Lạch Huyện

4.4. Tính toán thực nghiệm quy chiếu trị đo mực nước dựa trên MBTB tại trạm QTMN và dựa trên các mô hình MBTBKV98 và MBTNKV170

4.4.1. Số liệu phục vụ tính toán thực nghiệm

Số liệu sử dụng để tính toán thực nghiệm: số liệu đo mực nước tại trạm QTMN Cảng Lạch Huyện; số liệu mực nước theo mô hình MIKE 21 FM để hiệu chỉnh độ sâu luồng hàng hải Lạch Huyện khu vực Hải Phòng.

4.4.2. Tính toán thực nghiệm

Tiến hành tính toán thực nghiệm theo phương pháp đã được triển khai trong mục 3.2 và 3.3 để quy chiếu trị QTMN cho bốn trường hợp sau:

- + Quy chiếu trị quan trắc mực nước dựa trên độ cao MBTN tại trạm QTMN tạm thời ven bờ;
- + Quy chiếu trị quan trắc mực nước dựa trên mô hình MBTBKV98.
- + Quy chiếu trị quan trắc mực nước dựa trên mô hình MBTNKV170.
- + Quy chiếu độ cao mực nước theo mô hình MIKE 21 FM dựa trên MBTB và MBTN tại trạm QTMN và dựa trên mô hình MBTBKV98 và mô hình MBTNKV170.

Kết quả tính toán được tổng hợp và thống kê trong Bảng 4.11

Bảng 4.11- Quy chiếu trị QTMN và số liệu mực nước của mô hình tính toán mực nước bằng mô hình MIKE 21 FM

STT	X (m)	Y (m)	Time (h:m:s)	Độ sâu đo (m)	Độ cao mực nước quan trắc dựa trên MBTB tại trạm QTMN (m)	Độ cao mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTMN (m)	Độ cao mô hình MBTB KV98 (m)	Độ cao mô hình MBTN KV170 (m)	Độ cao mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên MBTB KV98 (m)	Độ cao mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên mô hình MBTN KV170 (m)	Độ cao mực nước mô hình so với MBTB trong Hệ độ cao quốc gia (m)	Độ cao mực nước mô hình triều so với MBTN tại trạm QTMN (m)	Độ cao mực nước mô hình triều quy chiếu dựa trên MBTB KV98 (m)	Độ cao mực nước mô hình dựa trên MBTN KV170 (m)
1	2293621	626316	7:33:42	11.34	0.71	2.84	-0.04	-2.16	0.75	2.87	0.61	2.74	0.65	2.77
2	2293615	626309	7:33:47	11.74	0.71	2.84	-0.04	-2.16	0.75	2.87	0.61	2.74	0.65	2.77
3	2293609	626301	7:33:48	12.04	0.71	2.84	-0.04	-2.16	0.75	2.87	0.61	2.74	0.65	2.77
4	2293602	626293	7:33:51	12.04	0.71	2.84	-0.04	-2.16	0.75	2.87	0.61	2.74	0.65	2.77
5	2293596	626285	7:33:54	12.04	0.71	2.84	-0.04	-2.16	0.75	2.87	0.61	2.74	0.65	2.77
6	2293590	626277	7:33:57	12.94	0.71	2.84	-0.04	-2.16	0.75	2.87	0.61	2.74	0.65	2.77
.....
11134	2293649	626258	17:17:41	11.41	0.08	2.21	-0.04	-2.16	0.12	2.24	-0.12	2.01	-0.07	2.05
11135	2293655	626266	17:17:45	11.11	0.08	2.21	-0.04	-2.16	0.12	2.24	-0.12	2.01	-0.07	2.05
11136	2293662	626274	17:17:48	11.01	0.08	2.21	-0.04	-2.16	0.12	2.24	-0.12	2.01	-0.07	2.05
11137	2293668	626281	17:17:51	11.01	0.08	2.21	-0.04	-2.16	0.12	2.24	-0.12	2.01	-0.07	2.05
11138	2293675	626289	17:17:53	10.51	0.08	2.21	-0.04	-2.16	0.12	2.24	-0.12	2.01	-0.07	2.05
11139	2293680	626298	17:17:57	9.71	0.08	2.21	-0.04	-2.16	0.12	2.24	-0.12	2.01	-0.07	2.05
11140	2293685	626306	17:18:00	6.81	0.08	2.21	-0.04	-2.16	0.12	2.24	-0.12	2.01	-0.08	2.05

4.5. Tính toán thực nghiệm quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB

4.5.1. Tính toán thực nghiệm quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên MBTB tại trạm quan trắc mực nước và dựa trên mô hình MBTNKV170

Tương tự như quy chiếu quan trắc mực nước, độ sâu ĐHĐB cũng được quy chiếu cho bốn trường hợp:

+ Quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên độ cao MBTN theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTMN tạm thời ven bờ;

+ Quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKV170 theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTMN tạm thời ven bờ.

+ Quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTN tại trạm QTMN theo mực nước của mô hình MIKE21 FM

+ Quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKV170 theo mực nước của mô hình MIKE21 FM

Kết quả tính toán được tổng hợp và thống kê trong Bảng 4.12

Bảng 4.12- Quy chiều trị đo sâu ĐHĐB theo số liệu QTMN và số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM

STT	X (m)	Y (m)	Time (h:m:s)	Độ sâu thực đo(m)	Độ cao mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTMN (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTMN (m)	Độ cao mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên mô hình MBTN KV170 (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên mô hình MBTN KV170 (m)	Độ cao mực nước mô hình triều so với MBTN tại trạm QTMN (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên MBTN theo số liệu mô hình (m)	Độ cao mực nước mô hình triều dựa trên MBTN KV170 (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên hình MBTN KV170 theo số mô hình triều (m)	Độ chênh d1 (m)	Độ chênh d2 (m)	Độ chênh d3 (m)	
1	2293621	626316	7:33:42	11.34	2.84	-8.50	2.87	-8.46	2.74	-8.60	2.77	-8.57	-0.035	0.101	0.066	
2	2293615	626309	7:33:47	11.74	2.84	-8.90	2.87	-8.86	2.74	-9.00	2.77	-8.97	-0.035	0.101	0.066	
3	2293609	626301	7:33:48	12.04	2.84	-9.20	2.87	-9.16	2.74	-9.30	2.77	-9.27	-0.035	0.101	0.066	
4	2293602	626293	7:33:51	12.04	2.84	-9.20	2.87	-9.16	2.74	-9.30	2.77	-9.27	-0.035	0.101	0.066	
5	2293596	626285	7:33:54	12.04	2.84	-9.20	2.87	-9.16	2.74	-9.30	2.77	-9.27	-0.035	0.101	0.066	
6	2293590	626277	7:33:57	12.94	2.84	-10.10	2.87	-10.06	2.74	-10.20	2.77	-10.17	-0.035	0.101	0.066	
.....	
11134	2293649	626258	17:17:41	11.41	2.21	-9.20	2.24	-9.17	2.01	-9.40	2.05	-9.37	-0.035	0.197	0.162	
11135	2293655	626266	17:17:45	11.11	2.21	-8.90	2.24	-8.87	2.01	-9.10	2.05	-9.07	-0.035	0.197	0.162	
11136	2293662	626274	17:17:48	11.01	2.21	-8.80	2.24	-8.77	2.01	-9.00	2.05	-8.97	-0.035	0.197	0.162	
11137	2293668	626281	17:17:51	11.01	2.21	-8.80	2.24	-8.77	2.01	-9.00	2.05	-8.97	-0.035	0.197	0.162	
11138	2293675	626289	17:17:53	10.51	2.21	-8.30	2.24	-8.27	2.01	-8.50	2.05	-8.47	-0.035	0.197	0.162	
11139	2293680	626298	17:17:57	9.71	2.21	-7.50	2.24	-7.47	2.01	-7.70	2.05	-7.67	-0.035	0.197	0.162	
11140	2293685	626306	17:18:00	6.81	2.21	-4.60	2.24	-4.57	2.01	-4.80	2.05	-4.77	-0.035	0.199	0.164	
													Σ=	-802.15	1022.44	220.28
												m=	0.038	0.034	0.047	

4.5.2. Đánh giá độ chính xác

Độ chính xác độ sâu ĐHĐB quy chiều theo các phương pháp khác nhau được đánh giá theo độ sâu quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTMN.

- Độ chính xác độ sâu ĐHĐB quy chiều dựa trên MBTN tại trạm QTMN theo số liệu mực nước quan trắc (h_{hd}^{do}) và độ sâu ĐHĐB quy chiều dựa trên mô hình MBTNKV170 theo số liệu mực nước quan trắc ($h_{MBTNKV170}^{do}$):

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{d'_h \times d'_h}{2 \times (n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{32.248}{2 \times (11140-1)}} = \pm 0.038(m)$$

- Độ chính xác độ sâu ĐHĐB quy chiều dựa trên MBTN tại trạm QTMN theo số liệu mực nước quan trắc (h_{hd}^{do}) và độ sâu ĐHĐB quy chiều dựa trên MBTN tại trạm QTMN theo số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM ($h_{hd}^{do_mht}$):

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{d'_h \times d_h}{2 \times (n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{25.913}{2 \times (11140-1)}} = \pm 0.034(\text{m})$$

- Độ chính xác độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTMN theo số liệu quan trắc mực nước (h_{hd}^{do}) và độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV170 theo số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM ($h_{MBTNKV170}^{do_mht}$)

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{d'_h \times d_h}{2 \times (n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{50.236}{2 \times (11140-1)}} = \pm 0.047(\text{m})$$

Sự xuất hiện sai số hệ thống trong hai dãy trị đo quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTMN và dựa trên mô hình MBTNKV170 thêm một lần nữa khẳng định rằng, sử dụng MBTN tại các trạm QTMN ven bờ để quy chiếu các trị đo độ sâu ĐHĐB không đảm bảo độ tin cậy.

Từ kết quả tính toán thực nghiệm ở mục này cho thấy:

- Trên cơ sở kết quả đánh giá độ chính xác độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên MBTN theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTMN tạm thời ven bờ và quy chiếu dựa trên các mô hình mặt biển (mô hình MBTBKV98 và mô hình MBTNKV170) cho thấy rằng hoàn toàn có thể sử dụng các mô hình mặt biển để quy chiếu trị đo độ sâu ĐHĐB phục vụ công tác thành lập bình đồ độ sâu và hải đồ.

- Độ cao mực nước xác định từ mô hình MIKE 21 FM hoàn toàn có thể thay thế số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTMN tạm thời ven bờ để quy chiếu các trị đo độ sâu ĐHĐB.

Kết luận chương 4

Từ các kết quả thực nghiệm trong chương 4 có thể rút ra một số kết luận như sau:

(1) Về sử dụng công nghệ GNSS CORS RTK cho công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải

- Với khoảng cách giữa trạm GNSS CORS và Rover đến 54 km vẫn đảm bảo độ chính xác xác định tọa độ $\pm 0.05\text{m}$ nên có thể khẳng định rằng: Hoàn toàn có thể sử dụng công nghệ GNSS CORS RTK trong công tác thủy đạc khu vực biển ven bờ Việt Nam.

- Tọa độ của các đối tượng địa lý trên biển được xác định với độ chính xác $\pm 0.45\text{m}$ nên có thể khẳng định rằng: Công nghệ GNSS CORS RTK hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật để sử dụng trong công tác thủy đạc

phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải.

(2) Sử dụng số liệu mực nước tại trạm QTMN ven bờ và số liệu mực nước theo mô hình MIKE 21 FM để hiệu chỉnh cho các trị đo sâu ĐHĐB:

- Sử dụng mô hình MBTBKV98 và MBTNKV170 để quy chiếu số liệu mực nước tại trạm QTMN ven bờ về vị trí đo độ sâu cho phù hợp với các bề mặt tự nhiên của biển.

- Với độ chính xác $\pm 0.047\text{m}$ có thể khẳng định rằng: Số liệu mực nước tính từ mô hình triều MIKE 21 FM hoàn toàn bảo đảm độ chính xác để hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều trong trị đo sâu ĐHĐB thay thế cho số liệu QTMN tại trạm QTMN ven bờ trong công tác thủy đạc bảo đảm an toàn hàng hải.

(3) Phương pháp và các công thức quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB được luận án phát triển hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật để thành lập hải đồ, bình đồ độ sâu trong công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

(1) Phương pháp GNSS CORS RTK hoàn toàn đảm bảo độ chính xác xác định vị trí điểm đo sâu theo các tiêu chuẩn thủy đạc hiện hành. Kết quả tính toán thực nghiệm và đánh giá độ chính xác đã khẳng định phương pháp GNSS CORS RTK có thể sử dụng để tích hợp với thiết bị đo sâu hồi âm trong công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải.

(2) Phương pháp xác định độ cao mực nước từ mô hình MIKE 21 FM đảm bảo độ tin cậy. Kết quả tính toán thực nghiệm đã khẳng định rằng có thể thay thế số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTMN ven bờ biển bằng số liệu mực nước xác định từ mô hình MIKE 21 FM để quy chiếu các trị đo sâu địa hình đáy biển trong công tác thủy đạc phục vụ bảo đảm an toàn hàng hải.

(3) Phương pháp và các công thức quy chiếu trị quan trắc mực nước và trị đo độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKV170 được luận án phát triển hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật trong việc xử lý toán học các trị đo sâu địa hình đáy biển. Kết quả tính toán thực nghiệm và đánh giá độ chính xác độ sâu quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTMN ven bờ và quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV170 đã khẳng định rằng, có thể sử dụng mô hình MBTNKV170 để quy chiếu các trị đo sâu ĐHĐB phục vụ công

tác thành lập hải đồ và bình đồ luồng hàng hải trên vùng biển ven bờ Việt Nam.

(4) Quy chiếu các trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình MBTN khu vực MBTNKV170 sẽ bảo đảm xác định độ sâu hải đồ với độ chính xác đồng đều và thống nhất trên toàn bộ vùng biển ven bờ Việt Nam. Mô hình MBTN khu vực MBTNKV170 là cơ sở toán học quan trọng để xử lý dữ liệu đo sâu ĐHĐB phục vụ thành lập hải đồ và xây dựng cơ sở dữ liệu hải đồ quốc gia thống nhất trên vùng biển ven bờ Việt Nam.

2. KIẾN NGHỊ

(1) Phương pháp GNSS CORS RTK hoàn toàn đảm bảo độ chính xác xác định tọa độ mặt bằng theo các tiêu chuẩn thủy đạc bảo đảm an toàn hàng hải và có thể sử dụng để tích hợp với thiết bị đo sâu hồi âm trong công tác đo sâu ĐHĐB. Kính đề nghị Bộ Giao thông Vận tải, Cục hàng hải Việt Nam, Tổng Công ty Bảo đảm an toàn hàng hải Miền Bắc, Tổng Công ty Bảo đảm an toàn hàng hải Miền Nam và các cơ quan, doanh nghiệp liên quan đến lĩnh vực thủy đạc và ĐĐATHH nghiên cứu, bổ sung các quy định kỹ thuật để được triển khai áp dụng trong thực tế.

(2) Các phương pháp và công thức được luận án phát triển để xác định độ cao mực nước dựa trên mô hình MIKE 21 FM để hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều trong các trị độ sâu ĐHĐB và quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKV170 đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật thành lập bình đồ độ sâu, hải đồ trên vùng biển ven bờ Việt Nam, đảm bảo độ chính xác đồng đều trên toàn vùng biển và xác lập cơ sở khoa học để thành lập hệ thống cơ sở dữ liệu hải đồ quốc gia thống nhất trên vùng biển ven bờ Việt Nam. Ngoài ra, sử dụng phương pháp quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTNKV170 sẽ giải quyết được các vấn đề về tiếp biên giữa các vùng tiếp giáp hải đồ, bình đồ độ sâu do các đơn vị khác nhau đo đạc và biên vẽ. Kính đề nghị các cơ quan chức năng nghiên cứu, tổ chức kiểm tra và bổ sung các tiêu chuẩn, quy định kỹ thuật để sớm được đưa vào áp dụng trong thực tế.

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ
ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN NỘI DUNG LUẬN ÁN**

1. Nguyễn Thị Hồng (2010), “Ảnh hưởng của ma trận hiệp phương sai cạnh đo đến kết quả bình sai lưới GPS”, *Tạp chí Khoa học- Công nghệ Hàng hải*, số 23, trang 70-76.
2. Nguyễn Thị Hồng (2013), *Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng kỹ thuật GPS đo động xử lý sau trong đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ lớn*, Đề tài Khoa học - Công nghệ cấp cơ sở.
3. Nguyễn Thị Hồng, Trần Khánh Toàn; Lê Sỹ Xinh (2014), *Xây dựng chương trình tính chuyển tọa độ hải đồ sử dụng trong ngành hàng hải*, Đề tài Khoa học - Công nghệ cấp cơ sở.
4. Phạm Minh Châu, Nguyễn Thị Hồng (2014), *Nghiên cứu ứng dụng phần mềm Hypack khảo sát biển*, Đề tài Khoa học - Công nghệ cấp cơ sở.
5. Trần Khánh Toàn, Nguyễn Thị Hồng, Lê Quốc Tiến, Lê Sỹ Xinh (2016), *Trắc địa bản đồ biển*, Nhà xuất bản Hàng hải, Hải Phòng.
6. Nguyễn Thị Hồng, Lê Sỹ Xinh (2016), *Khảo sát độ chính xác đo cao GPS khu vực Hải Phòng*, Đề tài Khoa học - Công nghệ cấp cơ sở.
7. Minh-Chau Pham, Thi-Hong Nguyen, Sy-Xinh Le (2016), *Creation of an open online aids to navigation coastal waterway mapping. International symposium on Geo-spatial and Mobile mapping technologies and summer school for mobile mapping technology (GMMT2016)*, Hanoi, Page 190-192.
8. Nguyễn Thị Hồng (2018), *Nghiên cứu hiện trạng công nghệ đo đạc biển ở Việt Nam*, Đề tài Khoa học - Công nghệ cấp cơ sở
9. Nguyễn Quang Huy, Nguyễn Thị Hồng (2018), *Nghiên cứu ứng dụng phần mềm ArcGIS xuất bản hải đồ điện tử ENC phục vụ nghiên cứu và giảng dạy*, Đề tài Khoa học - Công nghệ cấp cơ sở.
10. Nguyễn Văn Sáng, Trần Khánh Toàn, Nguyễn Thị Hồng (2019), “Phương pháp mới trong đo đạc địa hình đáy biển”, *Tạp chí Khoa học- Công nghệ Hàng hải*, số 57, trang 54-58.
11. Phạm Minh Châu, Thi-Hong-Hanh Nguyen, Nguyen Thi Hong, Nguyen Hoang, Tung-Anh Le; (2019), *A seasonal map of the*

suspended sediment distribution along tamsui river using landsat 8 satellite imagery, International Conference on Environmental Quality Concern, Control and Conservation, May 23-25, 2019, Tainan & Kaohsiung, Taiwan.

12. Lương Thanh Thạch, Trần Văn Hải, Nguyễn Thị Hồng, Đỗ Văn Mong (2019), “Đánh giá độ sâu BĐĐHĐB và hải đồ dựa trên các mô hình mặt biển”, *Tạp chí Khoa học đo đạc và bản đồ*, số 42, trang 11-19.
13. Lương Thanh Thạch, Nguyễn An Định, Nguyễn Thị Hồng, Trần Văn Hải (2020), “Quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên các mô hình mặt biển”, *Tạp chí Khoa học đo đạc và bản đồ*, số 43, trang 18-23.
14. Nguyễn Thị Hồng, Nguyễn Thanh Trang, Lương Thanh Thạch, Nguyễn An Định, Trần Văn Hải, Đỗ Văn Mong (2020), “Quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên các mô hình tính toán thủy triều và các mô hình mặt biển”, *Tạp chí Khoa học đo đạc và bản đồ*, số 44, trang 16-24.
15. Trần Khánh Toàn, Nguyễn Thị Hồng (2020), “Nghiên cứu lập trình mô hình quỹ đạo tàu dưới tác dụng của gió và dòng chảy phục vụ phân tích mối quan hệ giữa vận tốc tàu với độ dạt ngang của tàu khi tiếp cận luồng vào khu nước của cảng có đê chắn sóng”, *Tạp chí Giao thông vận tải*, số tháng 7/2020, trang 94-98.