

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

NGUYỄN VĂN CƯỜNG

**NGHIÊN CỨU QUY LUẬT BIẾN ĐỔI VẬN TỐC ÂM VÀ HOÀN THIỆN
QUY TRÌNH LẤY MẪU XÁC ĐỊNH VẬN TỐC ÂM TRONG MÔI TRƯỜNG
NƯỚC BIỂN KHU VỰC VỊNH BẮC BỘ VIỆT NAM PHỤC VỤ
KHAI THÁC HIỆU QUẢ CÁC THIẾT BỊ THỦY ÂM**

Ngành: Kỹ thuật trắc địa - bản đồ

Mã số : 9520503

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

Người hướng dẫn khoa học: **PGS. TS Đặng Nam Chinh**

Phản biện 1: **GS. TSKH Hoàng Ngọc Hà**

Phản biện 2: **PGS. TS Nguyễn Văn Sáng**

Phản biện 3: **TS Bùi Đăng Quang**

Luận án sẽ 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:

- **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 là một quốc gia có thủy hệ phong phú với đường bờ biển trải dài từ Móng Cái đến Hà Tiên, tổng chiều dài bờ biển khoảng 3,260 km nằm về phía tây Biển Đông [37]. Dọc bờ biển cứ khoảng 23 km có một cửa sông, có thủy hệ phong phú nên công tác thành lập bản đồ thủy hệ tỷ lệ lớn, bản đồ địa hình đáy biển và quy trình thi công công trình ngầm dưới nước bằng thiết bị thủy âm với độ chính xác cao cần được chú trọng. Trong quá trình thi công bằng các thiết bị thủy âm có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác kết quả đo, do đó cần phải tính hiệu chỉnh nhằm hạn chế ảnh hưởng của các yếu tố đó. Các nguồn sai số như đã nêu ở trên bao gồm ảnh hưởng của thiết bị định vị GNSS, thiết bị cải chính chuyển động, công tác lắp đặt các thiết bị đo đạc, xác định vận tốc âm trong môi trường nước v.v...

Xác định chính xác vận tốc âm lan truyền trong môi trường nước tại khu đo và tại thời điểm đo là rất quan trọng vì sai số xác định vận tốc âm ảnh hưởng tới kết quả đo sâu tăng dần khi độ sâu tăng. Để làm được điều này ta cần nghiên cứu và phân tích đặc tính biến đổi vận tốc âm tại từng khu vực đặc trưng, từ đây đưa ra đề xuất và kiến nghị phương pháp xác định vận tốc âm hợp lý với từng khu vực.

Vấn đề vận tốc âm trong môi trường nước biển chỉ được nghiên cứu thông qua việc quan trắc các tham số đại diện như nhiệt độ, độ sâu (áp suất), độ mặn. Các nghiên cứu đã có là nghiên cứu chung trên vùng rộng, chưa phản ánh được sự biến đổi chi tiết của vận tốc âm.

Với mục đích đi sâu vào việc nghiên cứu vận tốc âm trong môi trường nước biển tác giả muốn nghiên cứu phân tích quy luật, sự ảnh hưởng của vận tốc âm tại các vùng biển đặc trưng của Việt Nam, cụ thể là khu vực Vịnh Bắc Bộ. Phân tích đánh giá ảnh hưởng của vận tốc âm theo độ sâu, khu vực, theo thời gian để đưa ra được sự biến đổi của vận tốc âm theo từng yếu tố ảnh hưởng. Từ các số liệu thực nghiệm, các kết quả phân tích, tác giả đã tiến hành nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu vận tốc âm trung bình, đưa ra quy luật biến đổi vận tốc âm trong môi trường nước biển tại khu vực Vịnh Bắc Bộ.

Chính vì những lý do trên tác giả chọn đề tài ***“Nghiên cứu quy luật biến đổi vận tốc âm và hoàn thiện quy trình lấy mẫu xác định vận tốc âm trong môi trường nước biển khu vực Vịnh Bắc Bộ Việt Nam phục vụ khai thác hiệu quả các thiết bị thủy âm”***.

2. Mục đích nghiên cứu của luận án

Xác lập cơ sở khoa học và phương pháp luận phân tích quy luật biến đổi vận tốc âm trong môi trường nước biển khu vực Vịnh Bắc Bộ Việt Nam để hoàn thiện quy trình lấy mẫu vận tốc âm phục vụ khai thác hiệu quả thiết bị thủy âm.

3. Đối tượng phạm vi nghiên cứu của đề tài

a. Đối tượng nghiên cứu của đề tài:

Các cơ sở dữ liệu về nhiệt độ, độ mặn độ sâu, vận tốc âm khu vực Vịnh Bắc Bộ theo các trường thời gian, không gian.

b. Phạm vi nghiên cứu:

Sự biến đổi các yếu tố nhiệt độ, độ mặn, độ sâu của khu vực Vịnh Bắc Bộ nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố này tới vận tốc âm.

Ảnh hưởng của sự thay đổi vận tốc âm tới các thiết bị thủy âm thông dụng.

4. Nội dung nghiên cứu của luận án

Thu thập số liệu về nhiệt độ, độ mặn, vận tốc âm, mặt cắt âm đã có ở khu vực nghiên cứu là vùng biển Vịnh Bắc Bộ. Phân tích các nguồn dữ liệu thu được, đề xuất bổ sung ở một số vùng còn khuyết số liệu vận tốc âm.

Nghiên cứu phân tích đặc tính vận tốc âm phân bố theo vùng, theo độ sâu và thay đổi theo thời gian tại vùng biển Vịnh Bắc Bộ.

Nghiên cứu cơ sở lý thuyết xác định vận tốc âm trung bình theo độ sâu, vận tốc âm đại diện theo vùng và đánh giá ảnh hưởng của sai số xác định vận tốc âm đến kết quả đo bằng thiết bị thủy âm.

Trên cơ sở những quy định hiện hành, sự biến đổi vận tốc âm từ đó đề xuất quy trình lấy mẫu xác định vận tốc âm tại khu vực nghiên cứu.

5. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp phân tích số liệu: Phân tích số liệu vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ theo thời gian, theo độ sâu. Phân tích đánh giá sự thay đổi vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ nhằm xác định được các quy luật biến đổi của vận tốc âm trong khu vực và đưa ra quy trình xác định vận tốc âm theo các yêu cầu khảo sát cụ thể.

Phương pháp cơ sở dữ liệu: Xây dựng được cơ sở dữ liệu vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ với mục đích đánh giá sự thay đổi vận tốc âm trên cơ sở dữ liệu theo không gian, thời gian và độ sâu. Hiện thị trực quan sự thay đổi vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ trích xuất giá trị vận tốc âm tại các thời điểm trên cơ sở dữ liệu và đánh giá với số liệu đo đạc thực tế đưa ra các đề xuất cho công tác xác định vận tốc âm phục vụ khảo sát.

Phương pháp thực nghiệm: Tính toán số liệu thực nghiệm của cơ sở dữ liệu vận tốc âm và tính toán hiệu chỉnh vận tốc âm vào dữ liệu đo sâu đưa ra kết quả độ sâu theo cơ sở dữ liệu, độ sâu theo vận tốc âm thực tế. Đưa ra các nhận xét về các kết quả.

Phương pháp so sánh: Sau khi xây dựng cơ sở dữ liệu vận tốc âm, số liệu đã được tính toán, so sánh với kết quả độ sâu sử dụng vận tốc âm theo cơ sở dữ liệu và vận tốc âm đo thực tế. Đánh giá sự thay đổi của việc sử dụng cơ sở dữ liệu và số liệu thực tế.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

a. Ý nghĩa khoa học:

Dựa trên cơ sở lý thuyết, các quy luật phân bố vận tốc âm theo không gian và thời gian trong môi trường nước để đánh giá mức độ ảnh hưởng của thay đổi vận tốc âm đến độ chính xác đo đạc bằng thiết bị thủy âm, từ đó đề xuất phương pháp xác định vận tốc âm phù hợp bảo đảm khai thác hiệu quả các thiết bị thủy âm.

Đưa ra các kiến nghị, phương pháp xác định vận tốc âm, xác định vận tốc âm trung bình trong môi trường nước biển tại điều kiện khảo sát tương ứng. Xây dựng được cơ sở dữ liệu về vận tốc âm theo các dữ liệu đã có.

Thành lập cơ sở dữ liệu phân bố vận tốc âm trong môi trường nước biển tại khu vực

Vịnh Bắc Bộ, xây dựng chương trình khai thác cơ sở dữ liệu vận tốc âm, tính toán các giá trị vận tốc âm tại các vị trí yêu cầu dựa trên cơ sở dữ liệu đã được xây dựng.

b. Ý nghĩa thực tiễn

Kết quả nghiên cứu đưa ra phương pháp hạn chế các ảnh hưởng của vận tốc âm trong môi trường nước biển đến kết quả đo.

Đề xuất quy trình lấy mẫu vận tốc âm phù hợp từng khu vực khảo sát, từng tỷ lệ bản đồ khảo sát.

Khai thác, sử dụng cơ sở dữ liệu vận tốc âm cho các trường hợp khảo sát, tỷ lệ bản đồ cụ thể.

7. Các luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1: Vịnh Bắc Bộ là vùng nước có độ sâu nhỏ, có nhiều cửa sông do đó sự biến đổi nhiệt độ và độ mặn theo thời gian là đáng kể. Đặc điểm đó đã ảnh hưởng tới sự biến thiên vận tốc âm trong môi trường nước theo thời gian các tháng trong một năm lên tới 27.2 m/s.

Luận điểm 2: Quy trình lấy mẫu vận tốc âm được đề xuất trong luận án căn cứ trên các đánh giá quy trình lấy mẫu vận tốc âm hiện hành, phân tích ưu điểm nhược điểm của quy trình. Từ quy luật biến đổi vận tốc âm, các nhược điểm của quy trình lấy mẫu vận tốc âm hiện nay đề xuất quy trình lấy mẫu vận tốc âm mới phục vụ khai thác hiệu quả các thiết bị thủy âm.

Luận điểm 3: Quy trình lấy mẫu vận tốc âm đề xuất, cùng cơ sở dữ liệu vận tốc âm khu vực Vịnh Bắc Bộ đã xây dựng đáp ứng được các yêu cầu về độ chính xác khi ứng dụng các thiết bị thủy âm trong thành lập bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:10.000 và nhỏ hơn trong khu vực Vịnh Bắc Bộ.

8. Điểm mới của luận án

- Vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ có quy luật biến đổi phức tạp. Luận án đã đưa ra phân tích, đánh giá trực quan sự biến đổi vận tốc âm khu vực Vịnh Bắc Bộ theo vị trí, không gian và thời gian nhằm mục đích khai thác hiệu quả các thiết bị thủy âm.

- Sử dụng cơ sở dữ liệu hải dương toàn cầu (WOD) và cơ sở dữ liệu hải dương của đơn vị Hải dương vùng Viễn đông của Nga để xây dựng cơ sở dữ liệu vận tốc âm cho khu vực Vịnh Bắc Bộ. Độ chính xác của cơ sở dữ liệu này được đánh giá dựa trên các kết quả đo thực tế.

- Cơ sở dữ liệu vận tốc âm được xây dựng là kết quả mới ứng dụng trong khảo sát đo đạc thành lập bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:10.000 và nhỏ hơn trong khu vực Vịnh Bắc Bộ.

9. Cấu trúc của luận án

Cấu trúc luận án bao gồm các phần như sau:

Gồm 3 phần chính:

(1) Phần mở đầu: Giới thiệu về tính cấp thiết của luận án, mục đích nghiên cứu của luận án, phương pháp nghiên cứu, nội dung nghiên cứu, những luận điểm bảo vệ và những điểm mới của luận án.

(2) Phần nội dung gồm 4 chương:

Chương 1. Tổng quan về nghiên cứu biến đổi vận tốc âm và ứng dụng thiết bị thủy âm trong môi trường nước biển

Chương 2. Nghiên cứu quy luật biến đổi vận tốc âm, phương pháp xác định vận tốc âm trong môi trường nước biển

Chương 3. Ảnh hưởng của vận tốc âm đến độ chính xác của các thiết bị đo thủy âm, quy luật biến đổi vận tốc âm tại vịnh bắc bộ

Chương 4. Xây dựng cơ sở dữ liệu vận tốc âm và hoàn thiện quy trình lấy mẫu vận tốc âm khu vực vịnh bắc bộ cho các thiết bị thủy âm và thực nghiệm csdl

(3) Phần kết luận và kiến nghị.

10. Cơ sở tài liệu

- Tài liệu của luận án sử dụng các tài liệu chuyên ngành tại Trung tâm Trắc địa và Bản đồ Biển, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam. Bên cạnh đó nghiên cứu sinh cũng sử dụng nguồn tài liệu tại Thư viện Quốc gia Việt Nam và Thư viện Khoa học và Công nghệ Quốc gia. Các số liệu điều tra khảo sát sử dụng số liệu trong nhiều năm tại Trung tâm Trắc địa và Bản đồ Biển.

- Tài liệu tham khảo trên Internet.

11. Lời cảm ơn

Tôi xin trân trọng cảm ơn thầy giáo hướng dẫn PGS.TS Đặng Nam Chinh, các thầy cô giáo trong Bộ môn Trắc địa cao cấp, Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mở - Địa chất đã tận tình giúp đỡ, góp ý và tạo những điều kiện tốt nhất để nghiên cứu sinh có thể hoàn thành nhiệm vụ của mình.

Trân trọng cảm ơn ban Lãnh đạo Trung tâm Trắc địa và Bản đồ Biển - Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam - Bộ Tài nguyên và Môi trường, các đồng nghiệp, các nhà khoa học đã quan tâm, đóng góp ý kiến để nghiên cứu sinh hoàn thiện tốt hơn bản luận án của mình.

Đặc biệt gửi lời cảm ơn tới tất cả các thành viên trong gia đình đã dành những điều kiện tốt nhất về tinh thần và vật chất để tôi có thể hoàn thành tốt nhất khóa học của mình.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỔI VẬN TỐC ÂM VÀ ỨNG DỤNG THIẾT BỊ THỦY ÂM TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC BIỂN

1.1. Các công trình nghiên cứu trên thế giới về vận tốc âm và sự biến đổi vận tốc âm trong môi trường nước biển.

1.1.1. Lịch sử phát triển ứng dụng thiết bị thủy âm

Ngay từ những năm trước Công nguyên, nhà triết học Hy Lạp Aristotle (384-322), đã có nhận định rằng, âm thanh lan truyền trong môi trường nước tốt hơn lan truyền trong không khí. Sau đó cũng có một số nghiên cứu về sự lan truyền âm thanh trong môi trường nước như các nghiên cứu của Leonardo Da Vinci (1452-1519) và Francis Bacon (1561-1626). Cho đến thế kỷ XVIII và đầu thế kỷ XIX, có một số nhà khoa học như J.A. Nollet (1700-1770), Alexander Monro (1733-1817) mới thực sự nghiên cứu, tiến hành thử nghiệm xác định vận tốc âm trong môi trường nước để ứng dụng vào một số mục đích khác nhau. Trong các nghiên cứu này, người ta đã sử dụng nguồn âm là tiếng chuông (bell) phát dưới nước. Năm 1826, nhà vật lý người Thụy sĩ J.D. Calladon (1802-1893) và nhà toán học người Pháp là J.K.F. Sturm (1803-1855) đã triển khai thực nghiệm xác định vận tốc âm tại hồ Geneva (Thụy Sĩ) ở nhiệt độ nước là 8°C. Giá trị vận tốc âm xác định được lúc bấy giờ là 1435m/s, chỉ sai khác với giá trị vận tốc âm xác định hiện nay cỡ 3m/s. Trong khoảng những năm 1830-1860 đã có một số nhà khoa học nghiên cứu ứng dụng sóng âm trong môi trường nước với mục tiêu là để xác định độ sâu lớp nước và xác định khoảng cách giữa các con tàu trên biển, hình thành kỹ thuật thủy âm.

Hiện nay công tác thủy đạc (đặc biệt tại các vùng nước nông - dưới 50m và trong) ngày càng được thực hiện nhiều bằng công nghệ đo sâu bằng sóng laser từ máy bay (Airborne Lidar Bathymetry - ALB). Ưu điểm nổi bật của công nghệ LIDAR là cho phép đo nhanh và với độ chính xác cao nhờ sử dụng các kỹ thuật laser hiện đại. Sự khác biệt rõ rệt nhất là công nghệ đo sâu bằng sóng âm là tối ưu ở các vùng nước sâu trong khi công nghệ ALB tỏ ra có hiệu quả và an toàn hơn tại các vùng nước với độ sâu không vượt quá 50 m với điều kiện là nước phải tương đối trong. Một ưu điểm nữa của công nghệ ALB là ngoài độ sâu còn đo được cả độ cao của vùng đất ven bờ biển, cho phép thu được khối dữ liệu liên tục độ cao (trên đất liền) - độ sâu (dưới biển).

1.1.2. Các nghiên cứu ngoài nước về vận tốc âm và sự biến đổi vận tốc âm

Năm 1960, Wayne D Wilson đã đưa công thức thực nghiệm tính vận tốc âm, đến năm 1990 ông công bố bài báo “Equation for the speed of sound in Sea Water” [35], xây dựng công thức thực nghiệm tính vận tốc âm và được trình bày chi tiết trong tài liệu [35]. Tuy nhiên, công thức này chỉ được sử dụng tại khu vực nước sâu và có độ mặn trung bình không phù hợp với khu vực Việt Nam. Đây là công thức thực nghiệm đầu tiên để tính toán giá trị vận tốc âm, làm cơ sở tính toán cho các thiết bị xác định vận tốc âm sau này.

Vào năm 1974, VA Del Grosso đưa ra trong “New equation for the speed of sound in natural waters (with comparisons to other equations)” [22] công thức xác định giá trị vận tốc âm và xem hàm của vận tốc âm là hàm của độ mặn, áp suất nhiệt độ. Trong công thức đó, các hệ số đặc trưng được sử dụng để tính toán thực nghiệm các giá trị vận tốc âm theo từng

khoảng nhiệt độ, độ mặn, áp suất. Tác giả đã tính ra hệ số với từng khoảng chia khác nhau, tính giá trị vận tốc âm trong môi trường nước ngọt, môi trường nước biển với kết quả thể hiện trong tài liệu [22]. Công thức của tác giả sử dụng tại vùng nước có biên thiên độ sâu lớn từ 0 đến 11000 m không phù hợp với điều kiện ở Việt Nam.

Năm 1975, Medwin đã đưa ra công thức tính gần đúng giá trị vận tốc âm trong “Fundamentals of Acoustical Oceanography” [23] và công thức này áp dụng cho độ sâu đến 1000m. Với điều kiện như ở Việt Nam phần lớn độ sâu nhỏ hơn 1000 m nên việc sử dụng công thức của Medwin trong công tác kiểm nghiệm thiết bị xác định vận tốc âm là hợp lý. Công thức Medwin đang được áp dụng trong tài liệu [10].

Năm 1977, Chen và Millero đã đưa ra công thức tính giá trị vận tốc âm trong bài báo “Speed of sound in seawater at high pressures” [29] công thức được trình bày chi tiết trong tài liệu [29]. Công thức Chen và Millero thường được áp dụng cho các vùng biển có độ sâu lớn (áp suất lớn), được áp dụng trong một số thiết bị xác định vận tốc âm với độ sâu lớn thường là các thiết bị vận tốc âm chuyên dùng cho nghiên cứu đại dương thế giới.

Năm 1981, Mackenzie đã đưa ra công thức tính vận tốc âm trong bài báo “Nine-term equation for the sound speed in the oceans” [27], công thức được sử dụng cho trường hợp nhiệt độ từ 2 đến 30°C, độ mặn từ 25 đến 40 ppt, độ sâu từ 0 đến 8000m được dùng chung cho các vùng biển có độ sâu biến đổi lớn.

Cũng trong năm 1981, A.B.Coppens đưa ra một cách tính giá trị vận tốc âm khác và công thức của A.B.Coppens được sử dụng trong phạm vi nhiệt độ từ 0 đến 35°C, độ mặn từ 0 đến 45 ppt, độ sâu đến 0 đến 4km, là các vùng biển có độ sâu trung bình [21].

Trong tạp chí hiệp hội âm học Hoa Kỳ (The Journal of the Acoustical Society of America) bắt đầu từ năm 1929 đến nay đã có nhiều đóng góp trong lĩnh vực nghiên cứu về vận tốc âm trong môi trường nước biển. Các tác giả nghiên cứu nhiều khía cạnh về ảnh hưởng của vận tốc âm tới kết quả khảo sát như năng lượng âm suy giảm trong các điều kiện nước nông, sâu. Vận tốc âm thay đổi theo thời gian, theo vị trí địa lý ảnh hưởng tới kết quả khảo sát bằng thiết bị thủy âm tuy nhiên chi tiết cho vùng biển Việt Nam chưa được nghiên cứu.

Tiếp theo đó là các tài liệu sách ứng dụng âm học dưới nước (Applied Underwater Acoustics) xuất bản năm 2017 của các tác giả Thomas H. Neighbors III và David Bradley [34] đã giới thiệu về quá trình phát triển của công nghệ thủy âm, ảnh hưởng của vận tốc âm tác giả đề cập tới từ năm 1946, đã nói tới thay đổi của vận tốc âm theo mùa, theo độ sâu. Trong tài liệu đã viết về ứng dụng của công nghệ âm học trong môi trường nước như định vị thủy âm, kết nối trong môi trường nước, ảnh hưởng độ ồn tới kết quả khảo sát, ứng dụng trong việc xác định đàn cá và chưa nghiên cứu cho khu vực Việt Nam.

Các nghiên cứu của nước ngoài về vận tốc âm khá chi tiết và đầy đủ về mọi mặt, cả ứng dụng trong công nghệ thủy âm. Ảnh hưởng của vận tốc âm tới kết quả khảo sát khi sử dụng thiết bị thủy âm cũng được đánh giá và cho ra kết quả với từng vùng riêng biệt. Nhưng sự biến đổi vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ thì chưa có tài liệu nào nghiên cứu, có

chẳng chỉ nghiên cứu vùng Biển Đông tại các khu vực nước có độ sâu lớn hay nghiên cứu tổng quan cả vùng biển Việt Nam.

1.2. Các công trình nghiên cứu tại Việt Nam về vận tốc âm và sự biến đổi vận tốc âm trong môi trường nước biển.

Vấn đề nghiên cứu biển tại Việt Nam đã được bắt đầu thực hiện từ rất lâu, theo bài viết về nghiên cứu biển [36], từ những năm 1920 đã có tàu nghiên cứu của Pháp bắt đầu nghiên cứu vùng biển Việt Nam. Tiếp theo đó, Việt Nam phối hợp với các nước như Việt Nam - Trung Quốc (1959 - 1962), Việt Nam - Liên Xô (1960 - 1961) rút ra nhiều kết luận có giá trị về trữ lượng cá biển khơi và những vấn đề về địa chất - địa vật lý thềm lục địa, v.v. Giai đoạn này các vấn đề nghiên cứu nhằm mục đích phát triển ngư nghiệp, chủ yếu nghiên cứu về trữ lượng cá và một phần về vật lý biển, địa chất biển.

Đến những năm đầu của thập kỷ 90, Việt Nam bắt đầu nghiên cứu và triển khai công nghệ khảo sát đo đạc địa hình đáy biển. Từ năm 1988 đến năm 1995 Bộ Tư lệnh Hải quân đã thành lập bản đồ độ sâu với các tỷ lệ nhỏ như là tỷ lệ 1:1.000.000, 1:500.000, 1:200.000, 1:100.000 các khu vực ven biển.

Từ năm 1999 đến nay, Bộ Tài nguyên Môi trường đã triển khai đo bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 và 1:10.000 phục vụ quản lý nhà nước. Để đảm bảo cho công tác đo đạc, Cục Đo đạc, Bản đồ Việt Nam nay là Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam đã đưa ra các quy định, quy phạm phục vụ cho công tác đo đạc khảo sát bản đồ địa hình đáy biển.

Ngoài các văn bản của quản lý nhà nước, đã có các tài liệu khác cũng đã nghiên cứu về vật lý biển như:

Cuốn tài liệu Vật lý biển của tác giả NGUT. GS. TS. Đinh Văn Ưu - PGS. TS. Nguyễn Minh Huân [3] đã đưa ra các khái niệm cơ bản của nhiệt động học trong môi trường nước biển, các phương trình cơ bản thủy nhiệt động học, các vấn đề về âm học trong môi trường nước biển. Đây là tài liệu nghiên cứu phục vụ giảng dạy đưa ra các công thức và vấn đề của vật lý biển. Chưa đề cập tới sự biến đổi của vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ

Cuốn tài liệu Cơ sở âm học đại dương được PGS. TS. Phạm Văn Huân biên dịch được xuất bản tại NXB Đại học Quốc gia Hà Nội năm 2003 [4]. Trong tài liệu này vấn đề sóng âm, trường âm trong môi trường nước biển được đề cập chi tiết. Các lý thuyết và công thức được công bố chi tiết giải thích đầy đủ để người đọc có thể tham khảo và áp dụng. Đây là tài liệu giáo khoa về trường âm trong môi trường nước biển và các yếu tố ảnh hưởng của môi trường nước biển tới sóng âm lan truyền. Là tài liệu tham khảo trong luận án, tài liệu đã nêu các công thức cơ bản và nghiên cứu sinh đã sử dụng đưa vào trong luận án.

Năm 2006, tại Trung tâm Trắc địa và Bản đồ Biển SEAMAP (Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam) đã có đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ: “Ứng dụng máy đo vận tốc âm trong công tác đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển” của tác giả Dương Quốc Lương [5]. Đề tài đã đánh giá được vai trò quan trọng của vận tốc âm trong công tác khảo sát địa hình đáy biển và đã đề xuất sử dụng thiết bị xác định vận tốc âm áp dụng trong quy trình kỹ thuật đo địa hình đáy biển các tỷ lệ. Các số liệu vận tốc âm thực tế đang được sử dụng và thực hiện lấy mẫu được thực hiện bởi Trung tâm Trắc địa và Bản đồ biển.

Năm 2011, Viện khoa học và công nghệ Việt Nam đã xuất bản sách chuyên khảo về biển đảo Việt Nam với tiêu đề “Âm học biển và trường sóng âm tại khu vực Biển Đông Việt Nam” của tác giả Phạm Văn Thục [6]. Trong đó tác giả viết rất chi tiết về trường sóng âm, sóng âm trong môi trường nước biển tại khu vực Biển Đông. Đã đề cập tới một số thiết bị sử dụng công nghệ sóng âm thực hiện các công tác khảo sát phục vụ nghiên cứu. Tài liệu mang tính chất chuyên khảo và đưa ra phạm vi nghiên cứu tổng quát tại khu vực Biển Đông, có ý nghĩa nghiên cứu và tham khảo rất lớn trong đề tài của nghiên cứu sinh.

1.2.1. Nghiên cứu ứng dụng thiết bị thủy âm tại Việt Nam

Thiết bị thủy âm tại Việt Nam đã được rất nhiều cơ sở đào tạo, cơ sở sản xuất nghiên cứu ứng dụng. Trong đó, được sử dụng nhiều nhất là công nghệ đo sâu hồi âm đơn tia, thường được dùng trong công tác khảo sát luồng lạch cửa sông, cửa biển.

Về luận văn nghiên cứu thiết bị thủy âm tại trường Đại học Mỏ - Địa chất có các đề tài nghiên cứu về thiết bị thủy âm như:

Luận văn “*Nghiên cứu ảnh hưởng của việc xác định vận tốc âm đến kết quả đo sâu trong quy trình đo vẽ thành lập bản đồ địa hình đáy biển ở Việt Nam*”, Luận văn Thạc sỹ Kỹ thuật, Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội bảo vệ năm 2011 do ThS Vũ Hồng Tập thực hiện [12]. Luận văn tập trung vào nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc âm tới kết quả đo sâu hồi âm đơn tia trong việc thành lập bản đồ địa hình đáy biển nhưng chưa nghiên cứu cho các thiết bị khác chưa nêu được các căn cứ đề xuất quy trình lấy mẫu vận tốc âm.

Luận văn “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ dò thủy âm quét sườn trong công tác thành lập bản đồ địa hình đáy biển ở Việt Nam*” do ThS Phạm Vũ Vinh Quang thực hiện năm 2013 [7]. Trong đó tác giả đã tập trung nghiên cứu ứng dụng thiết bị dò thủy âm quét sườn bổ sung cho công tác đo vẽ địa hình đáy biển tại Việt Nam. Bên cạnh đó cũng đề cập tới tham số vận tốc âm trong công tác khai thác thiết bị dò thủy âm quét sườn, không đi vào chi tiết nghiên cứu vận tốc âm.

Trung tâm Trắc địa và Bản đồ Biển đã có các nghiên cứu ứng dụng các thiết bị thủy âm như thiết bị đo sâu đơn tia, đa tia, thủy âm quét sườn, thiết bị đo từ, nổ địa chấn. Với đề tài nghiên cứu cấp cơ sở “*Nghiên cứu phương pháp xác định và hiệu chỉnh độ nghiêng của đầu biển âm máy đo sâu hồi âm đơn tia trong đo đạc độ sâu đáy biển*” năm 2013 do Th.S Tăng Quốc Cường chủ trì đã được nghiệm thụ [1]. Được ứng dụng cho lắp đặt thiết bị thủy âm, không liên quan nhiều tới luận án.

1.2.2. Các nghiên cứu về vận tốc âm tại Việt Nam được công bố trên các tạp chí chuyên ngành

Ngoài các công trình nghiên cứu dưới dạng đề tài hay sách tham khảo thì kết quả nghiên cứu vận tốc âm cũng được đăng tải trên các tạp chí chuyên ngành hay các báo cáo khoa học chuyên ngành như tuyển tập báo cáo Hội nghị Quốc gia về Biển Đông năm 2007 [13]. Trong tài liệu [13] tác giả đã đánh giá cấu trúc và đặc điểm phân bố của vận tốc âm tại khu vực Biển Đông Việt Nam và đã phân tích vận tốc âm theo các mùa, các thời điểm khí hậu đặc trưng, độ sâu đặc trưng cho khu vực Biển Đông nhưng chưa chi tiết cho khu vực Vịnh Bắc Bộ.

1.2.3. Các nghiên cứu về biến đổi vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ

Nghiên cứu riêng về vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ hiện nay chưa có nghiên cứu chi tiết, cụ thể. Về các yếu tố địa vật lý biển như nhiệt độ và độ mặn độ sâu được nghiên cứu phục vụ các mục đích khác cũng đã có nghiên cứu như tác giả Mai Thanh Tân với sách chuyên khảo Biển Đông tập I: Khái quát về Biển Đông được Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam xuất bản. Nghiên cứu sự biến đổi về vận tốc âm phục vụ công tác khảo sát thủy âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ vẫn chưa được nghiên cứu cụ thể.

CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU QUY LUẬT BIẾN ĐỔI VẬN TỐC ÂM, PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VẬN TỐC ÂM TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC BIỂN

2.1. Khái quát về thủy âm học

Sóng âm trong môi trường nước là hiện tượng vật lý khá phức tạp, đặc biệt là môi trường nước biển. Do môi trường nước biển không đồng nhất và có sự biến đổi rất lớn ở các vị trí khác nhau, độ sâu khác nhau, thời điểm khác nhau nên việc xác định vận tốc âm chính xác sử dụng cho thiết bị thủy âm khá khó khăn. Với mỗi tần số âm khác nhau mang một dạng năng lượng khác nhau và truyền tới một độ sâu khác nhau. Tùy thuộc khu vực, mục đích cần nghiên cứu, khảo sát người ta sẽ sử dụng các tần số âm khác nhau cho phù hợp yêu cầu. Dưới đây là một số đặc tính cơ bản của sóng âm trong môi trường nước biển.

2.1.1. Nguồn âm, năng lượng âm và đơn vị đo

2.1.2. Tần số âm và độ rộng băng tần

2.1.3. Lan truyền sóng âm và các hiệu ứng vật lý của sóng âm

2.1.4. Hấp thụ, tán xạ và sự suy yếu sóng âm

2.2. Vận tốc sóng âm và các yếu tố ảnh hưởng tới vận tốc sóng âm trong môi trường nước biển

2.2.1. Vận tốc sóng âm trong môi trường nước biển

Vận tốc lan truyền sóng âm là một đặc trưng quan trọng của môi trường biển là hàm số của nhiệt độ (T), độ muối (S) và áp suất thủy tĩnh (P). Biểu diễn mối quan hệ của vận tốc với các đại lượng này bằng lý thuyết khá phức tạp. Cho đến nay tồn tại một số công thức thực nghiệm thể hiện mối liên hệ này. Tùy theo các vùng biển có các công thức xác định vận tốc âm như công thức Willson, VA Del Grosso, Chen và Millero, Mackenzie, Medwin A.B. Coppens. Các công thức này biểu diễn tổng của nhiều đại lượng, mỗi đại lượng phụ thuộc riêng rẽ với T, S, P, vận tốc âm đồng thời phụ thuộc vào cả 3 yếu tố. Các công thức thực nghiệm được miêu tả chi tiết tại các mục dưới.

2.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới vận tốc sóng âm trong môi trường nước biển

2.2.3. Các công thức thực nghiệm xác định vận tốc sóng âm trong môi trường nước biển

Năm 1960, Wayne D Wilson đã công bố bài báo “Vận tốc âm trong môi trường nước biển là một hàm của nhiệt độ, áp suất và độ mặn” (Speed of sound in Sea Water as a Function of Temperature, Pressure, and Salinity) và đã đưa ra được công thức thực nghiệm tính vận tốc âm

Năm 1975, Medwin đã đưa ra công thức tính gần đúng giá trị vận tốc âm trong tài liệu [23] và công thức này áp dụng cho độ sâu đến 1000m.

Năm 1977, Chen và Millero đã đưa ra công thức tính giá trị vận tốc âm trong tài liệu [29] thường được gọi là thuật toán UNESCO.

Năm 1981, Mackenzie đã đưa ra công thức tính vận tốc âm trong tài liệu [27].

Cũng trong năm 1981, A.B.Coppens đưa ra một cách tính giá trị vận tốc âm khác.

2.3. Các phương pháp xác định vận tốc âm trong môi trường nước biển

2.3.1. Sử dụng các trị đo trung gian và áp dụng công thức thực nghiệm xác định vận tốc âm, sai số xác định vận tốc âm trong môi trường nước biển

2.3.2. Máy đo vận tốc âm SVM (Sound Velocity Meter)

2.3.3 Xác định vận tốc âm bằng bar check

2.4. Quy luật biến đổi vận tốc âm trong môi trường nước biển

Vận tốc âm được trong tài liệu [19] đã được công nhận và áp dụng trong các trường hợp kiểm nghiệm vận tốc âm với công thức như sau:

$$v = 1449.2 + 4.6T - 0.055T^2 + 0.00029T^3 + (1.34 - 0.010T)(S - 35) + 0.016D \quad (2.1)$$

Công thức này áp dụng với $0 \leq T \leq 35^\circ\text{C}$; $0 \leq S \leq 45$ ppt; $0 \leq D \leq 1000$ m.

Các giá trị T, S, D phải được xác định một cách chính xác.

Từ công thức 2.27, vận tốc âm ảnh hưởng bởi các giá trị là nhiệt độ, độ mặn và độ sâu.

2.4.1. Sự biến đổi của vận tốc âm theo độ mặn

2.4.2 Sự biến đổi của vận tốc âm theo nhiệt độ

2.4.3. Sự biến đổi của vận tốc âm theo độ sâu

CHƯƠNG 3. ẢNH HƯỞNG CỦA VẬN TỐC ÂM ĐẾN ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA CÁC THIẾT BỊ ĐO THỦY ÂM, QUY LUẬT BIẾN ĐỔI VẬN TỐC ÂM TẠI VỊNH BẮC BỘ

3.1. Ảnh hưởng của vận tốc âm tới các thiết bị thủy âm

3.1.1. Đo sâu đơn tia

3.1.2. Đo sâu đa tia và thủy âm quét sườn (side scan sonar)

3.1.3. Định vị thủy âm

3.2. Quy trình lấy mẫu vận tốc âm trong khảo sát bằng thiết bị thủy âm

Để xác định được sai số ảnh hưởng bởi vận tốc âm chúng ta xét các quy trình khảo sát sử dụng các thiết bị thủy âm như sau:

3.2.1. Quy trình đo sâu đơn tia

3.2.2. Quy trình đo sâu đa tia

3.2.3. Quy trình đo thủy âm quét sườn (Side Scan Sonar - SSS)

3.2.4. Quy trình định vị thủy âm

3.3. Các yêu cầu về độ chính xác khảo sát thủy âm

Trong các công tác đo đạc, khảo sát độ sâu đáy biển tại các vùng nước nông ven bờ phục vụ đảm bảo an toàn hàng hải, xây dựng công trình biển và nạo vét luồng lạch, cảng biển trên thế giới cũng đã có các tiêu chuẩn kỹ thuật đòi hỏi độ chính xác rất cao được đưa ra. Sau đây là một số điểm chính của các tiêu chuẩn quốc tế.

3.3.1. Tiêu chuẩn về độ chính xác của Tổ chức Thủy đạc Quốc tế (IHO) cho công tác khảo sát đáy biển

3.3.2. Tiêu chuẩn về độ chính xác đo sâu của một số cơ quan thủy đạc quốc gia (Canada, New Zealand, Australia)

3.3.3. Các quy định kỹ thuật liên quan tới sử dụng máy đo sâu hồi âm tại Việt Nam

3.4 Quy luật biến đổi vận tốc âm trong khu vực Vịnh Bắc Bộ

Để phân tích được quy luật biến đổi của vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ, chia các trường hợp như sau để đánh giá về sự thay đổi của giá trị vận tốc âm.

3.4.1. Khái quát chung về đặc điểm địa lý, tự nhiên biển khu vực Vịnh Bắc Bộ

3.4.2 Số liệu vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ

3.4.3. Quy luật biến đổi vận tốc âm theo vị trí

3.4.4. Quy luật biến đổi vận tốc âm theo phương cột nước (Water colum) và theo thời gian

CHƯƠNG 4. XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU VẬN TỐC ÂM VÀ HOÀN THIỆN QUY TRÌNH LẤY MẪU VẬN TỐC ÂM KHU VỰC VỊNH BẮC BỘ CHO CÁC THIẾT BỊ THỦY ÂM VÀ THỰC NGHIỆM CSDL

4.1. Cơ sở dữ liệu vận tốc âm, đánh giá chất lượng số liệu

Dữ liệu thực nghiệm vận tốc âm trong luận án được thu thập bởi Trung tâm Trắc địa và Bản đồ Biển từ nhiều năm thi công ngoại nghiệp cùng với các cơ sở dữ liệu chuyên ngành.

Bộ dữ liệu quan trắc được sử dụng lấy trong 12 tháng, quan trắc với chu kỳ 1 tháng 1 lần. Bao gồm các giá trị về vận tốc âm và nhiệt độ, độ mặn, độ sâu. Vị trí các điểm quan trắc được miêu tả như hình 4.1. Nền bản đồ được cung cấp bởi bản đồ Google [39]. Các dữ liệu độ mặn, nhiệt độ, độ sâu được sử dụng tại các nguồn cơ sở dữ liệu cung cấp trên trang [8] là trang cung cấp thông tin về dữ liệu biển trên thế giới World Ocean Database (WOD) và cơ sở dữ liệu về hải dương học vùng Viễn Đông Nga.

Phương pháp đánh giá độ chính xác xác định vận tốc âm dựa trên cơ sở dữ liệu quốc tế là lấy số liệu quan trắc sử dụng bởi Trung tâm Trắc địa và Bản đồ Biển kết hợp cùng với số liệu của Quân chủng Hải Quân Việt Nam so sánh cùng dữ liệu WOD tại trạm quan trắc trùng nhau trong thời gian 12 tháng.

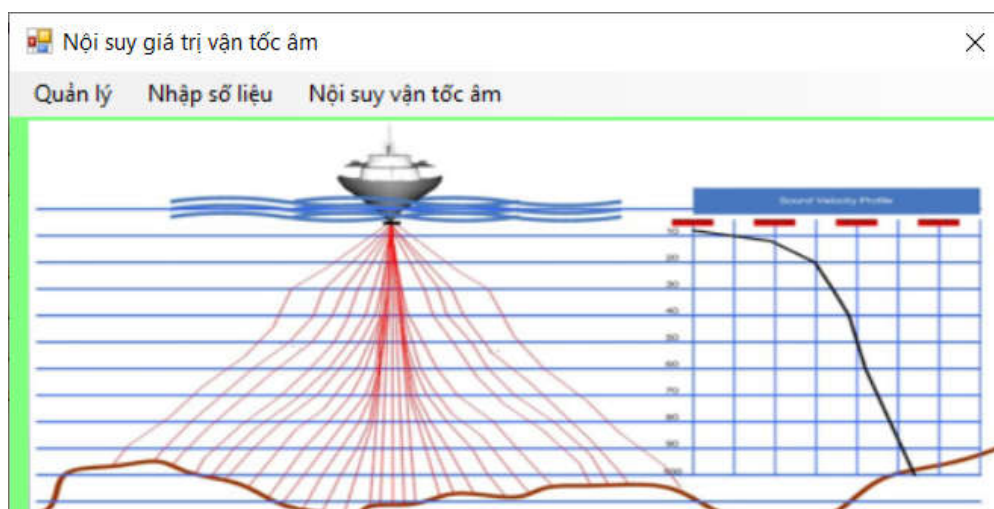
4.2. Xây dựng cơ sở dữ liệu vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ

Tại chương 2, luận án đã phân tích các công thức thực nghiệm để xác định vận tốc âm dựa trên các yếu tố nhiệt độ, độ mặn, độ sâu. Công thức thực nghiệm để xây dựng cơ sở dữ liệu vận tốc âm cũng đã được công bố lựa chọn cho khu vực Việt Nam được quy định trong tài liệu [19].

4.2.1. Xây dựng cơ sở dữ liệu vận tốc âm

Dữ liệu được tính toán dựa trên cơ sở dữ liệu được công bố theo cơ sở dữ liệu về hải dương học (WOD) và GDEMV 3.0 của NOAA, cơ sở dữ liệu hải dương học vùng Viễn Đông của Nga.

Luận án đã xây dựng chương trình khai thác Cơ sở dữ liệu vận tốc âm, chương trình được lập trình theo ngôn ngữ Visual Basic, giao diện tiếng Việt để sử dụng và khai thác. Giao diện chương trình khai thác dữ liệu vận tốc âm như hình.



Hình 1. Chương trình khai thác dữ liệu vận tốc âm

Các khuôn dạng dữ liệu của chương trình được quy định như sau:

STT Tab B Tab L Tab D Tab V

Trong đó STT là số thứ tự các điểm cần xác định vận tốc âm;

B, L là vị trí cần khai thác dữ liệu vận tốc âm;

D, V là giá trị vận tốc âm theo độ sâu tại vị trí cần khai thác dữ liệu vận tốc âm.

Cơ sở dữ liệu vận tốc âm được xây dựng trên nguyên tắc như sau:

Bước 1: Xác định các thành phần dữ liệu

Bước 2: Xác định các bảng và các cột cho cơ sở dữ liệu

Bước 3: Xác định khóa chính, khóa ngoại và mối quan hệ giữa các thực thể

Bước 4: Chuẩn hóa cơ sở dữ liệu

Bước này giúp xem lại cơ sở dữ liệu vừa thiết kế có đáp ứng được quy định của cơ sở dữ liệu quan hệ hay không. Sẽ chuẩn hóa giữa các nguồn dữ liệu về một dạng cơ sở dữ liệu vận tốc âm theo khuôn dạng đã thống nhất ở trên. Chất lượng dữ liệu sẽ được so sánh và đánh giá theo số liệu thực tế và số liệu có nhiều giá trị trong nhiều thời điểm khác nhau.

Sau khi xây dựng cơ sở dữ liệu chúng ta lựa chọn phương thức xây dựng các điểm mắt lưới trong cơ sở dữ liệu với mỗi mắt lưới có kích thước $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ và được lựa chọn theo công thức như sau:

Tiến hành so sánh tọa độ của điểm cần nội suy vận tốc âm với các điểm đã có để lựa chọn ra được 4 điểm

Sau khi đã chọn được 4 điểm mắt lưới, tiến hành nội suy vận tốc âm theo phương pháp nội suy tuyến tính theo hàm như sau:

$$\mathbf{VTA}^i = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1\mathbf{B}_i + \mathbf{a}_2\mathbf{L}_i \quad (4.1)$$

Với 4 điểm đã có, lập được hệ phương trình số hiệu chỉnh ở dạng ma trận như sau:

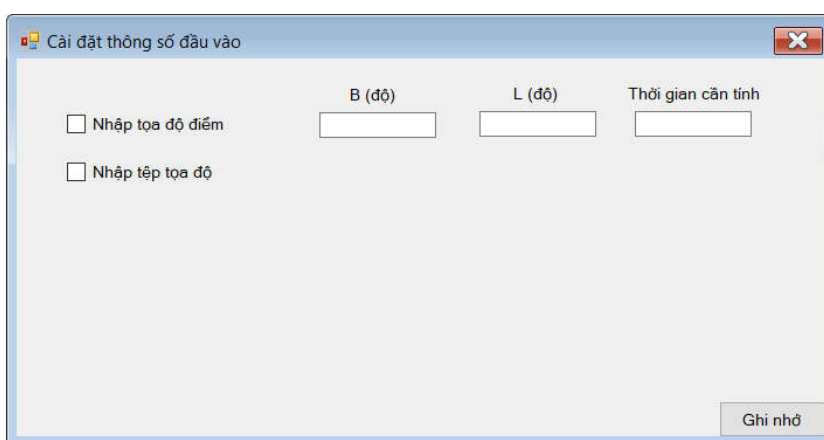
$$\mathbf{V} = \mathbf{AX} + \mathbf{L} \quad (4.2)$$

Với

$$V = \begin{bmatrix} v^1 \\ v^2 \\ v^3 \\ v^4 \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} 1 & B_1 & L_1 \\ 1 & B_2 & L_2 \\ 1 & B_3 & L_3 \\ 1 & B_4 & L_4 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} VTA_1 \\ VTA_2 \\ VTA_3 \\ VTA_4 \end{bmatrix}$$

Trọng số p_i của các điểm đã có vận tốc âm tham gia xác định tham số có thể lựa chọn bằng 1 hoặc tính theo nghịch đảo của khoảng cách từ điểm mắt lưới tới điểm cần xác định vận tốc âm.

Trích xuất giá trị vận tốc âm trên cơ sở dữ liệu sử dụng chương trình khai thác ở trên, các giá trị vận tốc âm được trích xuất theo cho điểm đơn hoặc theo tệp số liệu nhiều điểm như hình dưới:



Hình 2 Giao diện cài đặt thông số trích xuất giá trị vận tốc âm

- Trong trường hợp cần trích xuất nhiều giá trị vận tốc âm cùng một lúc người sử dụng đánh dấu vào mục nhập tệp tọa độ, chương trình sẽ tính toán dựa trên tệp tọa độ đã được nhập vào.

- Trong trường hợp chỉ cần trích xuất giá trị vận tốc âm tại một vị trí thì nhập ngay giá trị tọa độ cần trích xuất và thời gian cần trích xuất, chương trình tính toán dựa trên tọa độ và thời gian cần trích xuất vận tốc âm.

4.2.2. So sánh vận tốc âm trên cơ sở dữ liệu và vận tốc âm thực tế

Để đánh giá độ chính xác của CSLD vận tốc âm, Luận án đã sử dụng số liệu vận tốc âm thực tế thi công trong các năm của Trung tâm Trắc địa và Bản đồ Biển có điều kiện đo trùng lặp tại một số vị trí và có các giá trị vận tốc âm thực tế và trích xuất trên cơ sở dữ liệu. Dữ liệu đối chiếu giá trị vận tốc âm thực tế và cơ sở dữ liệu như bảng dưới.

Bảng 4.1 Chênh lệch giữa vận tốc âm thực và vận tốc âm trên cơ sở dữ liệu.

STT	Vĩ độ (°)	Kinh độ (°)	Thời gian quan trắc	Vận tốc âm trung bình cơ sở dữ liệu (m/s)	Vận tốc âm trung bình đo được (m/s)	Độ chênh cơ sở dữ liệu và đo được (m/s)
1	20.75	107.5	Tháng 7	1540.2	1542.4	-2.2
2	21	108	Tháng 4	1523.5	1522.2	1.3

3	21	108	Tháng 5	1528	1527.1	0.9
18	18	107	Tháng 3	1524.3	1527.3	-3

Bảng 4.2 Chênh lệch giữa độ sâu sử dụng vận tốc âm thực tế và cơ sở dữ liệu

STT	Vĩ độ (°)	Kinh độ (°)	Thời gian quan trắc	Vận tốc âm trung bình CSDL (m/s)	Độ sâu theo vận tốc âm CSDL (m)	Vận tốc âm trung bình đo thực tế (m/s)	Độ sâu theo vận tốc âm đo (m)	Độ chênh lệch CSDL và đo thực tế (m/s)	Độ chênh lệch độ sâu CSDL và đo thực tế (m)
1	20.75	107.5	Tháng 7	1540.2	13.61	1542.4	13.63	-2.2	-0.02
2	21	108	Tháng 4	1523.5	22.93	1522.2	22.91	1.3	0.02
3	21	108	Tháng 5	1528	27.24	1527.1	27.23	0.9	0.02
18	18	107	Tháng 3	1524.3	17.37	1527.3	17.40	-3	-0.03

So sánh và đánh giá độ tin cậy của số liệu vận tốc âm trên CSLD và số liệu vận tốc âm thực tế đối với tỷ lệ bản đồ 1:10.000.

STT	X DS (m)	Y DS (m)	H DS (m) (CSDL) (1529.2)	H DS (m) (thực tế) (1531.8)	Độ chênh lệch CSDL và thực tế đo sâu (m)	X KT (m)	Y KT (m)	H KT (m) (CSDL) (1529.2)	H KT (m) (thực tế) (1531.8)	Độ chênh lệch CSDL và thực tế KT (m)	DH
1	2351573	505028	-17.84	-17.88	-0.03	2351573	505028	-17.69	-17.72	0.03	-0.16
2	2351573	505043	-17.85	-17.88	-0.03	2351573	505043	-17.71	-17.74	0.03	-0.14
3	2351573	505058	-17.81	-17.84	-0.03	2351573	505058	-17.69	-17.72	0.03	-0.13
.....
17391	2357963	510878	-17.53	-17.56	-0.03	2357963	510878	-17.32	-17.35	0.03	-0.21

Đánh giá độ chính xác của vận tốc âm được quy đổi theo cơ sở dữ liệu và theo

$$\text{thực tế dựa trên công thức } m_H = \sqrt{\frac{\sum \Delta_{\text{CSDL-TT}}^2}{n}}$$

Trong đó $\Delta_{\text{CSDL-TT}}$ là chênh lệch độ sâu đo được của vận tốc âm CSDL và vận tốc âm thực tế đo được.

n là số điểm đo được đánh giá.

Lúc này $m_H = 0.03$ m; trong khi đó độ chênh lệch giới hạn của sai số đo sâu là ± 0.3 m đối với độ

sâu nhỏ hơn 30m và 1% độ sâu đối với độ sâu lớn hơn 30m. Như vậy độ chênh lệch khi sử dụng vận tốc âm trên CSLD và vận tốc âm thực tế đảm bảo độ chính xác đối với tỷ lệ bản đồ địa hình 1/10.000. Phía dưới là đánh giá độ chính xác sử dụng vận tốc âm trên CSLD.

BÁO CÁO KẾT QUẢ KIỂM TRA ĐO SÂU

Tổng số điểm trong file Đo sâu:	213938
Tổng số điểm trong file Kiểm tra:	17442
Tổng số điểm được kiểm tra:	17391
Số điểm trùng ở vị trí có độ dốc địa hình vượt hạn:	0
Số điểm được tính:	17391

Kết quả so sánh điểm trùng với những điểm có độ sâu dưới 50 m

- Tổng số điểm được so sánh:	17391	
- Số điểm có độ lệch ΔH bằng 0.0m:	70	Đạt: 0.4 %
- Số điểm có độ lệch ΔH từ 0.00m đến 0.45m:	17284	Đạt: 99.38 %
- Số điểm có độ lệch ΔH từ 0.45m đến 0.51m:	27	Đạt: 0.16 %
- Số điểm có độ lệch ΔH từ 0.51m đến 0.60m:	6	Đạt: 0.03 %
- Số điểm có độ lệch ΔH lớn hơn 0.60m:	4	Đạt: 0.02 %

Từ kết quả đánh giá nêu trên cho thấy, vận tốc âm được nội suy trong cơ sở dữ liệu vận tốc âm trung bình có thể sử dụng được khi đo sâu phục vụ thành lập bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ trung bình 1:50.000, 1:10.000 và sử dụng thiết bị đo sâu bằng công nghệ đơn tia. Trong công nghệ đơn tia thì vận tốc âm theo mặt cắt cột nước hiệu chỉnh vào giá trị độ sâu lấy theo vận tốc âm cơ sở dữ liệu và vận tốc âm thực tế đảm bảo độ chính xác kết quả đo sâu. Trong thông tư quy định là độ sâu D từ 100m thì $m_D = 1\%$. D tức là với độ sâu 100m thì sai số độ sâu $m_D = 1m$ lớn hơn nhiều so với độ lệch do vận tốc âm gây nên khi sử dụng vận tốc âm trên cơ sở dữ liệu so với vận tốc âm thực tế như đã đánh giá ở trên.

4.3. Đánh giá kết quả và đề xuất quy trình lấy mẫu vận tốc âm

4.3.1. Quy trình lấy mẫu vận tốc âm theo văn bản pháp quy

a. Quy trình lấy mẫu vận tốc âm theo văn bản pháp quy của nhà nước

- Quy định 180/1998/QĐ-ĐC của Tổng cục Trưởng Tổng cục Địa chính ngày 31-03-1998 có quy định về việc đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:10.000. Trong quy định này chưa đề cập tới quy trình xác định vận tốc âm trong công tác đo vẽ. Tại thời điểm này quy trình xác định vận tốc âm được sử dụng theo kinh nghiệm thi công, được điều chỉnh cho các quy định sau này.

- Theo quy định trong các thông tư, quyết định của Bộ chuyên ngành như Quyết định số 03/2007/QĐ-BTNMT ngày 12 tháng 02 năm 2007 ban hành Quy định kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1: 50 000 [9],

- Theo thông tư 22 /2010/TT-BTNMT [18] về Quy định kỹ thuật khảo sát điều tra tổng hợp tài nguyên và môi trường biển bằng tàu biển

- Theo thông tư 24/2010/TT-BTNMT ngày 27 tháng 10 năm 2010 Quy định về đo đạc, thành lập bản đồ địa hình đáy biển bằng máy đo sâu hồi âm đa tia,

b. Quy định quy trình lấy mẫu vận tốc âm trong thiết kế kỹ thuật

Trong thiết kế kỹ thuật đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:50.000

c. Đánh giá ưu nhược điểm của các quy trình lấy mẫu vận tốc âm trong các văn bản pháp quy hiện nay

- Ưu điểm:

Các quy trình lấy mẫu vận tốc âm hiện nay được sử dụng chung cho các cơ quan nhà nước, các đơn vị thi công đã nêu rõ được sự cần thiết phải xác định vận tốc âm trong các dự án khảo sát sử dụng thiết bị thủy âm.

Phải sử dụng thiết bị xác định vận tốc âm đảm bảo yêu cầu độ chính xác theo quy định cho các trường hợp khảo sát thủy âm.

Vị trí lấy mẫu vận tốc âm được quy định rõ đối với từng điều kiện cụ thể.

- Nhược điểm:

Các quy trình lấy mẫu vận tốc âm hiện tại chỉ yêu cầu lấy mẫu vận tốc âm một lần tại mỗi vị trí xác định vận tốc âm trong dự án khảo sát, trong khi khảo sát thủy âm cần có thời gian dài và khoảng cách khảo sát giữa các khu vực là lớn. Như trong khảo sát tỷ lệ 1:50.000 khoảng cách giữa các điểm lấy mẫu vận tốc âm là hơn 25 km một điểm, còn đối với khảo sát tỷ lệ 1:10.000 là khoảng 7km một điểm.

Các quy trình hiện tại chưa căn cứ vào sự biến đổi vận tốc âm để quy định việc lấy mẫu vận tốc âm. Hiện tại chỉ quy định lấy mẫu vận tốc âm dựa trên độ sâu lớn nhất trong khu vực khảo sát hoặc tại các vị trí trung tâm của dự án cần khảo sát thủy âm

4.3.2. Đề xuất hoàn thiện quy trình lấy mẫu vận tốc âm

(1) Đối với các công trình khảo sát thủy âm yêu cầu độ chính xác đối với bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:10.000 hoặc tương đương căn cứ theo kết quả đánh giá tại mục 4.2 của luận án thì sử dụng vận tốc âm trích xuất trên CSDL. Phạm vi ứng dụng hiện tại có thể sử dụng trong các công trình khảo sát sử dụng thiết bị thủy âm khu vực Vịnh Bắc Bộ, đảm bảo hiệu quả kinh tế và độ chính xác yêu cầu. Các khu vực khác ngoài Vịnh Bắc Bộ cần thực hiện bổ sung CSDL vận tốc âm, sau khi đã có đủ CSDL vận tốc âm các khu vực, sử dụng giá trị vận tốc âm trích xuất trên CSDL để khảo sát các công trình có độ chính xác đối với bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:10.000.

(2) Đối với các công trình khảo sát với tỷ lệ bản đồ địa hình đáy biển lớn hơn 1:10.000, yêu cầu quy trình thực hiện lấy mẫu vận tốc âm trực tiếp tại thời điểm khảo sát.

Việc lấy mẫu vận tốc âm trực tiếp mất nhiều thời gian, kinh phí nhất là tại những khu vực khảo sát xa bờ và có độ sâu lớn. Công tác thả thiết bị lấy mẫu vận tốc âm và thu hồi thiết bị yêu cầu cẩn thận nếu thực hiện không được liền mạch có thể xảy ra trường hợp không thu đủ dữ liệu vận tốc âm theo các lớp nước. Tại các khu vực có độ sâu lớn thì việc lấy mẫu vận tốc âm trực tiếp rất khó khăn, lúc này công tác thả thiết bị lấy mẫu vận tốc âm rất khó để đảm bảo thả theo phương thẳng đứng do ảnh hưởng của dòng chảy và sóng biển. Giá trị vận tốc âm thu được có thể không đảm bảo độ tin cậy đối với tỷ lệ lớn và mất rất nhiều thời gian để xác định giá trị lấy mẫu vận tốc âm trực tiếp.

Tùy theo từng khu vực cần lấy mẫu vận tốc âm trực tiếp có thể lưu ý một số vấn đề dưới đây:

a. Lấy mẫu vận tốc âm phục vụ cho khảo sát trước khi thi công, khảo sát phục vụ lên phương án kỹ thuật để thi công, lúc này độ chính xác độ sâu không yêu cầu cao do đó chỉ cần lấy mẫu vận tốc âm một lần trong khu vực khảo sát.

b. Khu vực thi công hiện tại theo các văn bản pháp quy của nhà nước cần được bổ sung thêm các quy định lấy mẫu vận tốc âm theo thời gian, theo phạm vi của dự án khảo sát thủy âm. Và cần quy định lấy mẫu vận tốc âm khi có sự thay đổi đột biến về nhiệt độ, độ mặn, độ sâu và ghi chú vào sổ lấy mẫu vận tốc âm.

c. Các công trình yêu cầu độ chính xác cao cần phân tích sự biến đổi vận tốc âm khi khảo sát cần bổ sung thêm quy trình lấy mẫu vận tốc âm phải được thực hiện hàng ngày, theo chu kỳ đã quy định chi tiết trong các thiết kế kỹ thuật.

d. Các công trình sử dụng thiết bị đa chùm tia, do vận tốc âm biến đổi phức tạp theo các lớp nước nên quy trình lấy mẫu vận tốc âm trong công tác khảo sát đa chùm tia cần được lấy mẫu theo các quy định chi tiết trong thiết kế kỹ thuật sau khi đi khảo sát trước khi thi công như tại vị trí có sự biến đổi lớn về độ sâu, nhiệt độ, tại vùng ven bờ, vùng ngoài khơi.

KẾT LUẬN

Sau khi nghiên cứu về quy luật biến đổi vận tốc âm tại Vịnh Bắc Bộ, chúng tôi có một số kết luận như sau:

- Vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ biến đổi khá phức tạp và đa dạng, do Vịnh Bắc Bộ nằm trong khu vực có sự thay đổi đáng kể về điều kiện khí hậu và địa hình đáy biển. Đặc biệt là các dòng hải lưu làm thay đổi quy luật biến đổi nhiệt độ trong nước biển khác với nhiệt độ không khí trung bình hàng tháng. Trong mỗi năm, vào tháng 2 dương lịch (đã sang mùa xuân), nhiệt độ nước biển khu vực bắc Vịnh Bắc Bộ có giá trị thấp nhất trong năm và vào cuối tháng 7 hoặc đầu tháng 8 nhiệt độ nước biển là cao nhất. Giá trị vận tốc âm nhỏ nhất là vào tháng 2 ($V_{\min}=1513.6$ m/s) và vận tốc âm lớn nhất vào tháng 7 hoặc tháng 8 ($V_{\max}=1540.8$ m/s), như vậy sự biến đổi vận tốc âm trong năm tại khu vực bắc Vịnh Bắc Bộ lên tới giá trị 27.2 m/s.

- Độ chính xác kết quả đo sâu bằng máy đo sâu hồi âm đơn tia phụ thuộc vào sai số xác định vận tốc âm và độ sâu điểm đo. Vịnh Bắc Bộ là vùng biển có độ sâu nhỏ ($D < 100$ m) cho nên ảnh hưởng của sai số vận tốc âm sử dụng CSDL tới kết quả đo sâu là không lớn.

- Các yêu cầu lấy mẫu vận tốc âm trực tiếp theo các văn bản quy phạm pháp luật hiện hành vẫn chưa được đầy đủ, quy định trong các Thiết kế kỹ thuật dự toán về công tác lấy mẫu vận tốc âm đối với khảo sát bản đồ đáy biển tỷ lệ 1:10.000 và nhỏ hơn tại khu vực Vịnh Bắc Bộ để đảm bảo độ chính xác đo sâu có mật độ điểm dày so với yêu cầu độ chính xác, chưa tối ưu trong công tác kinh tế và kỹ thuật. Đối với tỷ lệ lớn hơn 1:10.000 các quy định lấy mẫu hiện tại chưa được quy định chi tiết.

- CSDL vận tốc âm khu vực Vịnh Bắc Bộ do chúng tôi thành lập dựa trên CSDL hải dương toàn cầu và dữ liệu hải dương Viễn Đông của Cộng hòa Liên bang Nga kết hợp với số liệu đo của Trung tâm Trắc địa và Bản đồ biển hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật trong đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1:10.000 và nhỏ hơn. Trong đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ lớn hơn 1:10.000 cần có Thiết kế kỹ thuật lấy mẫu trực tiếp vận tốc âm để đảm bảo độ chính xác kết quả đo sâu.

- Các nghiên cứu trên áp dụng cho đo vẽ bản đồ địa hình đáy biển sử dụng máy đo sâu hồi âm đơn tia, khi sử dụng máy đo sâu hồi âm đa tia cần có nghiên cứu chi tiết hơn về đặc trưng kỹ thuật của thiết bị để đưa ra quy trình lấy mẫu vận tốc âm trực tiếp phù hợp với yêu cầu kỹ thuật.

KIẾN NGHỊ

Sau khi hoàn thành các nội dung nghiên cứu của luận án, chúng tôi có một số kiến nghị như sau:

- Việc hiệu chỉnh và cập nhật cơ sở dữ liệu vận tốc âm khu vực Vịnh Bắc Bộ nên được bổ sung dữ liệu thường xuyên để nâng cao độ tin cậy của CSDL. Sử dụng CSDL trong công tác khảo sát tại khu vực Vịnh Bắc Bộ từ tỷ lệ 1:10.000 trở xuống chủ động hơn so với việc sử dụng thiết bị xác định vận tốc âm.

- Cập nhật CSDL vận tốc âm sau khi thu thập được nhiều dữ liệu đo vận tốc âm trực tiếp tại khu vực Vịnh Bắc Bộ, số liệu tính toán và kiểm tra xử lý thống kê theo phương pháp Collocation hoặc Kriging để hoàn thiện CSDL vận tốc âm.

- Đối với tỷ lệ bản đồ lớn hơn 1:10.000 không áp dụng được vận tốc âm trích xuất trên CSDL khu vực Vịnh Bắc Bộ, CSDL vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ mang tính chất tham khảo cần phải có điều kiện khảo sát chi tiết cho các tỷ lệ lớn hơn trong các điều kiện phù hợp.

- Theo nguyên tắc, phương pháp luận đã nêu trong luận án, có thể tiến hành nghiên cứu tương tự cho các vùng biển khác để xây dựng CSDL hoàn thiện quy trình lấy mẫu vận tốc âm các vùng biển Việt Nam.

CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Nguyễn Gia Trọng, Nguyễn Văn Cương (2013), “*Một số phương pháp nội suy trị đo GNSS và ứng dụng*”, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ (17), 35 - 41.
2. Nguyễn Văn Cương, Lê Thị Thanh Tâm (2014), “*Ảnh hưởng của việc xác định vận tốc âm đến số liệu đo sâu khi sử dụng mặt cắt vận tốc âm tại vị trí đo và sử dụng mặt cắt vận tốc âm trung bình khu vực*” - Hội nghị khoa học trường lần thứ 21 Trường Đại học Mở - Địa chất.
3. Nguyễn Văn Cương (2016), “*Nghiên cứu tích hợp công nghệ GNSS, thủy âm và giải pháp nâng cao độ chính xác phục vụ điều tra cơ bản tài nguyên và môi trường biển*”, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
4. Đặng Nam Chinh, Nguyễn Gia Trọng, Nguyễn Văn Cương (2017), “*Tính toán để quy chuyển véc tơ cạnh từ các tâm pha anten máy thu về các tâm mốc trắc địa*”, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mở - Địa chất (số 58 - kỳ 2), 115 - 120.
5. Nguyen Gia Trong, Pham Ngoc Quang, Nguyen Van Cuong, Nhu Van Thanh (2017), “*Processing GNSS baseline using triple difference*”, Geo-Spatial technologies and Earth resources (GTER-2017), page 295 - 300. (ISBN: 978-604-913-618-4).
6. Nguyễn Văn Cương, Nguyễn Gia Trọng, “*Ảnh hưởng của nhiệt độ, độ mặn tới sự thay đổi vận tốc âm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ*”, năm 2018 ,Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ số 35.
7. Nguyễn Văn Cương (2018), “*Nghiên cứu, đề xuất quy trình đánh giá độ chính xác kết quả đo sâu và xây dựng modul thực hiện quy trình đánh giá*”, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam, Hà Nội.