

MÔ PHÒNG GIÁ ĐỊNH THÔNG TIN THỦY ÂM BẰNG MÔ HÌNH TIA ÂM VÀ ÁP DỤNG CHO SƠ ĐỒ TÁC CHIẾN NGẦM

Nguyễn Văn Thao^{1*}, Dư Văn Toán², Nguyễn Ngọc Tiến³

¹Phòng Bảo đảm hàng hải-Bộ Tham mưu Hải quân

²Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam

³Viện địa chất và Địa vật lý biển-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

*E-mail: nguyenvanthaohaiquan@gmail.com

Ngày nhận bài: 19-10-2014

TÓM TẮT: Các nghiên cứu cơ bản tại Việt Nam về thủy âm còn rất hạn chế đặc biệt là lĩnh vực mô phỏng lan truyền âm, trong khi đó trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu và ứng dụng rất khả quan trong các hoạt động ngầm và nghề cá hải dương. Vì thế, hiện nay để có cái nhìn dung quan trọng về âm thanh lan truyền trong nước biển như thế nào còn thiếu thông tin. Đối với Việt Nam nhu cầu đảm bảo an ninh an toàn cho các thiết bị, tàu ngầm, nghề cá và cách bố trí các phương tiện có dùng thủy âm thế nào theo đội hình để có thể phát và nhận thông tin thủy âm tốt nhất, lại tránh được sự phát hiện của đối phương. Đã xác định được kênh âm ngầm ngoài khơi miền Trung ở độ sâu khoảng 1.260 m và tốc độ âm là 1.490 cm/s. Bài báo này trình bày phương pháp nghiên cứu và mô phỏng mô hình tia âm, cùng các kết quả mô phỏng giúp đảm bảo sự tin cậy truyền âm qua kênh âm ngầm dưới biển.

Từ khóa: Mô hình hóa, âm học biển, kênh âm, nghề cá, biển Việt Nam.

MỞ ĐẦU

Mô phỏng lan truyền âm trong nước biển là công việc có ý nghĩa lớn để ứng dụng trong các hoạt động ngầm trong lòng biển của nhiều lĩnh vực quân sự và dân sự như thông tin liên lạc đa chiều của các phương tiện tác chiến ngầm với nhau và với phương tiện tàu mặt nước, săn ngầm, quét mìn và phá thủy lôi, phát hiện vụ nổ hạt nhân từ xa, ghi nhận sóng âm cảnh báo sự phun trào của núi lửa và động đất, dò cá, đo sâu và quét địa chấn ... Các kết quả nghiên cứu trong nước tuy đã thu thập được nhiều thông tin quan trọng về một số tính chất đặc trưng âm trong vùng biển Việt Nam nhưng về kết quả mô phỏng lan truyền bằng mô hình chưa có gì đáng kể [1-5]. Từ kết quả sơ đồ mô phỏng, chúng ta sẽ biết được hình dạng sóng âm lan truyền trong nước biển như thế nào để làm cơ sở cho việc đặt các thiết bị thủy âm dưới nước biển được bảo đảm nhất cho quá trình phát cũng như

thu nhận âm. Trong tác chiến hải quân, việc hiệp đồng tác chiến của các phương tiện ngầm khi lặn trong nước với tàu ngầm, tàu mặt nước, máy bay săn ngầm ... chủ yếu thông qua phương tiện thủy âm. Do cấu trúc của trường vận tốc âm trong môi trường nước biển có nhiều dạng khác nhau tạo nên nhiều dạng lan truyền của các tia âm khác nhau. Nếu không tính toán mô phỏng trước, sẽ không biết được nên bố trí các lực lượng phương tiện thế nào để có thể liên lạc được với nhau mà tránh được sự phát hiện của đối phương. Việc mô phỏng sự lan truyền thủy âm trong mô phỏng tác chiến cho các lực lượng hải quân là việc có ý nghĩa rất quan trọng, ảnh hưởng lớn đến kết quả thành bại của cuộc chiến. Từ sơ đồ tác chiến bố trí các lực lượng và phương tiện sử dụng thủy âm trong thể trận tấn công hay phòng thủ.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ MÔ PHỎNG MÔ HÌNH TIA ÂM

Hiện nay có 5 phương pháp tính toán để mô phỏng lan truyền âm trong nước biển. Trong bài báo này, chúng tôi đã giải số hệ phương trình Eikonal mô tả sự lan truyền của tia âm trong nước biển có dạng như sau:

$$\frac{dr}{ds} = c\xi(s), \quad \frac{d\xi}{ds} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial c}{\partial r}$$

$$\frac{dz}{ds} = c\zeta(s), \quad \frac{d\zeta}{ds} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial c}{\partial z}$$

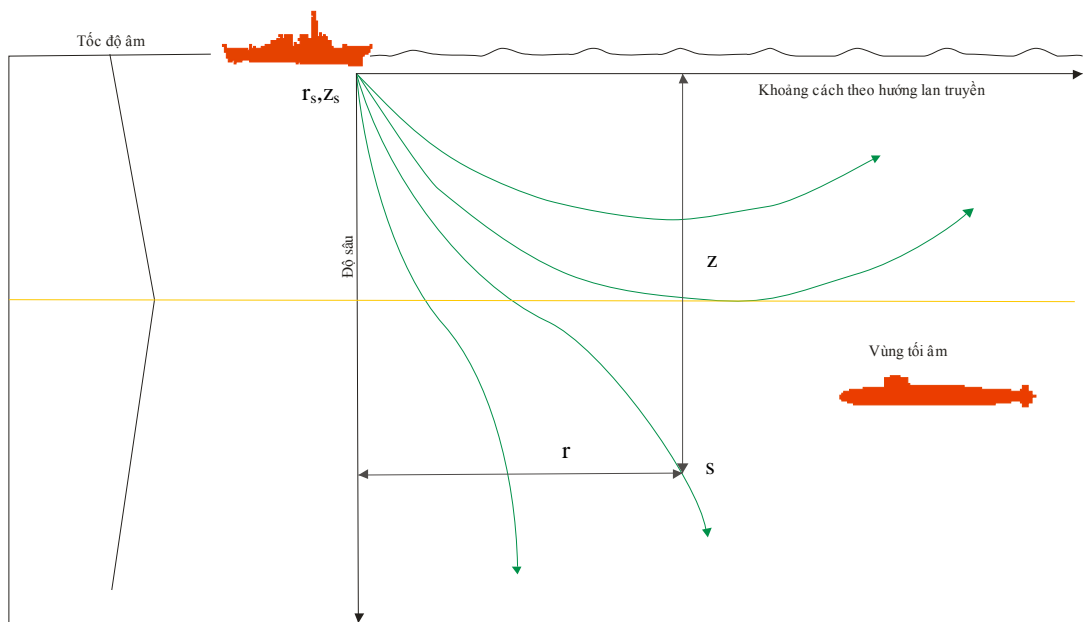
Ở đây $r(s)$ và $z(s)$ là tọa độ của điểm trên đường lan truyền âm theo hệ trục tọa độ trụ (hình 1), s là đường dòng của tia âm. $\xi(s)$ và

$\zeta(s)$ là các biến phụ tang của các góc hợp bởi tia âm và các trục tọa độ. Điều kiện ban đầu cho các biến:

$$r(0) = r_s, \quad z(0) = z_s, \quad \xi(0) = \frac{\cos\theta_s}{c_s},$$

$$\zeta(0) = \frac{\sin\theta_s}{c_s}$$

Với r_s và z_s là vị trí của nguồn phát âm trong nước, θ_s là góc hợp bởi phương tia âm và phương ngang tại vị trí nguồn phát, c_s là vận tốc lan truyền âm tại vị trí nguồn phát âm.



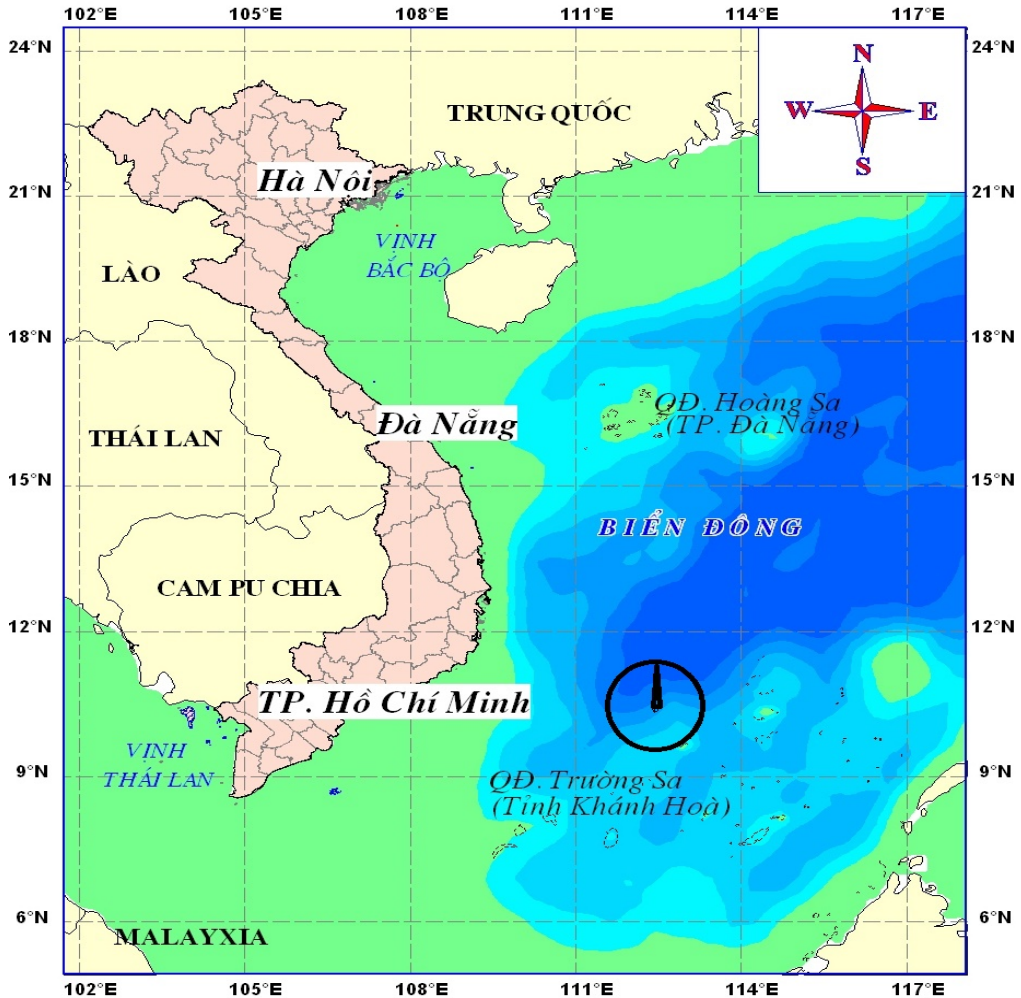
Hình 1. Minh họa các thông số lan truyền của các tia âm ngầm trong nước biển

Đây là hệ phương trình vi phân bậc 1 gồm 4 ẩn số, có thể sử dụng giải số bằng các phương pháp Euler, Range-Kutta ... Phần kết quả mô phỏng trong bài viết này, nhóm tác giả đã khai thác chương trình mã nguồn mở viết bằng ngôn ngữ lập trình Fortran. Chương trình tính toán này có thể mô phỏng lan truyền âm trong vùng nước nông với địa hình đáy biển đổi. Trong bài báo này sẽ sử dụng chương trình để tính toán và mô phỏng hai vấn đề quan trọng rất có ý nghĩa với hoạt động ngầm dưới nước gồm: Mô phỏng giả định hình dạng lan truyền các tia âm với các dạng mặt cắt vận tốc âm cơ bản; Sơ đồ

bố trí đội hình tác chiến giả định theo phương mặt cắt lan truyền âm. Các tình huống giả định đơn giản là tác chiến trong khu vực ngoài khơi biển sâu (như trong hình 2) có không gian xung quanh rộng từ 200 km trở lên, độ sâu 5.000 m nhằm minh họa việc mô phỏng thủy âm trong tác chiến hải quân theo các số liệu về dạng biển đổi của mặt cắt vận tốc âm theo độ sâu được khảo sát theo theo 8 dạng mặt cơ bản [7, 9, 10]. Các tình huống mô phỏng được đưa ra cho mỗi dạng mặt cắt ở tầng sâu 50 m (tầng có các phương tiện ngầm hoạt động), tầng sâu trên 2.000 m là tầng giữa, và tầng sát đáy. Qua đó

để thấy được, ở cùng một nguồn phát âm thanh nhưng ở mỗi độ sâu khác nhau, có bức tranh về hình dạng các tia âm khác nhau. Sự biến đổi theo mật cắt thẳng đứng của vận tốc âm làm cho tia âm lan truyền trong đó tạo nên sự hội tụ

hay phân kỳ, từ đó xuất hiện kênh âm hay vùng tối âm. Điều này có ý nghĩa rất lớn trong việc dùng công cụ thủy âm để phục vụ cho việc lập kế hoạch tác chiến trong và bố trí, điều động các lực lượng, phương tiện hỗ trợ.



Hình 2. Minh họa vị trí nguồn phát và phạm vi tác chiến và hướng lan truyền âm.

(Tâm vòng tròn: vị trí phát nguồn âm; Vòng tròn: bán kính vùng tác chiến có nguồn phát âm; Mũi tên phía bắc: phương hướng tấn công và lan truyền âm)

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

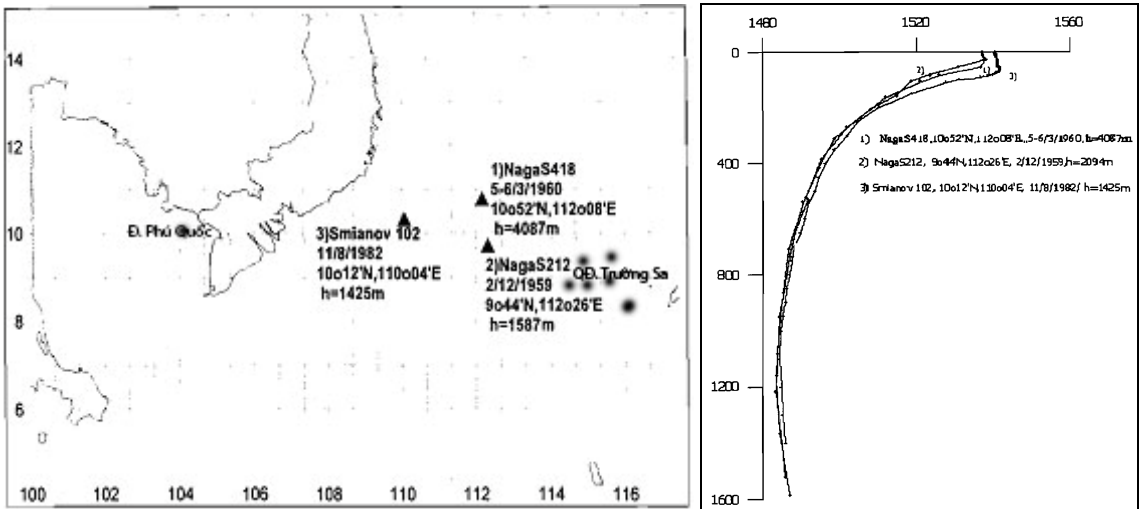
Trong mô phỏng thủy âm, có quy ước các phương tiện tác chiến được phân ra hai phương diện quân màu xám và quân màu đỏ gồm phương tiện ngầm có trang bị máy quét (sonar) thủy âm thụ động và tích cực, có thể lặn sâu đến 300 m, khi vận hành động cơ phát ra tiếng

ồn với tần số 50 Hz; trục thẳng sẵn ngầm có trang bị máy quét thụ động nhằm thu nhận tín hiệu thủy âm dưới nước với độ sâu thiết bị có thể xuống sâu tới hơn 100 m, tàu mặt nước có trang bị máy quét thụ động và tích cực, động cơ khi vận hành phát ra âm có tần số 50 Hz. Phao thủy âm được thiết kế giả định là có thể thu tốt các sóng âm trong nước và có thể đặt sâu

xuống đến 300 m. Kết quả mô phỏng giả định minh họa cho việc lập bản đồ thủy âm để cung cấp thông tin cho kế hoạch vận động của các phương tiện ngầm để thực hiện các mục tiêu thông tin liên lạc bằng thủy âm và săn ngầm.

Sử dụng mô hình tính toán lan truyền âm để tính toán lan truyền âm cho tình huống tác chiến ngoài khơi Nam Trung Bộ Việt Nam. Nguồn số liệu mặt cắt vận tốc âm này được lấy từ tài liệu [5] có độ tin cậy chính xác do các nhà Khoa học Mỹ tiến hành, đó là chuyến khảo

sát NAGA ngày 2/12/1969 có tọa độ ($9^{\circ}44'N$, $112^{\circ}26'E$). Độ sâu khu vực được lấy là không đổi 1.600 m và thông tin về số liệu này được thể hiện ở hình 2. Theo số liệu dạng mặt cắt này tồn tại một kênh âm, tuy nhiên trục của kênh âm này lại nằm ở độ sâu khoảng chừng 1.260 m. Phần phía trên trục kênh âm có sự biến động mạnh tốc độ âm (tốc độ âm giảm mạnh theo độ sâu). Ở phần phía dưới trục kênh âm đến đáy, tốc độ âm dưới tầng này lại tăng dần theo độ sâu.



Hình 3. Sơ đồ vị trí các trạm quan trắc tại 3 điểm ngoài khơi Nam Trung Bộ và mặt cắt thẳng đứng vận tốc lan truyền âm tương ứng [5]

Sử dụng các công cụ phần mềm tính toán mô phỏng có thể xây dựng được bản đồ thủy âm dạng tia cho từng trường hợp lan truyền âm trong nước biển. Dưới đây là các kết quả mô phỏng cụ thể đối với 9 tầng sâu 50 m, 100 m, 200 m, 500 m, 790 m, 1.000 m, 1.260 m, 1.300 m, 1.500 m:

Tình huống giả định nguồn âm là tàu ngầm bên phương diện quân xám phát ra âm có tần số 50 Hz do động cơ hoặc bầu sonar phát ra tại vị trí $9^{\circ}44'N$, $112^{\circ}26'E$ ở độ sâu 50 m (hình 4). Chúng ta thấy, ngay tại phía trước nguồn phát âm ra tồn tại các khu vực vùng tối âm (là khu vực không có tia âm nào đi qua), có chỗ tia âm đi qua với mật độ dày đặc. Các tia âm phản xạ liên tục từ mặt tới đáy biển đến vị trí cách xa nguồn khoảng 17 km đến 100 km đều có âm đi qua.

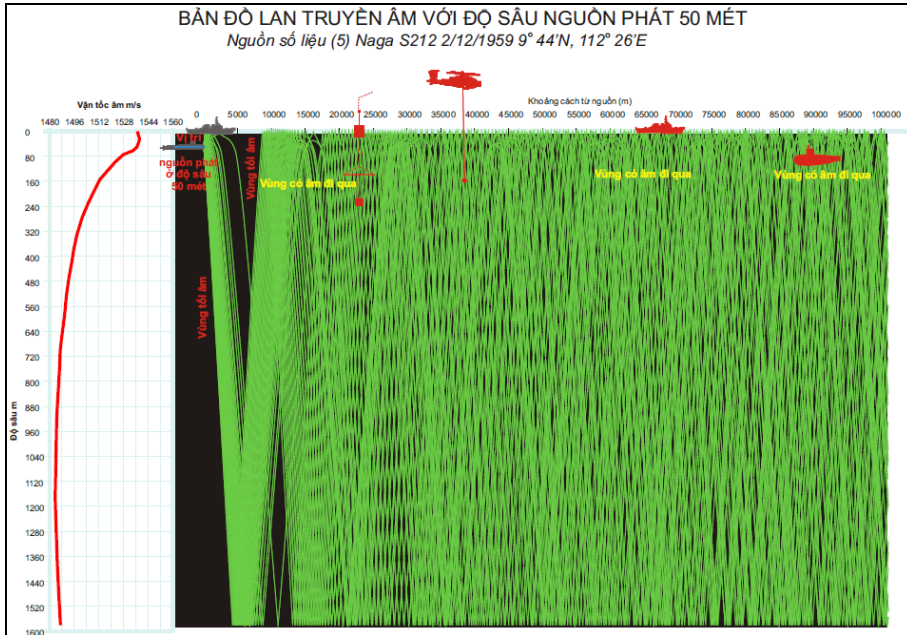
Ở vùng tối âm, các phương tiện ngầm nằm trong khu vực này, sẽ không nhận được tín hiệu sóng âm truyền qua nên sẽ không phát hiện ra tàu đối phương đang hoạt động trong khu vực.

Ở vùng có âm đi qua, càng gần nguồn phát âm, chùm tia âm phát ra càng hội tụ nên nếu các phương tiện ngầm ở vị trí này có thể nghe tốt nhất. Càng ra xa nguồn âm, việc thu tín hiệu sóng âm càng kém vì do mật độ tia âm đi qua ít hơn và các tia âm trên đường tới bị phản xạ, hấp thụ tại mặt biển và đáy nên mất năng lượng.

Trong bản đồ thủy âm này, tàu mặt nước bên phương diện quân xám nhận tín hiệu âm từ tàu ngầm là tốt nhất vì các tia âm đến trực tiếp trong khoảng cách ngắn. Tiếp theo là phao thủy âm, máy bay săn ngầm tàu mặt nước và tàu ngầm của phương diện quân đỏ. Do đó theo sơ

đồ bố trí này của phương diện quân đồ, phao thủy âm sẽ thu được tín hiệu âm tốt nhất cho

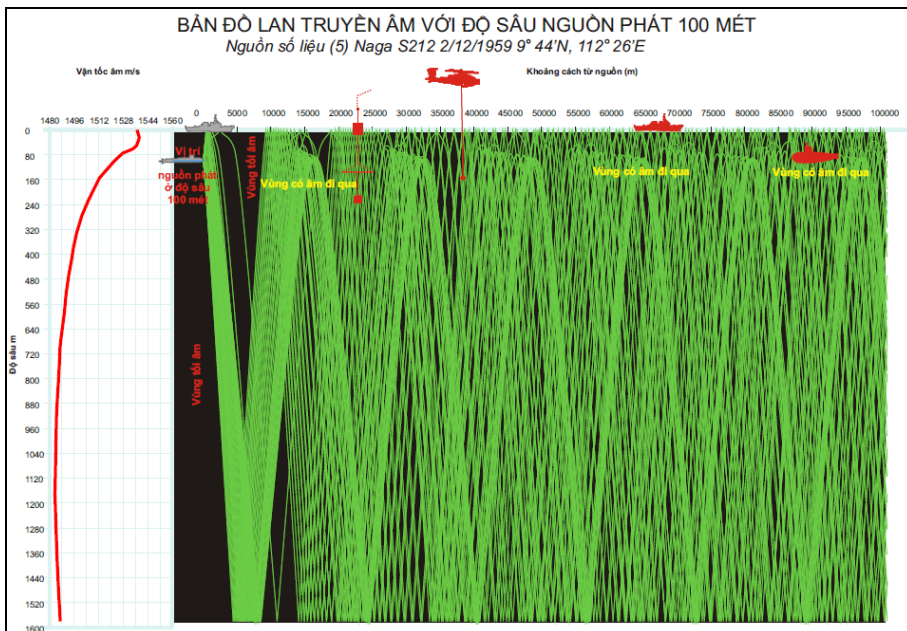
việc cảnh giới các phương tiện ngầm của đối phương ở độ sâu 50 mét.



Hình 4. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn phát âm nằm ở độ sâu 50 m

Nguồn phát âm được đặt ở độ sâu 100 mét, ở vị trí này vận tốc âm suy giảm mạnh theo độ sâu. Sơ đồ mô phỏng lan truyền âm và tác

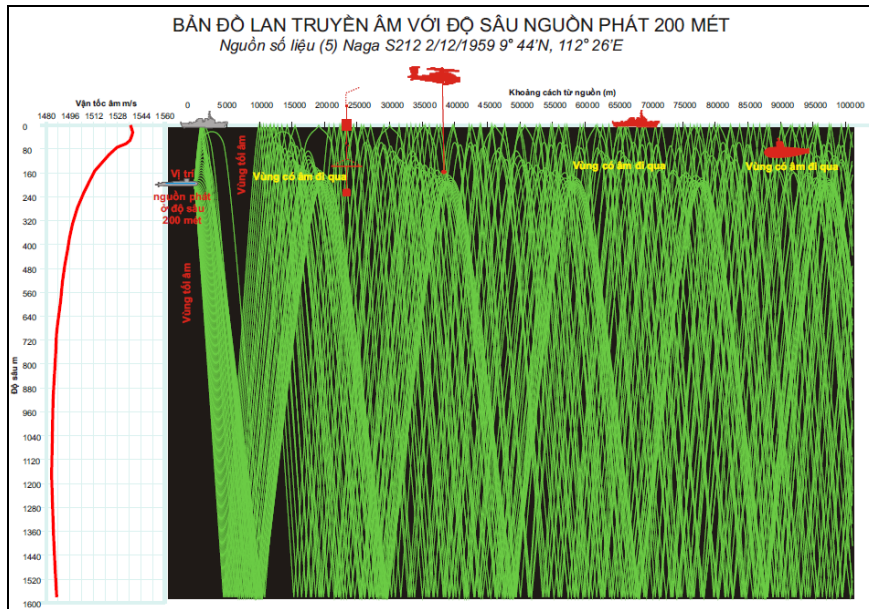
chiến hai phương hiện quân đồ và xám cụ thể được thể hiện như hình 5 ở dưới.



Hình 5. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn phát âm nằm ở độ sâu 100 m

Nguồn phát âm được đặt ở độ sâu 200 m, ở vị trí này vận tốc âm suy giảm mạnh theo độ sâu. Sơ đồ mô phỏng lan truyền âm và tác

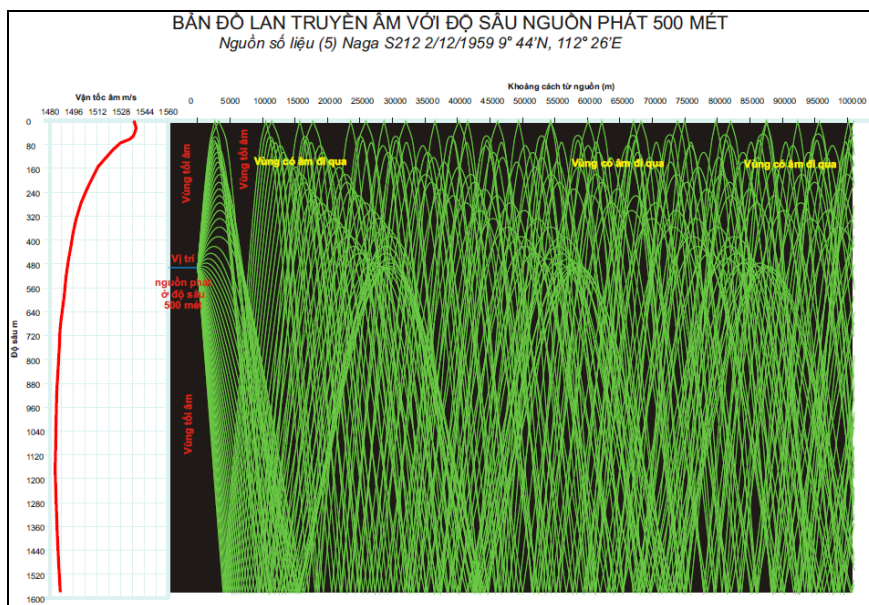
chiến hai phương hiện quân đồ và xám cụ thể được thể hiện như hình 6 ở dưới:



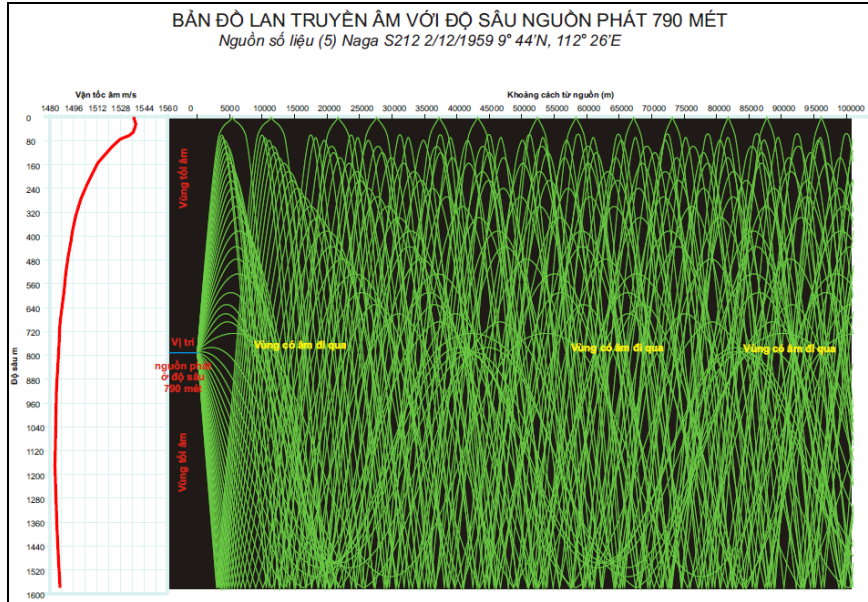
Hình 6. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn âm nằm ở độ sâu 200 m

Có thể thấy khi tàu ngầm phương diện quân xám càng lặn sâu, thì sự tránh phát hiện của các phương tiện sẵn ngầm của phương diện quân đỏ càng tốt. Để tiến sát vào đối phương ở độ

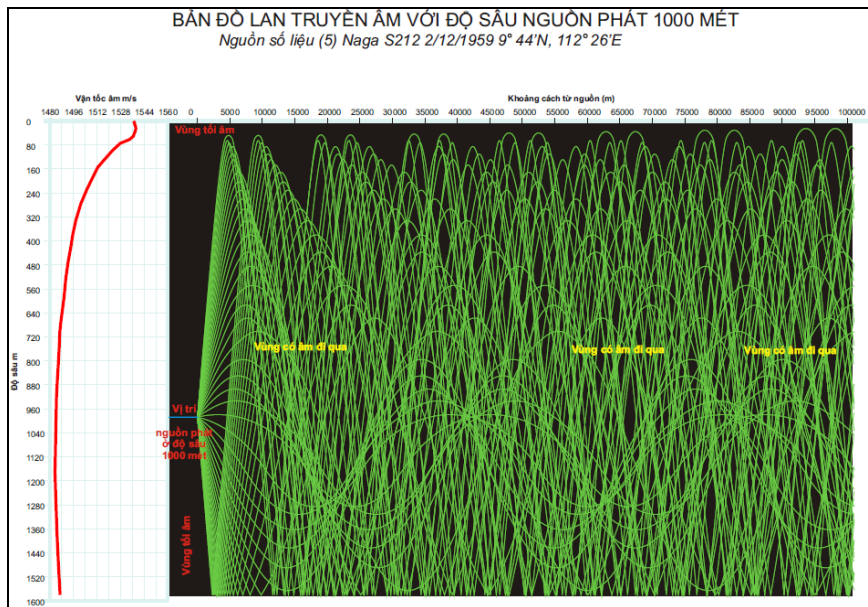
sâu này, tàu ngầm bên phương diện quân xám không nên dùng động cơ Diezen (chỉ dùng động cơ điện) và không phát ra các sóng thông tin liên lạc.



Hình 7. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn âm nằm ở độ sâu 500 m



Hình 8. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn âm nằm ở độ sâu 790 m



Hình 9. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn âm nằm ở độ sâu 1.000 m

Nguồn âm được đặt ở các độ sâu 500 m, 790 m, 1.000 m, ở vị trí này vận tốc âm vẫn suy giảm theo độ sâu. Sơ đồ mô phỏng lan truyền âm cụ thể được thể hiện như hình 7, 8, 9.

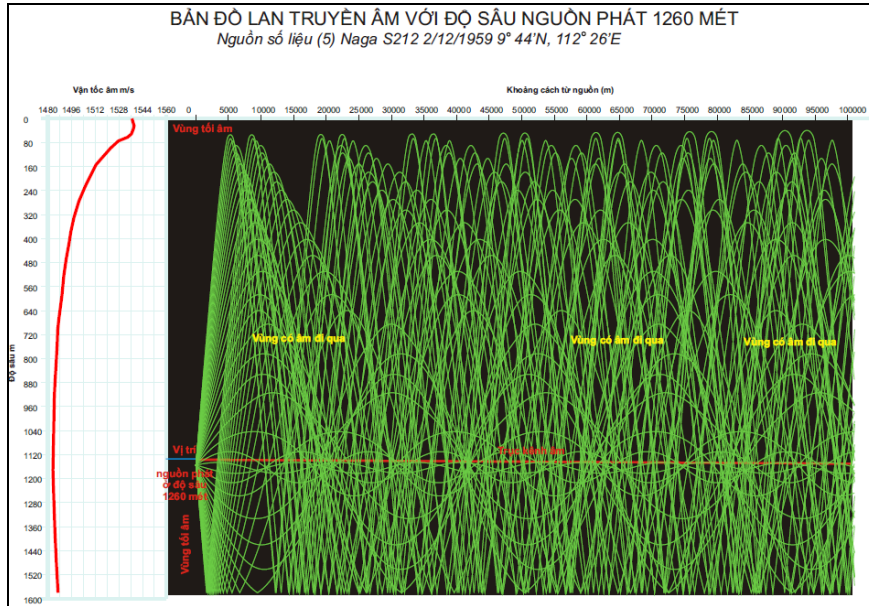
Tại tầng sâu 1.260 m hình 10 kênh âm đã thể hiện ổn định với tốc độ âm nhỏ nhất và đạt khoảng 1.490 cm/s. Tại các hình 11, 12 với các tầng sâu 1.300 m và 1.500 m cho thấy tốc độ

âm có giá trị tăng dần, và phương ngang đã không còn duy trì sự ổn định của tốc độ âm.

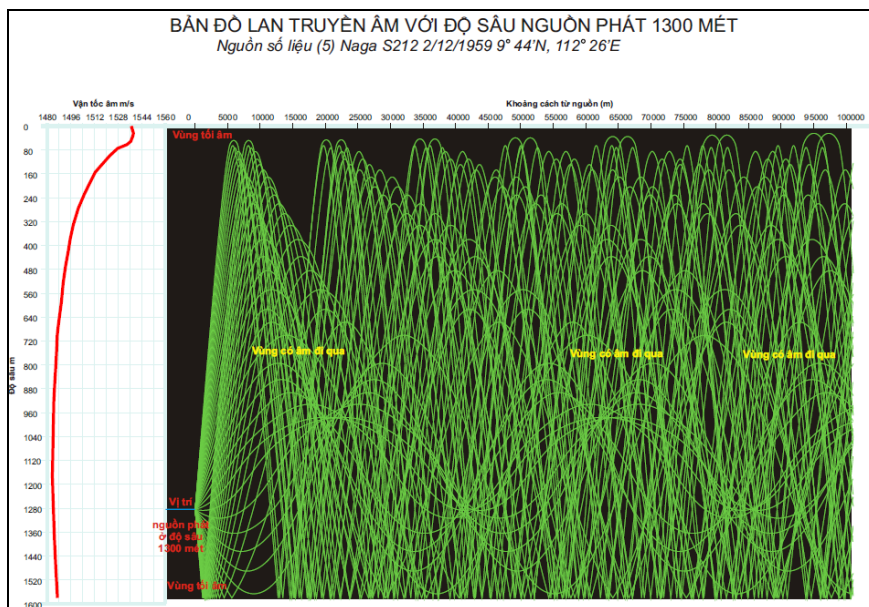
Từ các kết quả mô phỏng trên cho thấy, việc tính toán xây dựng bản đồ thủy âm bằng công cụ phần mềm phản ánh khá đúng với các hiệu ứng lý thuyết như khúc xạ sóng âm, phản xạ sóng âm, sự hội tụ và phân kỳ của tia âm, kênh âm ngầm ... có được bức tranh về quy luật mô

phòng và phân tích số liệu thực tế. Để có những kết quả cụ thể và ứng dụng trong thực tế, cần có cơ sở dữ liệu hải dương chi tiết cho một khu vực hay toàn thể vùng biển Việt Nam. Nếu được đầu tư nghiên cứu khai thác các tính năng và có số liệu hải dương thì mô hình có thể ứng dụng để tính toán lan truyền âm trong thực tế với các

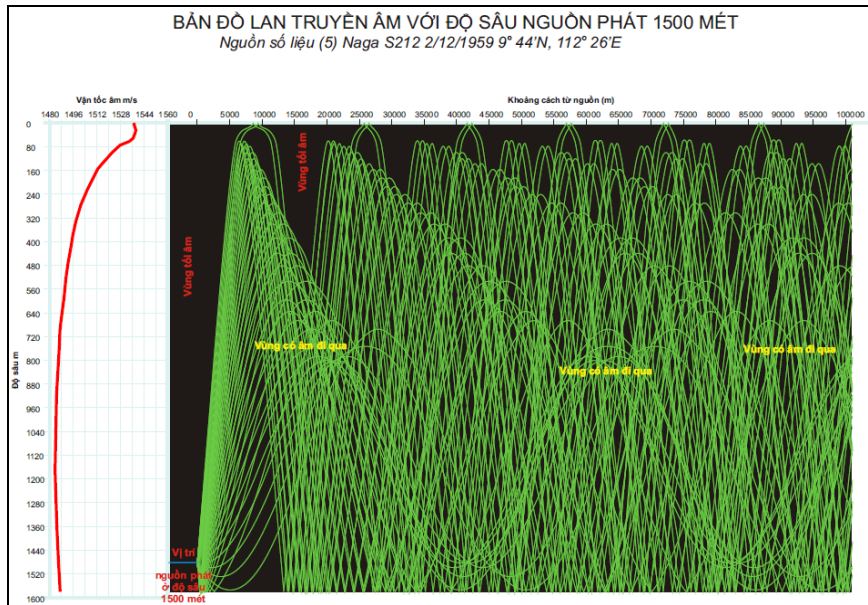
thông số mặt cắt đáy biển đổi theo phương lan truyền. Kết quả tính toán sẽ giúp cho các phương tiện ngầm có dùng thủy âm chủ động lựa chọn phương thức di chuyển và hoạt động của mình nhằm tránh sự phát hiện của đối phương và bảo đảm thông tin liên lạc đa chiều được với nhau trong tác chiến hợp thành.



Hình 10. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn âm nằm ở độ sâu 1.260 m



Hình 11. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn âm nằm ở độ sâu 1.300 m



Hình 12. Bản đồ lan truyền âm khi nguồn âm nằm ở độ sâu 1.500 m

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu đã xác định được kênh âm ngầm vùng biển ngoài khơi miền Trung ở độ sâu khoảng 1.260 m và tốc độ âm là 1.490 cm/s.

Mô hình tính toán mô phỏng về thủy âm bằng hệ phương trình Eikonal được sử dụng ở trên có mã nguồn mở được viết trên ngôn ngữ lập trình Fortran, chạy được cả trong môi trường Linux và Windows cho phép mô phỏng thủy âm trong điều kiện chịu tác động của môi trường phức tạp như sự gồ ghề của biên mặt biển và độ sâu biến đổi, là công cụ được nhiều trung tâm nghiên cứu trên thế giới sử dụng để khai thác cho các mục đích quân sự và dân sự. Thông qua các kết quả mô phỏng có thể thấy đây là công cụ không thể thiếu trong nghiệp vụ hải dương phục vụ tính toán thủy âm đáp ứng tốt cho hải quân trong triển khai đội hình tác chiến có thiết bị ngầm. Sử dụng mô hình này, các tác giả đã mô phỏng được lan truyền âm theo các dạng mặt cắt thẳng đứng của vận tốc âm bằng phương pháp tia âm, với khu vực tác chiến là vùng biển có độ sâu lớn và địa hình không biến đổi, ảnh hưởng của mặt đáy.

Khi triển khai chuyên giao ứng dụng công cụ này cần một máy tính cá nhân cấu hình

mạnh và cơ sở dữ liệu hải dương bảo đảm thì có thể cài đặt ngay tại máy tính dưới tàu ngầm và các phương tiện khác có liên quan đến lan truyền âm trong nước biển để khai thác trực tiếp phục vụ cho nghiệp vụ. Có thể chuyển kết quả tính toán mô phỏng qua hệ thống máy tính để mô phỏng tác chiến cùng với các phần mềm quân sự chuyên dụng khác.

Kiến nghị lập cơ sở dữ liệu chi tiết về các thành tố và atlas - bản đồ, mặt cắt thủy âm, kênh âm, vùng biển quan trọng, các giải pháp thu thập, giám sát và phương pháp tính toán phục vụ các hoạt động ngầm dưới biển. Có thể xem xét nghiên cứu xây dựng hệ thống thông tin quốc gia về thủy âm cho toàn thể vùng biển Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bạch Nhật Hồng, 2006. Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị liên lạc thủy âm. Đề tài KC.01.24. Bộ KHCN.
2. Bùi Văn Cao, 2012. Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố môi trường biển đến cự ly hoạt động của các thiết bị thủy âm. Tạp chí khoa học Công nghệ Hàng hải số 32.
3. Phạm Hồng Thuận, 2005. Nghiên cứu các đặc trưng của trường sóng âm và trường sóng nội vùng biển Việt Nam. Báo cáo

- Tổng kết đề tài KHCN cấp Nhà nước. Bộ KHCN.
4. Phạm Văn Huân, Phạm Hoàng Lâm, 2005. Một số kết quả khảo sát trường tốc độ âm Biển Đông. Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, KHTN&CN, 21(3PT).
 5. Phạm Văn Thục, 2006. Những đặc điểm của trường vận tốc và kênh dẫn sóng âm tại vùng biển sâu thuộc biển Đông Việt Nam. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển. 6(4): 26-36.
 6. Payne, C. M. (Ed.), 2006. Principles of naval weapon systems. Naval Institute Press.
 7. Medwin, H., and Clay, C. S., 1997. Fundamentals of acoustical oceanography. Academic Press.
 8. Ainslie, M. A., 2010. Principles of sonar performance modelling. Springer. Pp. 800.
 9. Etter, P. C., 2009. Review of ocean-acoustic models. In OCEANS 2009, MTS/IEEE Biloxi-Marine Technology for Our Future: Global and Local Challenges (pp. 1-6). IEEE.
 10. Brekhovskikh, L. M., and Lysanov, I. P., 2003. Fundamentals of ocean acoustics. Springer Science and Business Media.

MARINE ACOUSTIC SIMULATION MODEL AND ITS APPLICATION TO UNDERWATER ACTIVITIES IN THE VIETNAM'S SEA

Nguyễn Văn Thao¹, Du Văn Toán², Nguyễn Ngọc Tiên³

¹Vietnamese Navy General Staff

²Vietnam Administration of Seas and Islands

³Institute of Marine Geology and Geophysics-VAST

ABSTRACT: *The basic researches on hydroacoustics in Vietnam are very limited, especially in the field of sound propagation simulation, while the world has many researches and positive application in underwater activities and marine fishery. Consequently, there is now a shortage of information to visualize the importance of sound propagation in the sea. In Vietnam, there is a growing need to secure the safety of the equipment, submarine, fishery and systematically arrange the hydroacoustic means in order to provide and obtain the best hydroacoustic information, as well as to avoid detection of the enemy. The underwater acoustic channel has been indentified off Central Vietnam at 1260 m depth and acoustic speed is 1490 cm/s. This report presents research methods and acoustic simulation models, together with the simulation results that ensure the reliability sound through the underwater acoustic channel.*

Keywords: *Simulation model, marine acoustics, acoustic channels, fishing, Vietnam sea.*