

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

TRẦN PHÚ NINH

**NGHIÊN CỨU XỬ LÝ TÍN HIỆU SONAR THỤ ĐỘNG ĐỂ
NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG PHÁT HIỆN MỤC TIÊU NGẦM
TRONG ĐIỀU KIỆN THỦY VĂN PHỨC TẠP**

Tóm tắt luận án tiến sĩ kỹ thuật

HÀ NỘI – 2018

Công trình được hoàn thành tại: **Học viện Kỹ thuật Quân sự**

Người hướng dẫn khoa học: 1. PGS,TS Trịnh Đăng Khánh
2. TS Ngô Văn Huân

Phản biện 1: PGS, TS Bạch Nhật Hồng

Phản biện 2: PGS,TS Vũ Văn Yên

Phản biện 3: TS Bùi Trường Giang

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án Tiến sĩ cấp Học viện họp tại Học viện Kỹ thuật Quân sự vào hồi ... giờ 00 ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại:

Thư viện Học viện Kỹ thuật Quân sự.

Thư viện quốc gia.

MỞ ĐẦU

Phát hiện và định vị mục tiêu ngầm nhằm cảnh báo, chống xâm lấn biển là nhiệm vụ cấp bách trong tình hình hiện nay. Việc xây dựng trạm Sonar thụ động để đạt được hiệu quả cao, cần phải có các phương pháp xử lý tín hiệu hiện đại, các thuật toán xử lý phức tạp. Trong đó, phương pháp trường phối hợp (Matched Field Processing – MFP) là phương pháp xử lý tín hiệu chủ yếu và là xu hướng phát triển chính trong xử lý tín hiệu Sonar thụ động trong giai đoạn hiện nay.

Để nâng cao hiệu quả của thuật toán, thuật toán thích nghi được phát triển như thuật toán đáp ứng không méo phương sai nhỏ nhất (Minimum Variance Distortionless Response - MVDR). Mặc dù vậy thuật toán MVDR nhạy với môi trường, và khi tính phải giải ma trận đảo. Khi ma trận đảo không đủ hạng thì việc ước lượng ma trận đảo gặp khó khăn. Thuật toán tải đường chéo (Diagonal Loading - DL) khắc phục được nhược điểm tính ma trận đảo của thuật toán MVDR.

Do vậy, đề tài của Luận án tiếp cận theo hướng tiếp tục khảo sát và ứng dụng các các thuật toán trường phối hợp thích nghi áp dụng cho sonar thụ động sử dụng mạng hydrophone. Trong đó các thuật toán MFP thích nghi, thuật toán DL là một thuật toán có nhiều ưu điểm, như một mặt làm tăng độ phân giải hàm bề mặt, đồng thời có khả năng giải được ma trận đảo trong thuật toán MVDR khi trường mất phối hợp. Do vậy, trong Luận án tập trung vào nghiên cứu ứng dụng và phát triển thuật toán DL trong việc phát hiện, định vị mục tiêu trong vùng biển nông Việt Nam. Khảo sát đánh giá các nhân tố ảnh hưởng đến thuật toán DL trong vùng biển nước nông Việt Nam. Trên cơ sở đó đề xuất một sự điều

chỉnh trong véc tơ trọng số của thuật toán DL nhằm nâng cao độ phân giải hàm bề mặt của thuật toán.

Mục đích của luận án giải quyết các vấn đề sau:

- Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng chất lượng thuật toán xử lý trường phối hợp thích nghi DL trong việc phát hiện mục tiêu ngầm.

- Nghiên cứu xây dựng một thuật toán trong xử lý tín hiệu Sonar thụ động có khả năng nâng cao chất lượng phát hiện định vị mục tiêu ngầm trong điều kiện thủy văn phức tạp ở Việt Nam trên cơ sở tổng hợp, phát triển các thuật toán đã có.

Nội dung luận án

- Tổng quan trong và ngoài nước về phát hiện, định vị mục tiêu ngầm bằng các phương pháp xử lý trường phối hợp MFP, và xu hướng phát triển của thuật toán các thuật toán MFP thích nghi trong việc nâng chất lượng phát hiện mục tiêu ngầm.

- Nghiên cứu tổng hợp và phân tích đánh giá tham số thủy âm một vùng nước nông điển hình; nghiên cứu các phương pháp mô hình hóa việc lan truyền sóng âm tại vùng biển nông.

- Khảo sát và đánh giá các yếu tố gây lên sự mất phối hợp khi thực hiện thuật toán trường phối hợp thích nghi DL để phát hiện, định vị mục tiêu trong vùng biển nông Việt Nam;

- Xây dựng mô hình Sonar thụ động được cấu hình bởi mạng hydrophone thẳng đứng trên cơ sở đó đề xuất toán tử đường chéo cải tiến IDL (Improved Dialog Loading) nhằm nâng cao độ phân giải hàm bề mặt, cũng như khả năng phát hiện, định vị mục tiêu ngầm.

Bố cục của luận án:

Luận án gồm 3 chương:

Chương 1. Tổng quan về các phương pháp xử lý trường phối hợp thích nghi MFP.

Trong Chương này đã khái quát về các thuật toán trường phối hợp MFP và trường phối hợp thích nghi MFP cũng như xu hướng phát triển của các thuật toán trường phối hợp thích nghi

Chương 2. Nghiên cứu các yếu tố gây ra sự mất phối hợp trong thuật toán DL ảnh hưởng tới phát hiện và định vị mục tiêu ngầm của sonar thụ động

Trong Chương 2, Luận án nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố đến chất lượng thực hiện thuật toán trường phối hợp thích nghi DL trong việc phát hiện và định vị mục tiêu ngầm như: các tham số về môi trường, số lượng hydrophone và tác động của nhiễu trong một vùng biển nước nông điển hình tại Việt Nam.

Chương 3. Xây dựng thuật toán thích nghi IDL để giải quyết vấn đề mất phối hợp môi trường nhằm nâng cao khả năng phát hiện định vị mục tiêu ngầm.

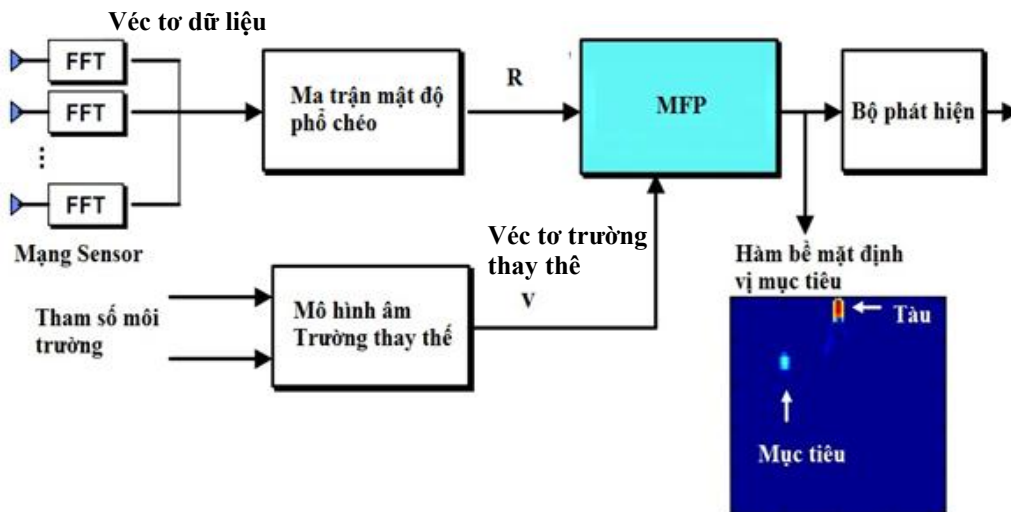
Trong chương này đề xuất thuật toán tải đường chéo cải tiến IDL (Improved Dialog Loading) nhằm cải thiện độ phân giải và tỷ số đỉnh trên nền (Peak Background Rate - PBR) của hàm bề mặt trong bài toán phát hiện và định vị mục tiêu cho Sonar thụ động sử dụng phương pháp trường phối hợp thích nghi. Thuật toán trên được khảo sát, đánh giá và so sánh với các thuật toán trước đó trong một vùng nước nông điển hình ở Việt Nam.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ THUẬT TOÁN XỬ LÝ TRƯỜNG PHỐI HỢP THÍCH NGHI MFP

1.1. Giới thiệu chung

Để giải quyết bài toán phát hiện, định vị mục tiêu trong môi trường phức tạp, không đồng nhất, có đường bao và sóng âm truyền trong đó có hiện tượng đa đường (như vùng nước nông), phương pháp trường phối hợp MFP được áp dụng và phát triển mà trong đó cấu trúc trường phức tạp, đa đường được tính đến trong mô hình truyền.

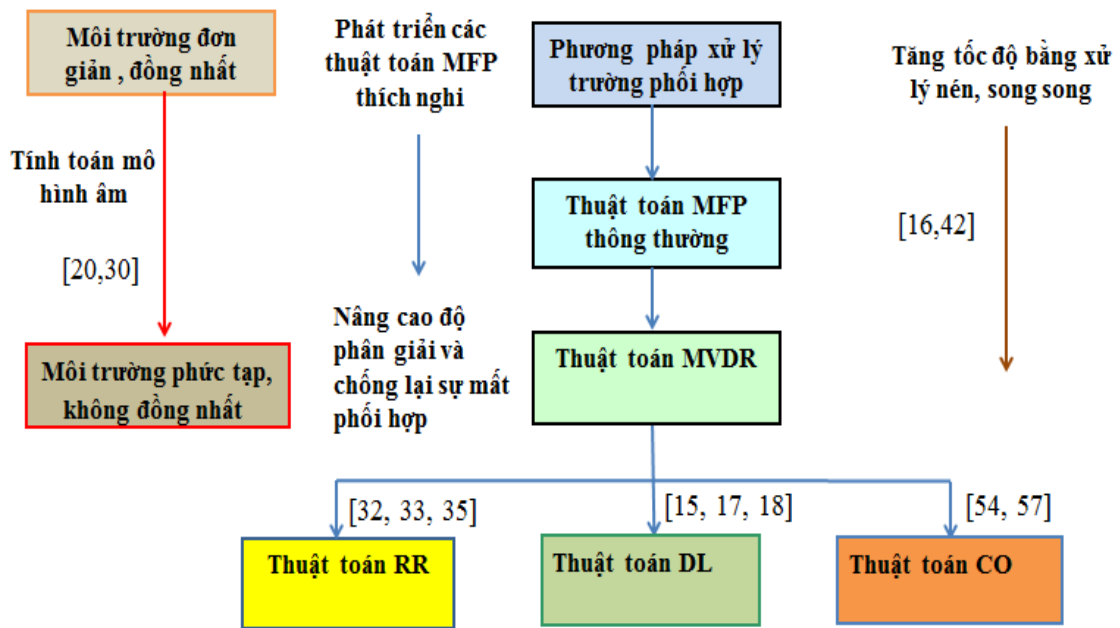
Phương pháp dựa trên cơ sở so sánh véc tơ dữ liệu thu được tại mạng hydrophone và các véc tơ trường thay thế được tính toán bằng mô hình âm, mô hình ống dẫn sóng đại dương. Sự tương quan tốt nhất giữa véc tơ dữ liệu đo với véc tơ trường thay thế sẽ cho ước lượng vị trí nguồn. Sơ đồ phương pháp trường phối hợp thể hiện trên Hình 1.1.



Hình 1.1. Sơ đồ khối phương pháp xử lý trường phối hợp thích nghi đánh giá vị trí của nguồn âm

Trong xu hướng phát triển của sonar hiện đại, việc ứng dụng các thuật toán MFP thích nghi để nâng cao độ phân giải, tăng cường búp

chính và làm giảm ảnh hưởng búp phụ của hàm bề mặt là cần thiết. Có nhiều phương pháp khác nhau để giải quyết vấn đề mất phối hợp và cải thiện thuật toán MVDR liên quan đến việc tính toán, ước lượng ma trận đảo của ma trận phổ chéo. Tuy nhiên các nghiên cứu gần đây tập trung vào 3 phương pháp chính sau: Phương pháp giảm hạng (Rank Reduction - RR) [32], [33], [35], phương pháp tải đường chéo (Dialog Loading - DL) [15], [17], [18], [32] và phương pháp tối ưu lồi (Convex Optimization - CO) [54], [57]. Các xu hướng phát triển của thuật toán MFP, MVDR được thể hiện trên Hình 1.2.



Hình 1.2. Sự phát triển của thuật toán MFP

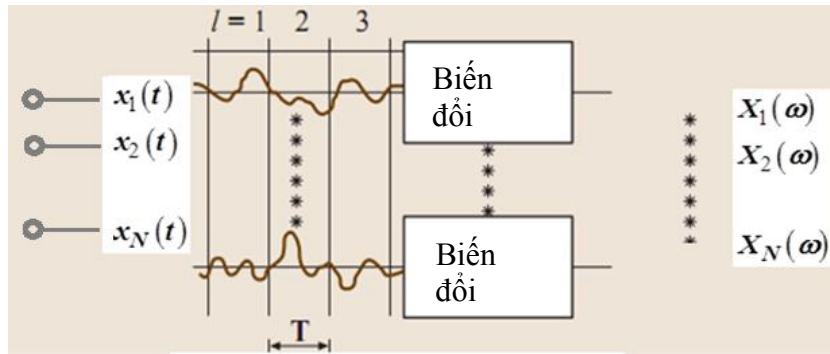
Trong các thuật toán trên, phương pháp tải đường chéo DL có nhiều ưu điểm vì nó khắc phục nhược điểm độ phân giải chưa cao của thuật toán MFP, và nhạy với sự mất phối hợp của thuật toán MVDR. Bên cạnh đó, thuật toán MFP, MVDR là trường hợp riêng của thuật toán DL [24]. Do vậy phương pháp này là phương pháp chính mà NCS lựa chọn để khảo sát, đánh giá và phát triển.

1.2. Một số thuật toán xử lý trường phối hợp điển hình

1.2.1. Trường dữ liệu đo và trường thay thế

1.2.1.1. Trường dữ liệu đo

Nếu tín hiệu đầu vào của mạng sensor gồm N phần tử là: $x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)$ thì tín hiệu ra sau biến đổi Fourier là $X_1(\omega), X_2(\omega), \dots, X_N(\omega)$.



Hình 1.3. Biến đổi FFT của tín hiệu vào

Đoạn dữ liệu là l , độ dài đoạn dữ liệu là T như trên Hình 1.3.

Khi đó ma trận phổ chéo cho mạng N phần tử là ma trận vuông $N \times N$ với tần số ω là [32]:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} X_1(\omega)X_1^*(\omega) & X_1(\omega)X_2^*(\omega) & X_1(\omega)X_N^*(\omega) \\ X_2(\omega)X_1^*(\omega) & X_2(\omega)X_2^*(\omega) & X_2(\omega)X_N^*(\omega) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_N(\omega)X_1^*(\omega) & X_N(\omega)X_2^*(\omega) & X_N(\omega)X_N^*(\omega) \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

1.2.1.2. Trường thay thế

Trong luận án, Việc tính toán áp dụng các thuật toán với mục tiêu trong dải tần thấp và vùng nước nông nên NCS lựa chọn phương pháp Mode chuẩn để giải phương trình sóng và tính toán mô hình âm. Việc tính toán hàm trường thay thế qua hàm Green như sau [30]:

$$G(r, z) = \frac{i}{\rho(z_s)\sqrt{8\pi r}} e^{-i\frac{\pi}{4}} \sum_{m=1}^{\infty} \Psi_m(z_s)\Psi_m(z) \frac{e^{ik_m r}}{\sqrt{k_m}} \quad (1.2)$$

Ở đó r là khoảng cách, z là độ sâu, ρ là mật độ, z_s là độ sâu của nguồn, Ψ_m là biên độ mode, k_m là trị riêng. Việc tính giải Ψ_m được tính toán chi tiết trong [20], [30]

1.2.1. Một số thuật toán MFP điển hình

1.2.2.1. Thuật toán MFP thông thường

Năng lượng bộ xử lý bộ MFP [24]:

$$B = \mathbf{w}^H \mathbf{R} \mathbf{w} \quad (1.3)$$

Với thuật toán MFP thông thường Véc tơ trọng số được tính như sau:

$$\mathbf{w} = \mathbf{v} = \frac{\mathbf{G}(r, z)}{|\mathbf{G}(r, z)|} \quad (1.4)$$

Trong đó \mathbf{w} véc tơ trọng số, \mathbf{v} là mô hình âm, $\mathbf{G}(r, z)$ là hàm theo khoảng cách r và độ sâu z . Khi đó năng lượng đầu ra [24]:

$$B = \mathbf{v}^H \mathbf{R} \mathbf{v} \quad (1.5)$$

1.2.2.2. Thuật toán MVDR

Hàm năng lượng đầu ra bộ xử lý MVDR [24]:

$$B = \mathbf{w}_{MVDR}^H \mathbf{R} \mathbf{w}_{MVDR} \quad (1.6)$$

Khi đó véc tơ trọng số với thuật toán đáp ứng méo nhỏ nhất [24]:

$$\mathbf{w}_{MVDR} = \frac{\mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}}{\mathbf{v}^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}} \quad (1.7)$$

Trong đó: \mathbf{R} là ma trận phổ chéo, \mathbf{v} là mô hình âm.

1.2.2.3. Thuật toán tải đường chéo DL

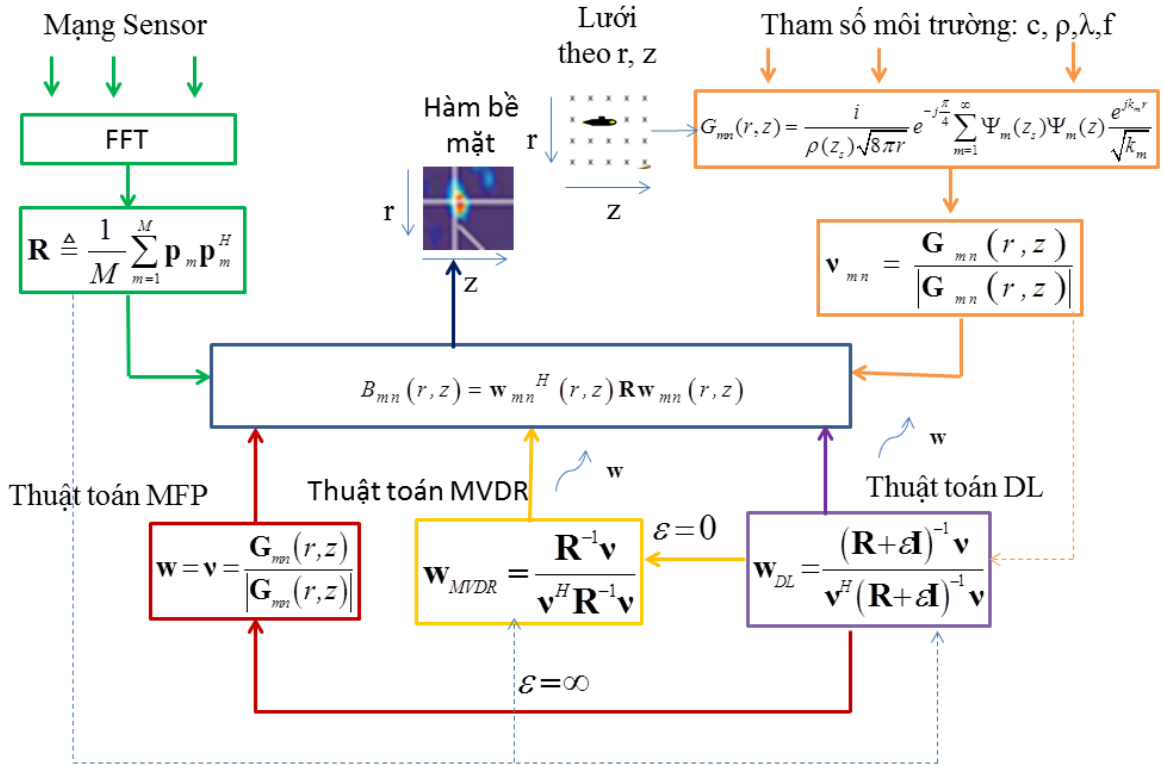
Véc tơ trọng số có thể biểu diễn qua tham số DL, ε , như sau [35]:

$$\mathbf{w}_{DL} = \frac{(\mathbf{R} + \varepsilon \mathbf{I})^{-1} \mathbf{v}}{\mathbf{v}^H (\mathbf{R} + \varepsilon \mathbf{I})^{-1} \mathbf{v}} \quad (1.8)$$

Khi đó năng lượng đầu ra của bộ xử lý DL được tính như sau:

$$B_{DL} = \mathbf{w}_{DL}^H \mathbf{R} \mathbf{w}_{DL} \quad (1.9)$$

Mô hình toán học của thuật toán MFP, MVDR, DL được thể hiện như Hình 1.4.



Hình 1.4. Lưu đồ toán học mô tả phương pháp MFP

1.3. Kết luận chương 1

Trong chương này đã khái quát về các thuật toán trường phối hợp và trường phối hợp thích nghi cũng như xu hướng phát triển của thuật toán. Trên cơ sở những ưu điểm của thuật toán DL so với thuật toán MFP, MVDR. Trong phần tiếp theo NCS lựa chọn thuật toán DL để xây dựng và phát triển trong bài toán phát hiện định vị mục tiêu ngầm dùng mạng hydrophone trong vùng biển nước nông Việt Nam.

CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ GÂY RA SỰ MẤT PHỐI HỢP TRONG THUẬT TOÁN DL ẢNH HƯỞNG TỚI PHÁT HIỆN VÀ ĐỊNH VỊ MỤC TIÊU NGẦM CỦA SONAR THỤ ĐỘNG

2.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng định vị sử dụng thuật toán DL tại vùng biển nông.

2.1.1. Giới thiệu chung

Mặc dù thuật toán DL góp phần nâng cao hiệu quả sự chống lại sự mất phối hợp, tuy nhiên do véc tơ trọng số của thuật toán DL phụ thuộc vào cả véc tơ trường thay thế và ma trận mật độ phổ tương quan chéo nên nó vẫn bị ảnh hưởng của các nhân tố gây ra sự mất phối hợp.

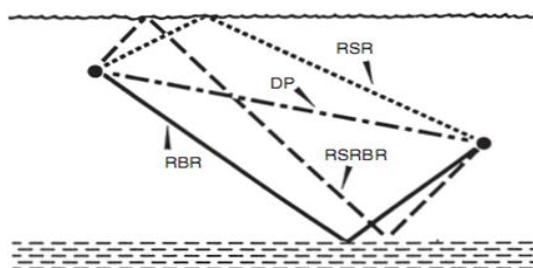
Sự mất phối hợp có thể đến từ một số nhân tố như: mô hình truyền khác với đặc trưng thực của tín hiệu do sự đánh giá sai các tham số môi trường hoặc do các tham số thường xuyên thay đổi; sự ảnh hưởng của nhiễu, cũng như số phần tử trong mạng đến chất phát hiện, định vị mục tiêu ngầm.

2.1.2. Mô hình truyền sóng vùng nước nông

Vùng nước nông là vùng biển gần bờ mà sóng âm truyền trong đó được coi như truyền trong một ống dẫn sóng được giới hạn bởi bề mặt và lớp đáy. Trong trường hợp chung, người ta coi lớp nước nông là lớp có độ sâu nhỏ hơn 200m [20].

Thông trường truyền sóng vùng nước nông có 4 loại tia truyền đặc trưng được xem xét là: tia trực tiếp (Direct Path - DP), tia phản xạ từ bề mặt (Refracted Surface Reflected - RSR), tia phản xạ từ đáy (Refracted Bottom Reflected - RBR), tia phản xạ cả từ bề mặt và đáy (Refracted

Surface Reflected Bottom Reflected - RSRBR) như Hình 2.1 [20]. Kết quả, tại điểm thu sẽ là trường tổng hợp của các loại tia trên. Do vậy tín hiệu thu có thể bị méo, bị suy hao do vì các tia đến có thể không đồng pha.



Hình 2. 1. Bốn loại tia truyền

2.1.3. Ảnh hưởng của các tham số môi trường đến chất lượng thuật toán DL

Hiệu quả của thuật toán DL phụ thuộc nhiều vào việc đánh giá chính xác các tham số môi trường, đánh giá quá trình lan truyền âm và lựa chọn mô hình âm.

2.1.3.1. Các tham số lớp nước

Các tham số lớp nước ảnh hưởng trực tiếp nhất đến việc lan truyền sóng âm. Trong đó tham số vận tốc âm lớp nước là một tham số thường xuyên biến đổi, vì nó phụ thuộc vào các tham số như nhiệt độ, độ mặn, độ sâu. Giá trị vận tốc âm được tính như sau:

$$\begin{aligned}
 c = & 1448.96 + 4.591T - 5.304 \times 10^{-2}T^2 + 2.374 \times 10^{-4}T^3 \\
 & + 1.340(S - 35) + 1.630 \times 10^{-2}D + 1.675 \times 10^{-7}D^2 \\
 & - 1.025 \times 10^{-2}T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13}TD^3
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Ở đó c là vận tốc âm dưới biển (m/s), T là nhiệt độ nước ($^{\circ}\text{C}$), S là độ mặn (psu) và D là độ sâu (m).

Ngoài ra, tham số độ sâu cũng ảnh hưởng đến việc lan truyền sóng âm [20]

2.1.3.2. Đáy biển

Đáy biển là ranh giới phản xạ và tán xạ và hấp thụ của sóng âm, các hiệu ứng này phức tạp do tính chất đa dạng của nó và thành phần cấu tạo nhiều lớp do vậy nó phụ thuộc vào các tham số như vận tốc âm lớp đáy, hệ số mật độ, hệ số hấp thụ.

2.1.3.3. Mô hình toán học mô tả sự ảnh hưởng của các tham số môi trường đến quá trình truyền sóng âm.

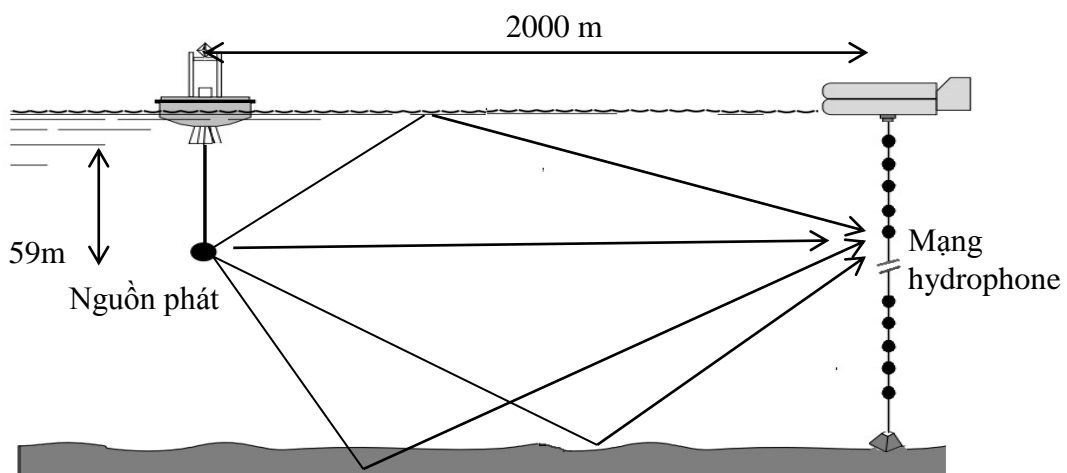
Việc lan truyền sóng âm giữa hai điểm trong vùng nước nông được tính toán bởi đáp ứng xung của ống dẫn sóng đại dương, với phương pháp Mode chuẩn, chính là hàm Green. Tính hàm Green trên cơ sở giải phương trình sóng trên lĩnh vực tần số được biết như công thức:

$$G(r, z) = \frac{i}{\rho(z_s)\sqrt{8\pi r}} e^{-i\frac{\pi}{4}} \sum_{m=1}^{\infty} \Psi_m(z_s)\Psi_m(z) \frac{e^{ik_m r}}{\sqrt{k_m}} \quad (2.2)$$

Ψ_m là giá trị mode các mode chuẩn. Việc giải Ψ_m liên quan đến vấn đề trị riêng và phụ thuộc vào tính các tham số vùng biển nông.

2.1. Mô hình thử nghiệm và mô hình thuật toán.

2.2.1. Mô hình thử nghiệm.

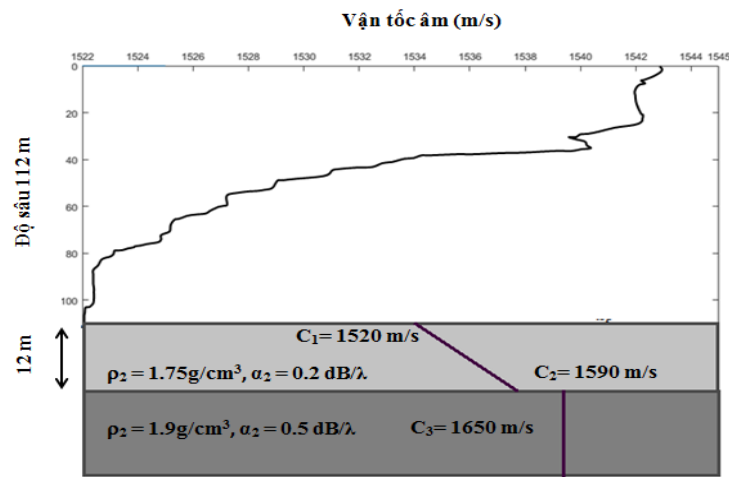


Hình 2. 2. Mô hình thử nghiệm

Mô hình thử nghiệm dùng một mạng hydrophone được thiết lập trong một vùng biển nông để phát hiện định vị nguồn âm. Cấu hình vật lý của mạng được thể hiện như Hình 2.2. Mạng hydrophone là một mạng thẳng đứng gồm 50 phần tử ở độ sâu 6m đến 104m, giãn cách mỗi phần tử là 2m. Nguồn phát ở khoảng cách 2000m và độ sâu 59m.

2.2.2. Mô hình môi trường vùng nước nông

Mô hình môi trường để khảo sát thuật toán là mô hình 3 lớp, với các tham số cơ bản như sau:



Hình 2.3. Mô hình môi trường vùng nước nông

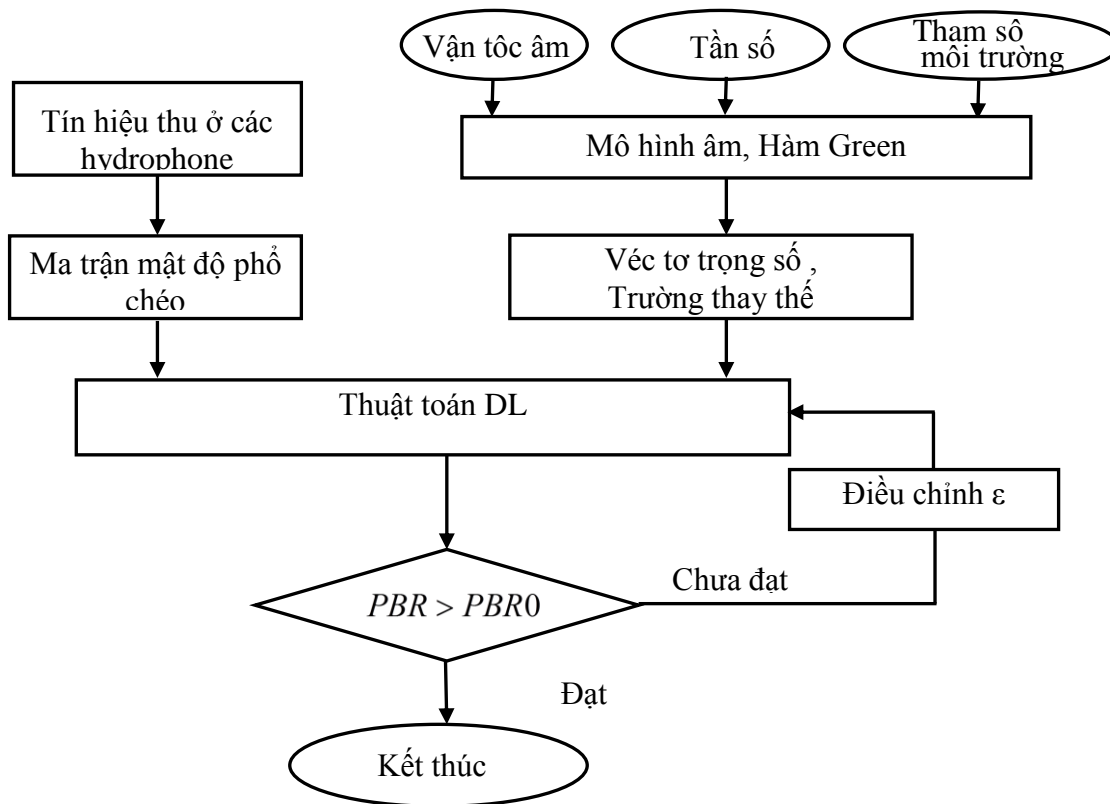
Trong luận án, mô hình môi trường vùng nước nông này được dùng để khảo sát chất lượng định vị mục tiêu ngầm của các thuật toán trường phối hợp thích nghi DL và các thuật toán đề xuất.

2.2.3. Lưu đồ thuật toán

Lưu đồ thuật toán như Hình 2.4 gồm 3 quá trình:

- Tính toán ma trận mật độ phổ chéo và trên cơ sở véc tơ dữ liệu thu được từ mạng hydrophone.
- Tính véc tơ trường thay thế trên cơ sở các tham số môi trường và lựa chọn mô hình âm.

- Tính toán năng lượng đầu ra của thuật toán DL để tìm vị trí nguồn, điều chỉnh hệ số tải thích nghi để được kết quả định vị tốt nhất.

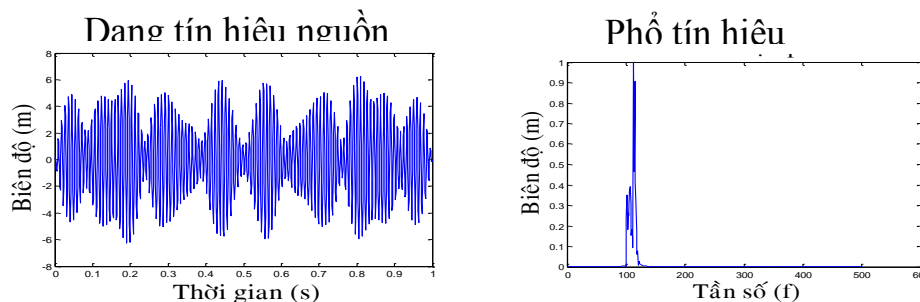


Hình 2. 4. Thuật toán DL

2.3. Kết quả mô phỏng các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng phát hiện, định vị mục tiêu sử dụng thuật toán DL

2.3.1. Nguồn tín hiệu phát.

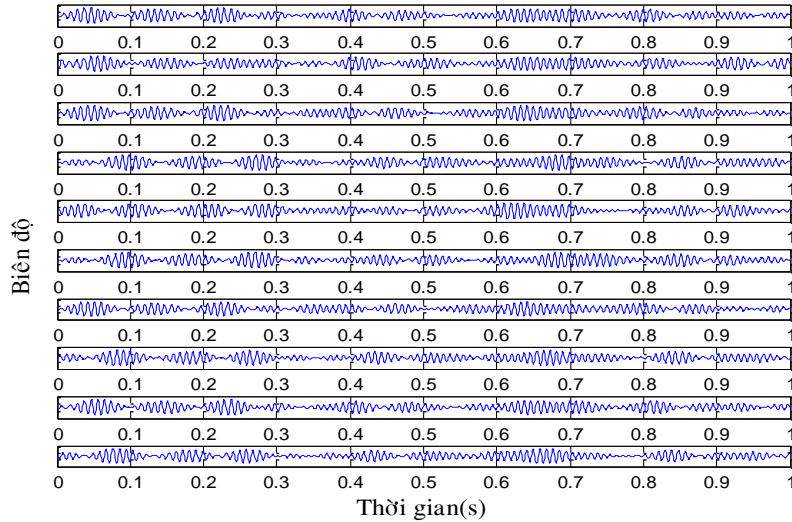
Nguồn âm dạng có độ rộng phổ 100÷120 Hz, tần số trung tâm 110 Hz, ở vị trí khoảng cách 2000m so với mạng hydrophone và 59m so với mặt nước biển. Dạng tín hiệu phát được thể hiện trên Hình 2.5.



Hình 2.5. Tín hiệu nguồn âm

2.3.2. Trường âm thu tại hydrophone

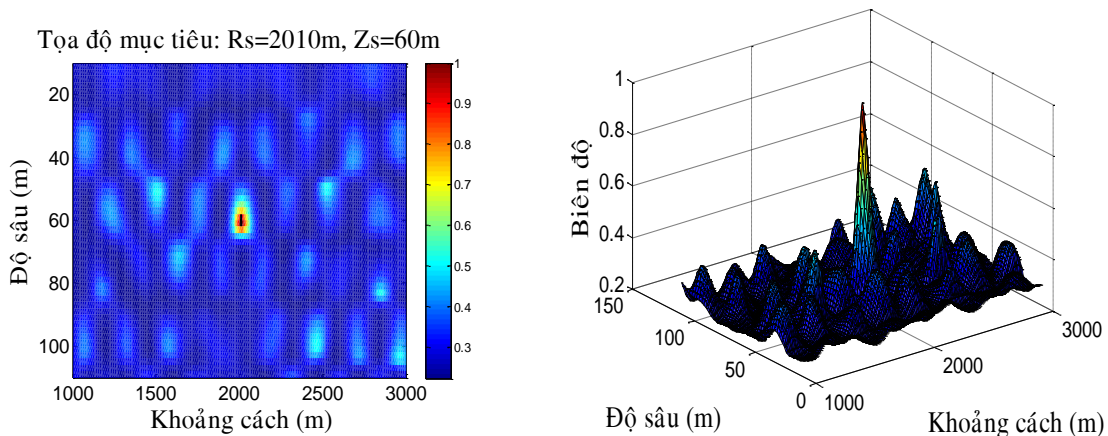
Hình 2.6 mô tả đặc trưng trường âm của 10 hydrophone trong mạng, với khoảng cách giữa các hydrophone là 10m.



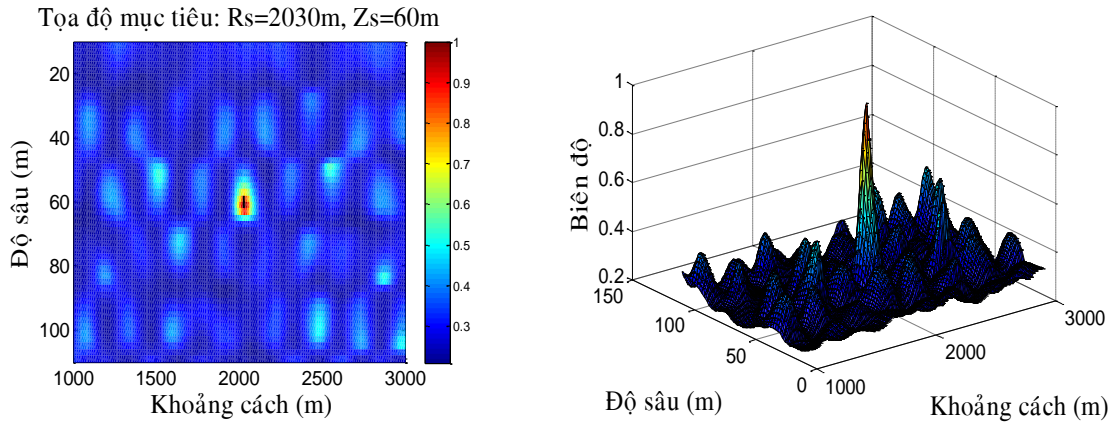
Hình 2.6. Trường tín hiệu âm thu ở mạng hydrophone

2.3.3. Mô phỏng ảnh hưởng của tham số lớp nước

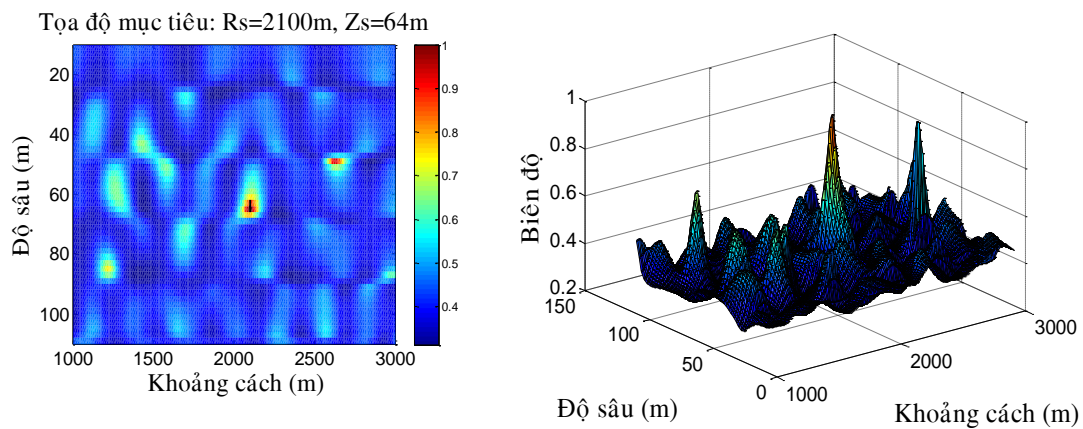
Trong các tham số lớp nước, vận tốc âm lớp nước là nhân tố quan trọng nhất vì nó phụ thuộc vào nhiệt độ, độ mặn và độ sâu và là tham số luôn thay đổi ảnh hưởng nhiều đến việc lan truyền sóng. Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của vận tốc âm lớp nước được thể hiện trên Hình 2.7÷2.10.



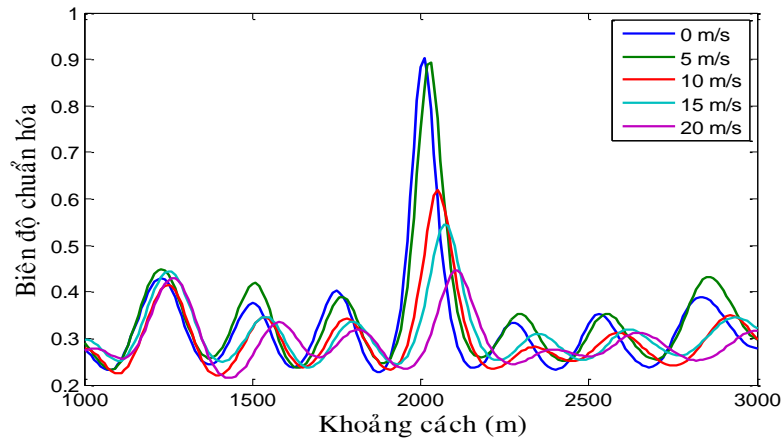
Hình 2.7. Hàm bề mặt thuật toán DL với $\Delta C = 0m/s$



Hình 2. 8. Hàm bề mặt thuật toán DL với $\Delta C = 5m/s$



Hình 2.9. Hàm bề mặt thuật toán DL thích nghi với $\Delta C = 20m/s$



Hình 2. 10. Lát cắt hàm bề mặt với c thay đổi

Kết quả mô phỏng cho thấy, sai số vận tốc âm ảnh hưởng đến sai số định vị. Khi sai số vận tốc âm, chất lượng định vị giảm. Khi sai số vận tốc tăng đến $\Delta C = 20m/s$ kết quả định vị bị sai với sai số cự ly $\Delta r = 100m$, sai số theo độ sâu $\Delta z = 5m$ và tỷ số định trên nền là $PBR = 6.5$.

Như vậy, với thuật toán DL, khi vận tốc âm thay đổi nhỏ $\Delta C < 20m/s$ kết quả phát hiện và định vị vẫn đảm bảo. Khi $\Delta C \geq 20m/s$ hàm bề mặt phát hiện và định vị mục tiêu cho kết quả sai.

Khảo sát với các nhân tố ảnh hưởng khác với thuật toán DL chỉ ra hàm bề mặt cho kết quả sai khi sai số độ sâu lớp nước $\Delta H > 5m$; sai số vận tốc lớp đáy $\Delta C \geq 100m/s$; sai số hệ số mật độ $\Delta \rho \geq 2.0g/cm^3$; hệ số suy hao $\Delta \lambda > 1.0\lambda/dB$, số lượng hydrophone yêu cầu tối thiểu lớn hơn hoặc bằng 6, tỷ số tín trên tạp $SNR \geq -6dB$.

Bảng 2.1. Giá trị của các nhân tố ảnh hưởng

Lớp Nước		Lớp đáy			Các nhân tố khác	
Vận tốc âm	Độ sâu	Vận tốc âm	Hệ số mật độ	Hệ số suy hao	Số Sensor	Nhiều
$\Delta C \geq 20m/s$	$\Delta H > 5m$	$\Delta C \geq 100m/s$	$\Delta \rho \geq 2.0g/cm^3$	$\Delta \lambda > 1.0\lambda/dB$	$N < 6$	$SNR < -6dB$

2.4. Kết luận chương 2

Trong chương 2 nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng phát hiện, định vị mục tiêu sử dụng thuật toán xử lý trường phối hợp thích nghi DL đối với một vùng nước nông điển hình ở Việt Nam. Kết quả khảo sát chỉ ra những yếu tố môi trường truyền âm trong biển ảnh hưởng đến chất lượng phát hiện định vị mục tiêu trong Sonar thụ động với thuật toán DL, làm rõ thêm những giá trị của từng yếu tố gây sai số. Các kết luận trên chỉ ra rằng thuật toán DL vừa có hiệu quả cao về nâng cao độ phân giải trong khi vẫn đảm bảo chống lại được sự mất phối hợp của môi trường. Tuy nhiên, trong một số trường hợp độ phân giải hàm bề mặt chưa cao, nên Chương 3 NCS đề xuất một thuật toán khắc phục nhược điểm này.

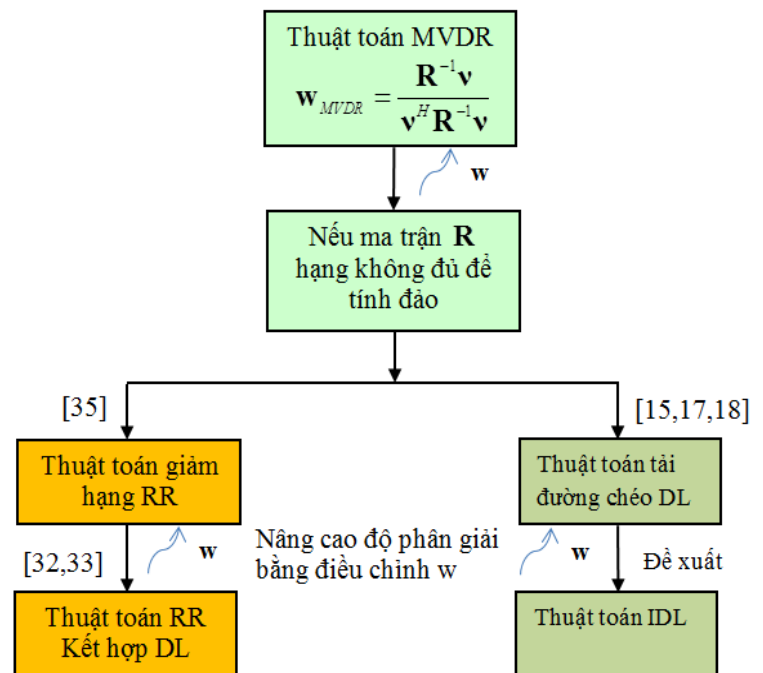
CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG THUẬT TOÁN THÍCH NGHI IDL ĐỂ GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ MẮT PHỐI HỢP MÔI TRƯỜNG NHẪM NÂNG CAO KHẢ NĂNG PHÁT HIỆN, ĐỊNH VỊ MỤC TIÊU NGẦM

Trong chương này đề xuất thuật toán tải đường chéo cải tiến IDL (Improved Dialog Loading) mà dựa trên cơ sở là sự phát triển của thuật toán tải đường chéo DL nhằm cải thiện độ phân giải và tỷ số đỉnh trên nền (Peak Background Rate - PBR) của hàm bề mặt trong bài toán phát hiện và định vị mục tiêu cho Sonar thụ động sử dụng phương pháp trường phối hợp thích nghi.

3.1. Giới thiệu chung

Mặc dù thuật toán DL và thuật toán giảm hạng được đưa ra để cải thiện nhược điểm của thuật toán MVDR trong giải ma trận đảo, tuy nhiên do sự điều chỉnh này, trong một số trường hợp độ phân giải của thuật toán bị giảm.

Để khắc phục nhược điểm này, một nghiên cứu được đề xuất bởi Koley [32], tác giả đề xuất một sự kết hợp giữa thuật toán giảm hạng để giải ma trận đảo, đồng thời sử dụng phương pháp tải đường chéo để điều chỉnh véc tơ trọng số của thuật toán làm nâng cao độ phân giải của của thuật toán.



Hình 3. 1. Sự phát triển thuật toán MVDR

Với phương pháp này việc tính toán ma trận bao gồm nhiều bước, trong đó có tính đến giải các trị riêng và véc tơ riêng và xác định véc tơ trực giao nên đòi hỏi việc tính toán lớn.

3.2. Đề xuất thuật toán IDL

Với mục đích đưa ra một phương pháp khác giải ma trận đảo khi ma trận không đủ hạng của thuật toán MVDR mà có thể giải bằng phương pháp tính. NCS đề xuất một phương pháp giải ma trận đảo bằng phương pháp tải đường chéo DL, kết hợp với sự điều chỉnh tải đường chéo sau khi đã tính ma trận đảo để nâng cao độ phân giải hàm bề mặt. Việc sử dụng phương pháp giải này không yêu cầu các bước tính toán phức tạp như phương pháp giảm hạng mà vẫn đảm bảo ước lượng ma trận đảo đảm bảo độ chính xác và dễ dàng thực hiện được bằng phương pháp tính.

Sự kết hợp này dựa trên phát triển thuật toán DL do vậy trong Luận án, NCS gọi là thuật toán tải đường chéo cải tiến IDL. Việc điều chỉnh hệ số thích nghi dựa trên cơ sở lựa chọn hệ số tải ε phù hợp để đảm bảo tính ma trận đảo. Tương ứng với mỗi giá trị ε_0 được chọn, thực hiện điều chỉnh giá trị β để nâng cao chất lượng độ phân giải.

Véc tơ trọng số của thuật toán IDL được tính như sau:

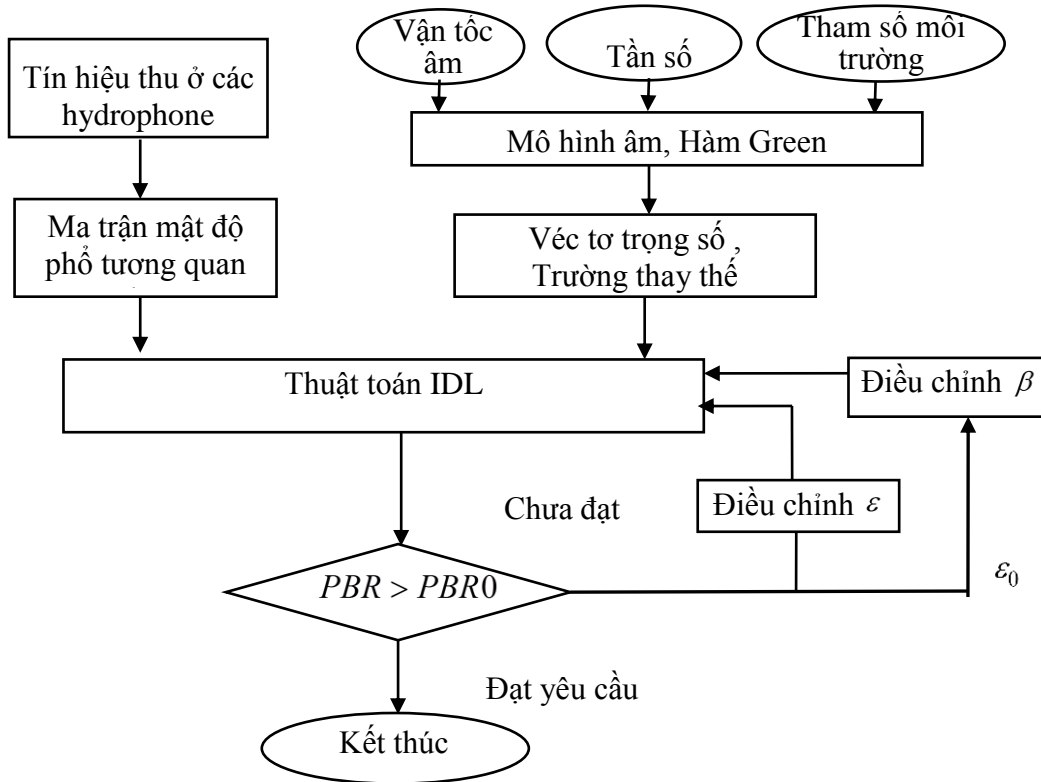
$$\mathbf{w}_{IDL} = \frac{\left[(\mathbf{R} + \varepsilon_0 \mathbf{I})^{-1} + \beta \mathbf{I} \right] \mathbf{v}}{\mathbf{v}^H \left[(\mathbf{R} + \varepsilon_0 \mathbf{I})^{-1} + \beta \mathbf{I} \right] \mathbf{v}} \quad (3.1)$$

Trong đó ε_0 là giá trị tải thích nghi trên cơ sở thuật toán DL, β là tham số điều chỉnh tương ứng với mỗi giá trị ε_0 đã lựa chọn.

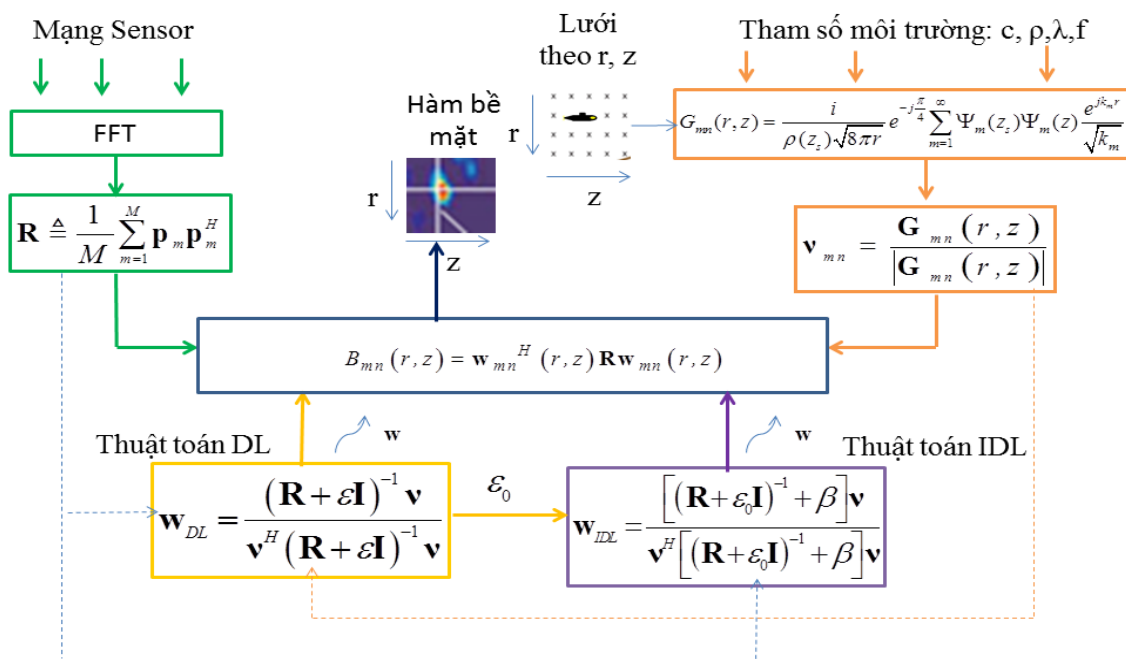
Năng lượng đầu ra của thuật toán IDL được tính:

$$B_{IDL} = \mathbf{w}_{IDL}^H \mathbf{R} \mathbf{w}_{IDL} \quad (3.2)$$

Mức độ thích nghi trong thuật toán IDL dựa trên cơ sở điều chỉnh hệ số tải ε , sau đó ứng với giá trị ε_0 lựa chọn, mức độ phân giải có thể điều chỉnh thêm hệ số β . Lưu đồ thuật toán IDL điều chỉnh hệ số thích nghi ε, β với lưu đồ thuật toán được cho trên Hình 3.2 và Hình 3.3.



Hình 3. 2. Thuật toán IDL



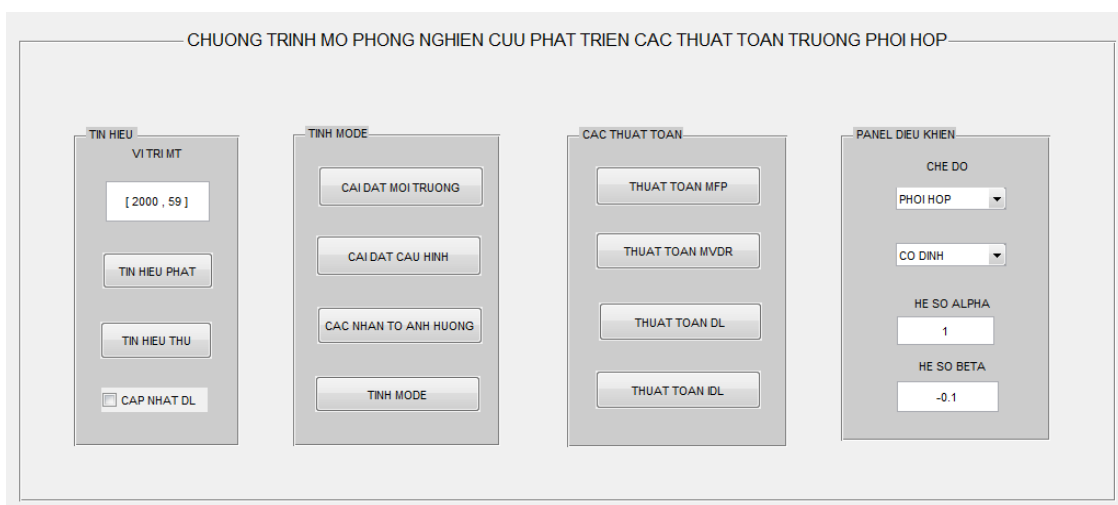
Hình 3. 3. Lưu đồ toán học thuật toán IDL

3.3. Khảo sát chất lượng định vị mục tiêu với thuật toán IDL ở vùng biển nông.

- Để đánh giá hiệu quả của thuật toán IDL, NCS chọn ở một vùng nước nông Việt Nam với các tham số môi trường đã trình bày trong chương 2.

- Sử dụng Bộ phần mềm mà NCS xây dựng bằng Matlab.

Giao diện chính của bộ phần mềm như Hình 3.4.

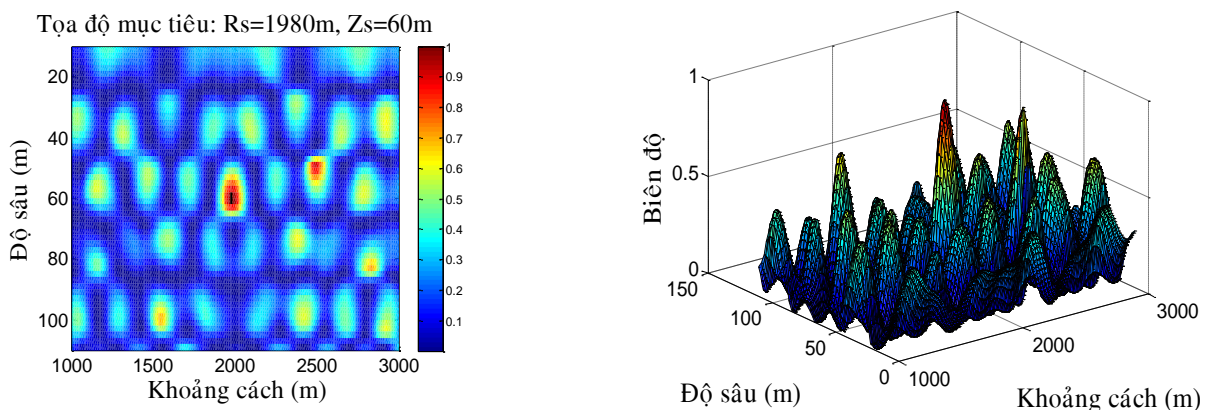


Hình 3. 4. Giao diện chương trình mô phỏng các thuật toán MFP

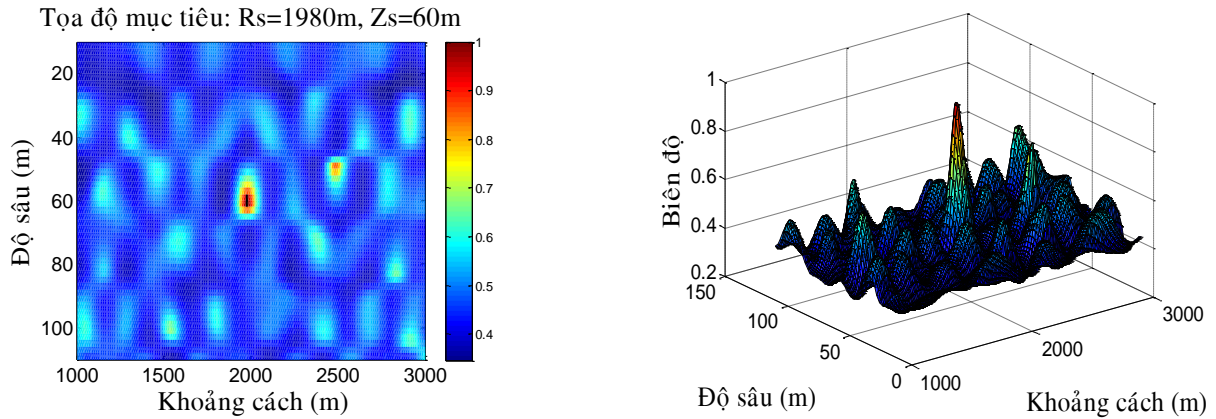
3.3.3. Kết quả mô phỏng

3.3.3.1. Mô phỏng trong trường hợp phối hợp

Kết quả mô phỏng trong trường hợp phối hợp được thể hiện trên Hình 3.5 và Hình 3.6.



Hình 3. 5. Hàm bề mặt thuật toán MFP thông thường

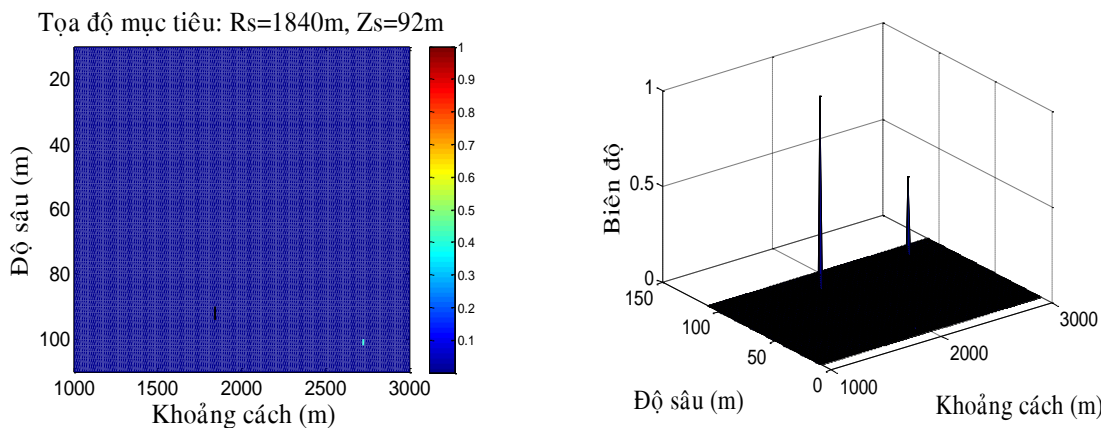


Hình 3.6. Hàm bề mặt thuật toán MVDR

Kết quả mô phỏng thể hiện, hàm bề mặt định vị chính xác trong cả hai trường hợp áp dụng thuật toán MFP, MVDR khi môi trường phối hợp. Tuy nhiên, với thuật toán MFP, hàm bề mặt ngoài búp chính còn nhiều búp phụ ảnh hưởng đến khả năng phát hiện và định vị mục tiêu. Với thuật toán MVDR, kết quả định vị được cải thiện khi búp chính tăng, búp phụ được giảm đáng kể, do đó tỷ số đỉnh trên nền tăng.

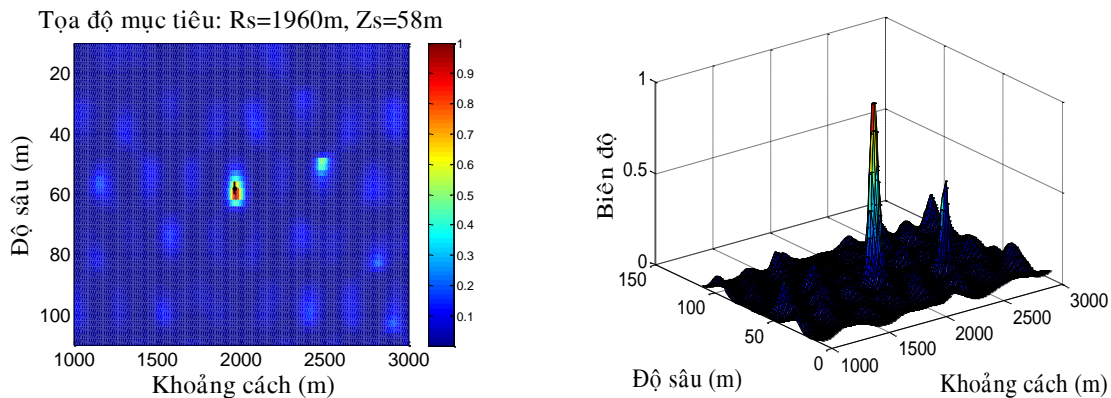
3.3.3.2. Mô phỏng trong trường hợp mất phối hợp

Trong luận án, xem xét sự mất phối hợp đến từ ma trận phổ chéo hạng không đủ dẫn đến việc tính, ước lượng ma trận đảo không thể thực hiện hoặc bị sai.

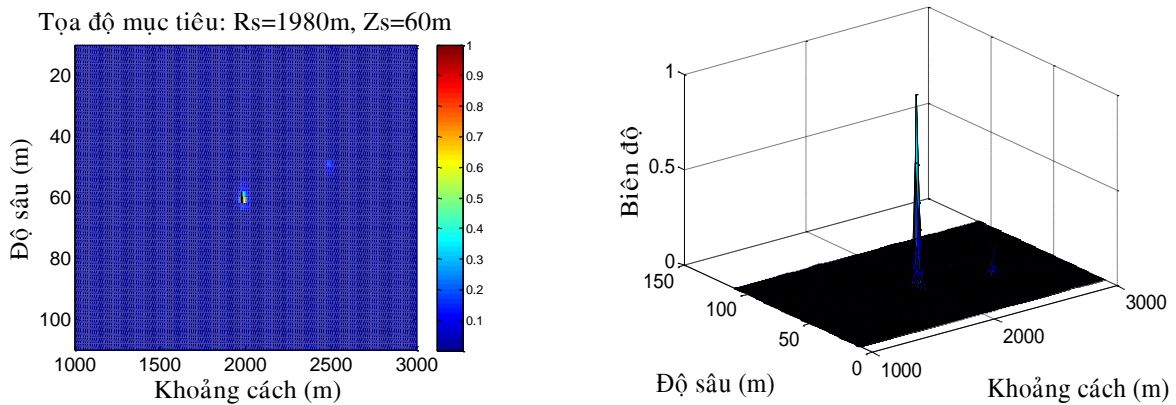


Hình 3.7. Hàm bề mặt thuật toán MVDR

Kết quả mô phỏng điều chỉnh hệ số β được thể hiện trên Hình 3.8, Hình 3.9 và Bảng 3.1.



Hình 3.8. Hàm bề mặt thuật toán IDL với $\varepsilon = 1, \beta = -0.1$



Hình 3.9. Hàm bề mặt thuật toán IDL với $\varepsilon = 1, \beta = -0.2$

Kết quả mô phỏng trên Hình 3.8 thể hiện khi môi trường mất phối hợp, việc ước lượng ma trận sai, kết quả định vị với thuật toán MVDR cho kết quả không chính xác. Kết quả Hình 3.9 thể hiện với thuật toán DL, có thể việc ước lượng ma trận đảo bằng cách thêm hệ số tải vào đường chéo ma trận để ma trận đủ hạng, kết quả định vị chính xác, tuy nhiên độ phân giải hàm bề mặt chưa cao (Tỷ số $PBR = 8.2$).

Kết quả mô phỏng Hình 3.8, 3.9 và Bảng 3.1 cho thấy, với thuật toán IDL, có khả năng định vị chính xác trong môi trường mất phối hợp đồng thời hàm bề mặt cũng cho độ phân giải cao khi lựa chọn hệ số

$\varepsilon_0 = 1$ và $-0.2 \leq \beta \leq 0$ để kết quả ra cho độ phân giải tốt hơn. Khi $\beta < -0.2$ kết quả hàm bề mặt phát hiện và định vị cho kết quả sai. Do vậy, khi yêu cầu độ phân giải không cần quá cao, để đảm bảo tính ổn định có thể lựa chọn $-0.2 \leq \beta \leq 0$ để đạt yêu cầu đề ra.

Bảng 3. 1. Khảo sát thuật toán IDL với các giá trị β khác nhau

Giá trị thích nghi	Tọa độ mục tiêu thực tế		Tọa độ đánh giá		Sai số xác định tọa độ		Đỉnh	Nền	Đỉnh/Nền
	r_{s0} (m)	z_{s0} (m)	\hat{r} (m)	\hat{z} (m)	$\Delta r(m)$	$\Delta z(m)$	U_p	U_B	PBR
$\varepsilon_0 = 1, \beta = 0$	2000	59	1980	60	20	1	1	0.1212	8.2487
$\varepsilon_0 = 1, \beta = -0.1$	2000	59	1960	58	40	1	1	0.0296	33.7912
$\varepsilon_0 = 1, \beta = -0.15$	2000	59	1960	58	40	1	1	0.0123	81.5390
$\varepsilon_0 = 1, \beta = -0.2$	2000	59	1980	60	20	1	1	0.0020	480.8697
$\varepsilon_0 = 1, \beta = -0.3$	2000	59	2480	50	480	9	1	1.8e-4	5.2e+03

3.4. Kết luận chương 3

Trong chương này, trên cơ sở đánh giá, phân tích các ưu nhược điểm của các thuật toán MFP điển hình như: MFP, MVDR, DL. NCS đề xuất thuật toán tải đường chéo cải tiến IDL dựa trên cơ sở phát triển thuật toán tải đường chéo DL nhằm cải thiện độ phân giải và tỷ số đỉnh trên nền (Peak Background Rate - PBR) của hàm bề mặt trong phát hiện và định vị mục tiêu. Thuật toán trên được khảo sát, đánh giá và so sánh với các thuật toán tồn tại trong một vùng nước nông điển hình. Kết quả mô phỏng cho thấy khi sử dụng thuật toán IDL có thể nâng cao độ phân giải hàm bề mặt so với thuật toán DL.

KẾT LUẬN

Luận án tính toán, xây dựng trường thay thế trên cơ sở tham số môi trường; nghiên cứu nhân tố ảnh hưởng đến thuật toán tải đường chéo DL trong bài toán phát hiện, định vị trong vùng biển nông Việt Nam. Từ đó đề xuất thuật toán tải đường chéo cải tiến IDL trên cơ sở điều chỉnh véc tơ trọng số của thuật toán DL nhằm cải thiện độ phân giải và tỷ số PBR của hàm bề mặt trong phát hiện và định vị mục tiêu.

1. Đóng góp mới của luận án

- Nghiên cứu xây dựng mô hình biển và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng phát hiện, định vị mục tiêu sử dụng thuật toán xử lý trường phối hợp thích nghi DL đối với một vùng nước nông điển hình ở Việt Nam. Kết quả khảo sát chỉ ra những yếu tố môi trường truyền âm trong biển ảnh hưởng đến chất lượng phát hiện định vị mục tiêu trong Sonar thụ động với thuật toán DL, làm rõ thêm những giá trị của từng yếu tố gây sai số.

- Đề xuất thuật toán tải đường chéo cải tiến IDL trên cơ sở điều chỉnh véc tơ trọng số của thuật toán DL giúp cải thiện độ phân giải và tỷ số đỉnh trên nền (PBR) của hàm bề mặt hàm bề mặt trong phát hiện định vị mục tiêu cho Sonar thụ động sử dụng phương pháp trường phối hợp thích nghi.

2. Hướng phát triển của luận án

- Xây dựng một trạm Sonar thụ động thực tế sử dụng thuật toán trường phối hợp ứng phát hiện và cảnh báo ngầm trong một vùng biển cụ thể của Việt Nam.

- Ứng dụng các thuật toán MFP để ước lượng một số tham số môi trường trong vùng nước nông Việt Nam.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Trần Phú Ninh, Trịnh Đăng Khánh, Bùi Ngọc Mỹ, “Đánh giá tổn hao khi truyền sóng âm trong vùng nước nông”, Tạp chí Khoa học và công nghệ quân sự, Số 41, 02-2016.
2. Trịnh Đăng Khánh, Nguyễn Xuân Long, Trần Phú Ninh, Lâm Việt Huy, “Phương pháp trường phối hợp dải rộng định vị mục tiêu ngầm trong vùng biển nông”, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, Số 180, Tháng 10, 2016.
3. Trịnh Đăng Khánh, Nguyễn Xuân Long, Trần Phú Ninh, Lâm Việt Huy, “Nghiên cứu thuật toán định vị mục tiêu ngầm sử dụng thuật toán trường phối hợp dải rộng, thích nghi tương quan”, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, Số 180, Tháng 10, 2016.
4. Trịnh Đăng Khánh, Trần Phú Ninh, Lâm Việt Huy, Đoàn Thế Hoàng, “Nghiên cứu ảnh hưởng của tham số lớp đáy đến độ chính xác định vị mục tiêu ngầm trong vùng biển nước nông”, Tạp chí Khoa học và công nghệ quân sự, Số Đặc san tên lửa, 10-2016.
5. Trần Phú Ninh, Trịnh Đăng Khánh, Nguyễn Xuân Long (2016), “Nghiên cứu thuật toán định vị mục tiêu ngầm sử dụng mạng Hydrophone trong vùng biển nước nông Việt Nam”, Hội thảo thông tin và định vị trên biển, Trung tâm Việt – Đức, Đại học Bách Khoa Hà Nội, 10-2016, pp. 7-11.
6. Trần Phú Ninh, Trịnh Đăng Khánh, Ngô Văn Huân, Lâm Việt Huy “Noise cancellation for source localization using the combination of MFP algorithm and LMS adaptive filter”, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, Số 186, Tháng 10, 2017.
7. Phu Ninh Tran, Dang Khanh Trinh, Quang Thi Nguyen (2016), “An investigation of the effects of factors on underwater localization with low source level in shallow water”, International Journal of Advances in Engineering & Technology (IJAET), Volume 9 Issue 6, pp. 584-591, December 2016.
8. Phu Ninh Tran, Khanh Dang Trinh, “Study on the effect of the sensor array on the source localization performance in shallow water”, 3rd EAI International Conference on Industrial Networks and Intelligent Systems September 4, 2017.
9. Phu Ninh Tran, Khanh Dang Trinh “Adaptive Matched Field Processing for Source Localization Using Improved Diagonal Loading Algorithm”, Acoustic Australia, Volume 45, Issue 2, pp 325-330, August 2017.