

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUÂN SỰ

NGUYỄN XUÂN LONG

NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN XỬ LÝ TRƯỜNG PHỐI HỢP
THÍCH NGHI CHO SONAR THỤ ĐỘNG ĐỊNH VỊ MỤC TIÊU NGẦM
TRONG VÙNG BIỂN NƯỚC NỘI VIỆT NAM

Chuyên ngành: Kỹ thuật Điện tử

Mã số: 62 52 02 03

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2016

Công trình được hoàn thành tại:

VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUÂN SỰ
BỘ QUỐC PHÒNG

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Trịnh Đăng Khánh
2. PGS.TS Nguyễn Quang Hùng

Phản biện 1: GS.TS Bạch Gia Dương

Đại học Công nghệ Hà Nội, Đại học Quốc gia Hà Nội

Phản biện 2: PGS. TSKH Đỗ Đức Lưu

Đại học Hàng hải Việt Nam

Phản biện 3: PGS.TS Trịnh Văn Loan

Đại học Bách khoa Hà Nội

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Viện họp tại
Viện KH&CN Quân sự vào hồi ngày tháng năm 2016.

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Viện KH&CN Quân sự;
- Thư viện Quốc gia Việt Nam.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết

Sonar thụ động là khí tài đã cho thấy có vai trò quan trọng trong trang bị của quân đội để bảo vệ các công trình, căn cứ tại vùng nước nông ở các nước có biển nói chung và ở Việt Nam nói riêng. Trên thế giới, việc nghiên cứu vấn đề xử lý trường phối hợp trong sonar thụ động để định vị mục tiêu được cộng đồng các nhà khoa học rất quan tâm. Trong đó, hướng nghiên cứu về phương pháp xử lý trường phối hợp MFP (Matched Field Processing), áp dụng trong sonar xử lý các tín hiệu và môi trường để định vị mục tiêu. Đây là xu hướng tiếp cận mới, được dựa trên việc sử dụng thông tin cần thiết về các đặc trưng của tín hiệu và nhiễu, đồng thời với các số liệu tiên nghiệm về kênh lan truyền của tín hiệu. Tuy nhiên bí quyết công nghệ và đặc biệt là những nghiên cứu về các tham số môi trường biển của mỗi quốc gia thường không được công bố, chính vì vậy đề tài luận án này tập trung: ***“Nghiên cứu thuật toán xử lý trường phối hợp thích nghi cho sonar thụ động định vị mục tiêu ngầm trong vùng biển nước nông Việt Nam”***.

2. Mục tiêu và nội dung nghiên cứu

Mục tiêu:

Nghiên cứu xây dựng thuật toán MFP thích nghi áp dụng cho mô hình sonar thụ động nhằm định vị được nguồn âm mục tiêu ngầm dải rộng, mức nhỏ ở điều kiện có nhiễu trong vùng biển dự kiến triển khai mô hình sonar thụ động. Việc xây dựng thuật toán dựa trên công cụ tính toán của mô hình kênh âm, thực hiện tổng hợp, xử lý các tham số thủy âm tại một khu vực biển nước nông cụ thể của Việt Nam.

Nội dung:

Tổng quan phương pháp chung về xử lý thông tin thủy âm của các phương tiện thủy âm thụ động, được phối hợp với kênh lan truyền, với các đặc trưng của tín hiệu và nhiễu; Nghiên cứu những vấn đề của thuật toán MFP đã được công bố, xác định những vấn đề cơ bản về ứng dụng của chúng. Đặt bài toán với các yêu cầu cần giải quyết cụ thể của sonar thụ động về định vị.

Đánh giá môi trường truyền âm, một số phương pháp sử dụng thuật toán MFP định vị mục tiêu ngầm của sonar thụ động trong vùng biển nước nông cụ thể; Phân tích công cụ tính kênh âm cơ sở áp dụng mô hình với những đặc thù môi trường ở vùng biển Việt Nam đã được chọn để dự kiến triển khai sonar; Nghiên cứu các ứng dụng của thuật toán MFP cho hệ thống sonar thụ động.

Xây dựng thuật toán MFP thích nghi, dải rộng, tương quan chéo để định vị vị trí nguồn âm tín hiệu dải rộng, mức thấp, có dạng sóng phát chưa biết, làm việc trong điều kiện biển nước nông Việt Nam; Mô phỏng đánh giá về thuật toán đã xây dựng áp dụng trong mô hình sonar thụ động.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu:

Mô hình ống dẫn sóng đại dương ứng dụng giải quyết vấn đề truyền âm trong biển nước nông. Những đặc trưng của nguồn âm mục tiêu ngầm, nhiễu đại dương và các thuật toán MFP áp dụng cho mô hình sonar thụ động thích nghi, nhằm định vị được nguồn âm mục tiêu dải rộng, mức nhỏ.

Phạm vi nghiên cứu:

Để làm rõ bản chất của thuật toán MFP áp dụng cho sonar thụ động định vị mục tiêu, trong luận án này nghiên cứu sinh tập trung nghiên cứu:

Phạm vi đối tượng: Những tham số thủy âm của vùng biển nước nông cụ thể ở Việt Nam, mô hình hóa tính toán sự truyền âm trong nước, các thuật toán MFP định vị mục tiêu ngầm trong biển nước nông mà mô hình sonar thụ động áp dụng.

Phạm vi vấn đề: Những tham số môi trường trong kênh âm và ảnh hưởng của chúng tới sự hoạt động định vị mục tiêu; vấn đề về kênh lan truyền âm, nguồn âm mục tiêu, nhiễu; Cơ sở toán học và vật lý phù hợp giải quyết các vấn đề về lan truyền âm trong biển nước nông. Định vị nguồn âm mục tiêu, các mô hình, công cụ áp dụng và phương tiện mô phỏng để thực hiện các nội dung nghiên cứu.

4. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp thống kê thu thập số liệu đo đạc về các tham số môi trường nước biển cụ thể để mô hình hóa kênh âm đại dương vùng biển đó;

Sử dụng phương pháp mode chuẩn mô tả quá trình lan truyền sóng âm trong biển nước nông; sử dụng mô hình ống dẫn sóng để áp dụng tính toán giải quyết bản chất, mối liên hệ các tham số về lan truyền sóng trong kênh âm;

Trên cơ sở những nghiên cứu về sonar thụ động áp dụng thuật toán MFP đã được công bố trên thế giới, dùng phương pháp đánh giá để nhận định tính hiệu quả của giải thuật cho sự phù hợp của điều kiện nghiên cứu áp dụng thuật toán MFP cho sonar thụ động ở Việt Nam. Phát triển nghiên cứu theo hướng xây dựng thuật toán với mục đích cải thiện được đối tượng định vị là mục tiêu dải rộng, trong trường hợp có nhiễu; dùng phương pháp so sánh đánh giá hiệu quả sử dụng thuật toán MFP áp dụng định vị các loại dải tín hiệu trong cùng môi trường của khu vực khảo sát.

Sử dụng phương pháp mô phỏng bằng công cụ Matlab để tạo giả các tín hiệu và so sánh đánh giá hiệu quả của thuật toán được xây dựng .

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

Ý nghĩa khoa học:

Đã nghiên cứu tập hợp cơ sở dữ liệu về các tham số môi trường, đảm bảo tính phù hợp khi áp dụng các công cụ lý thuyết, cũng như thực hành tính toán giải thuật.

Đã đi sâu nghiên cứu xây dựng thuật toán mới áp dụng cho sonar thụ động với công dụng, tính năng về định vị mục tiêu cụ thể (CC-A-BB-MFP) bằng xử lý các tham số về môi trường trong vùng biển nước nông Việt nam, khai thác theo các mô

hình công cụ tính toán lý thuyết của một số nghiên cứu đã công bố.

Luận án cũng đã luận giải, chứng minh tính mới của nghiên cứu về kết quả định vị mục tiêu ngầm khi sonar làm việc trong điều kiện biển cụ thể của Việt Nam.

Mô phỏng đánh giá mang tính trực quan và có định lượng các chỉ tiêu theo các tham số trong mô phỏng, quan tâm xây dựng sự lô gic trình tự chức năng theo các bước của thuật toán mới được xây dựng.

Ý nghĩa thực tiễn:

Các kết quả nghiên cứu của luận án đã góp phần làm rõ được tính khả thi của việc hiện thực hóa xây dựng thuật toán MFP giải quyết vấn đề định vị mục tiêu.

Trong thực tế, hiện nay quân đội chúng ta cũng đang có chương trình đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới cự ly hoạt động của các phương tiện thủy âm, với kết quả nghiên cứu cũng góp phần làm rõ hơn về một trường hợp cụ thể của chương trình nói trên.

Luận án đã tổng hợp, sử dụng tham số cơ bản liên quan, ảnh hưởng tới lan truyền âm và các giải pháp kỹ thuật thực hiện trong nghiên cứu, đề xuất miền ứng dụng sát với điều kiện thực tế cho việc xây dựng triển khai trạm sonar thụ động cố định, tại vùng biển nước nông Việt Nam.

6. Bố cục luận án

Bao gồm phần mở đầu, ba chương và kết luận chung, cụ thể như sau:

Chương 1. Tổng quan về MFP thích nghi cho sonar thụ động định vị mục tiêu ngầm

Tổng quan các phương pháp chung xử lý thông tin thủy âm của phương tiện thủy âm thụ động được phối hợp với kênh lan truyền, với các đặc trưng của tín hiệu mục tiêu và nhiễu. Trình bày các vấn đề yêu cầu về xử lý thích nghi trong định vị nguồn âm bằng đánh giá theo tỷ số tín trên tạp tối thiểu; nêu các vấn đề thích nghi làm tăng đáng kể khả năng của các hệ thống tính toán, xử lý dữ liệu, nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của các phương tiện thủy âm; viện dẫn các thực hiện thích nghi theo hướng tới, các đặc trưng cơ bản của tín hiệu mục tiêu và nhiễu tạp âm biển. Trên cơ sở phân tích các thuật toán MFP đã được công bố, xác định được các vấn đề cơ bản, để nghiên cứu về hoạt động của hệ thống sonar thụ động theo hướng MFP, trong đó quan tâm đến các đặc trưng của môi trường, các đặc trưng của tín hiệu và nhiễu. Từ đó đặt bài toán và các yêu cầu cần giải quyết.

Chương 2. Đánh giá môi trường truyền âm, nghiên cứu thuật toán định vị mục tiêu ngầm của sonar thụ động trong vùng biển nước nông Việt Nam

Đánh giá môi trường truyền âm, các thuật toán MFP định vị mục tiêu ngầm của sonar thụ động trong vùng biển nước nông. Khảo sát về tham số thủy âm với các đặc trưng có thể làm số liệu thủy văn điển hình để thử nghiệm, đánh giá theo các mô hình thuật toán xử lý tín hiệu thủy âm trong vùng biển nước nông Việt Nam; Phân tích công cụ nghiên cứu và các đặc thù môi trường ở vùng biển Việt Nam đã được chọn dự kiến triển khai;

Nghiên cứu các thuật toán MFP cho hệ thống sonar thụ động điển hình. Trên cơ sở đó đề xuất thuật toán CC-A-BB-MFP (Cross Correlation - Adaptive - Broad Band - Matching Field Processing) thích nghi, tương quan chéo để định vị vị trí nguồn âm tín hiệu dải rộng, mức thấp với dạng sóng phát chưa biết, làm việc trong điều kiện biển nông Việt Nam.

Chương 3. Xây dựng mô hình hệ thống sonar thụ động, đánh giá thuật toán CC-A-BB-MFP thích nghi, định vị mục tiêu ngầm có mức nguồn âm nhỏ trong vùng biển nông Việt Nam.

Xây dựng mô hình hệ thống sonar thụ động định vị mục tiêu ngầm trong vùng biển nông Việt Nam; Nêu đặc thù nguồn âm mục tiêu mức nhỏ, dải tần số thấp trong điều kiện có nhiễu.

Đề xuất thuật toán CC-A-BB-MFP, sử dụng khi định vị mục tiêu ngầm có mức nguồn âm nhỏ, trong vùng biển nông Việt Nam với mong muốn hạn chế và khử được nhiễu;

Mô phỏng quá trình của thuật toán CC-A-BB-MFP khử nhiễu ở chế độ định vị mục tiêu ngầm, mức nguồn âm nhỏ trong vùng biển nông Việt Nam. Thuật toán làm việc trong điều kiện có các loại nhiễu khác nhau là Gauss và Weibull với mức nhiễu lớn. Thuật toán định vị tốt nguồn âm dải rộng, khi có nhiễu với tỷ số SNR nhỏ hơn -3dB.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ XỬ LÝ TRƯỜNG PHỐI HỢP THÍCH NGHI CHO SONAR THỤ ĐỘNG ĐỊNH VỊ MỤC TIÊU NGẦM

Phân tích tổng quan các công trình đã có liên quan tới đề tài nghiên cứu, những vấn đề xử lý ở hệ thống sonar thụ động khi phối hợp với môi trường, với các đặc trưng của các trường tín hiệu và nhiễu để định vị mục tiêu.

Đặt bài toán và dự kiến hướng nghiên cứu cơ bản trong luận án.

1.1. Các phương pháp MFP thích nghi cho sonar thụ động hiện tại ở Việt Nam và nước ngoài

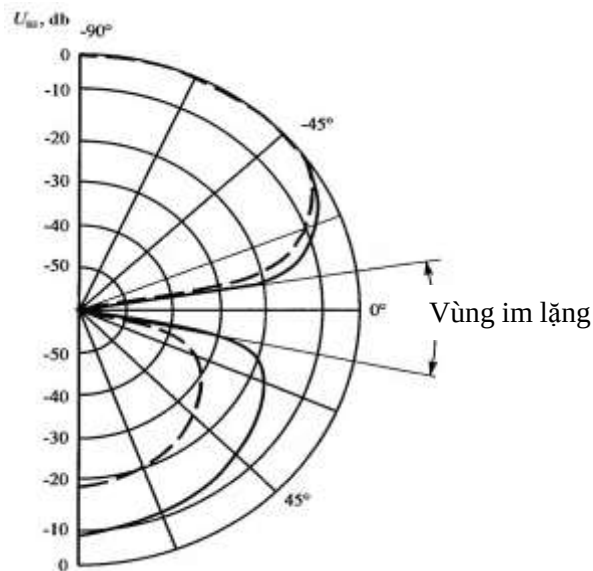
Các phương pháp MFP thích nghi với các đặc trưng của tín hiệu và nhiễu cho sonar thụ động, có thể được tiếp cận theo các phương pháp sau:

- (1) Tiếp cận theo phương pháp MFP dải hẹp với đặc trưng tín hiệu đã biết.
- (2) Tiếp cận theo phương pháp MFP thích nghi với đặc trưng tín hiệu dải rộng chưa biết và trong điều kiện có nhiễu.

1.1.1. Xử lý trường phối hợp thích nghi, các đặc trưng tín hiệu dải rộng, dải hẹp đã biết và chưa biết

1.1.1.1. Xử lý trường phối hợp thích nghi

Tính thích nghi trong hệ thống sonar thụ động đơn giản nhất, mô tả như trong việc thu tín hiệu, để nhận được mức cực đại của tín hiệu thì phải thay đổi góc nghiêng của giản đồ hướng anten trong mặt phẳng đứng; hay việc chọn lựa tối ưu vùng tần số, cho các điều kiện cụ thể của xử lý tín hiệu trong miền tần số. Thủ tục thích nghi có thể được thực hiện trực tiếp bởi trắc thủ thủy âm.



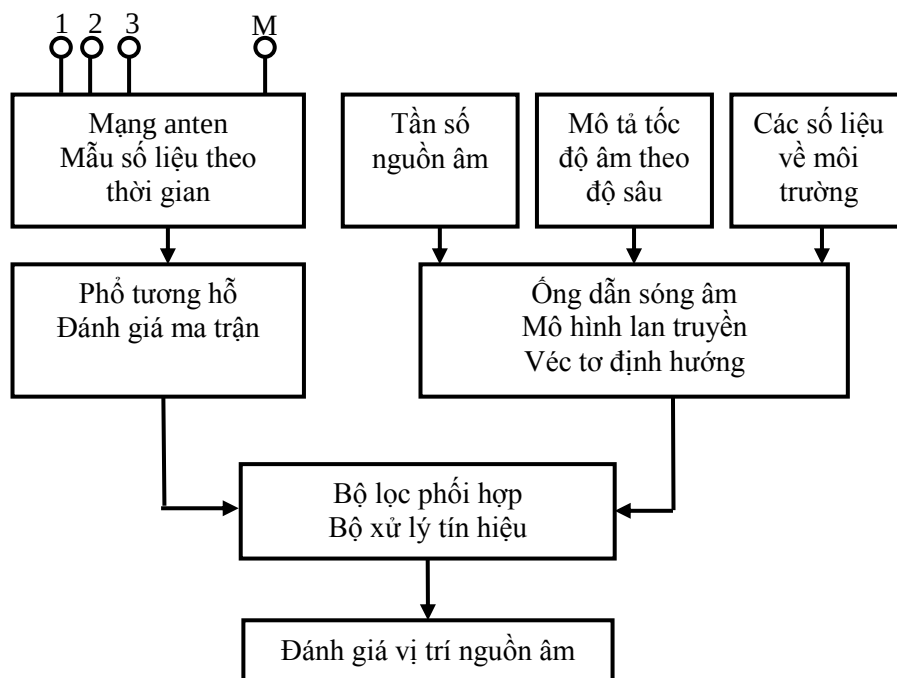
Hình 1.1. Tính dị hướng của các tập âm đại dương trong mặt phẳng đứng (đường nét liền khi $f = 1\text{kHz}$; đường nét đứt khi $f = 10\text{kHz}$)

1.1.1.2 Khái niệm về đặc trưng tín hiệu dải rộng và dải hẹp.

Để mô phỏng nguồn âm nói chung và của mục tiêu ngầm nói riêng, để thuận lợi cho phân loại và đánh giá các loại mục tiêu ngầm khác nhau, nhằm khai thác triệt để thông tin của các loại nguồn âm khác nhau đó. Ta phân nguồn âm thành 2 loại có tín hiệu dải rộng và dải hẹp. Nguồn âm có tín hiệu dải rộng có phổ tín hiệu tương ứng với dải phổ của mục tiêu ngầm từ 50Hz đến 500Hz, đây là loại nguồn âm mục tiêu ngầm điển hình nhất. Ngoài ra nguồn âm có phổ dải hẹp là phổ vạch tương ứng với một số tần số rời rạc ví dụ 100Hz, 200Hz, 350Hz.

1.1.2. Hệ thống sonar thụ động xử lý trường phối hợp dải hẹp với đặc trưng tín hiệu đã biết

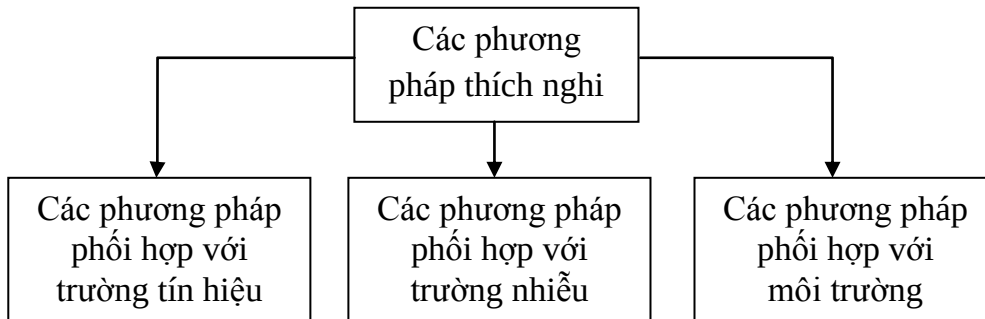
Sơ đồ khối mô hình sonar thực hiện các phương pháp như vậy được đưa ra trên hình 1.2.



Hình 1.2. Mô hình sonar xử lý trường phối hợp đánh giá vị trí của nguồn âm

1.1.3. Hệ thống sonar thụ động xử lý trường phối hợp thích nghi với đặc trưng tín hiệu dải rộng chưa biết và làm việc trong điều kiện có nhiễu

Trên hình 1.3 đã chỉ ra sự phân loại các thuật toán thích nghi. Có ba phương pháp thích nghi ứng dụng xử lý tín hiệu thủy âm trường có nhiễu thủy âm phức tạp:



Hình 1.3. Các thuật toán thích nghi phối hợp với tín hiệu, nhiễu và môi trường thủy âm

1.2. Phân tích và chọn lựa phương pháp nâng cao tính hiệu quả cho hệ thống sonar thụ động làm việc trong biển nước nông

Căn cứ đặc điểm chính về vùng nước triển khai sonar thụ động, để đảm bảo yêu cầu về tính hiệu quả làm việc của sonar, cần thiết thực hiện các yêu cầu sau:

- Hợp lý hóa cách bố trí, lắp đặt sonar thụ động với cấu trúc cho trước trong giới hạn vùng quan sát;
- Cần có các tham số thủy âm, thủy văn trong vùng nước nông điển hình này để cung cấp cho nghiên cứu, khảo sát và đánh giá các mô hình thuật toán xử lý tín hiệu thủy âm;
- Xây dựng cấu trúc của các sonar thụ động và các phương pháp xử lý thông tin thủy âm thích nghi với các điều kiện cụ thể của môi trường.

1.3. Đặt bài toán nghiên cứu

Qua các phân tích đánh giá và rút ra từ tổng quan tình hình nghiên cứu, bài toán của luận án được đặt ra cụ thể như sau:

Nghiên cứu thuật toán MFP thích nghi, để nâng cao khả năng định vị mục tiêu ngầm của sonar thụ động cố định trong vùng biển nước nông Việt Nam.

1) Giới hạn bài toán:

- Nghiên cứu sonar thụ động định vị mục tiêu ngầm trong vùng nước nông bằng áp dụng thuật toán MFP thích nghi;
- Phạm vi hoạt động của sonar là vùng biển nước nông cụ thể, với các tham số môi trường đặc trưng ảnh hưởng tới kênh lan truyền âm của khu vực đó.

2) Phương pháp giải quyết bài toán:

- Mô hình hóa kênh lan truyền âm bằng các mô hình, công cụ toán học để thực hiện;

- Phân tích, đánh giá các nghiên cứu đã công bố để lựa chọn mô hình sonar triển khai phù hợp trong vùng nước nông Việt Nam, có khả năng thực thi về tính toán, quan tâm việc chi phí hợp lý và triển khai thuận lợi.

- Nghiên cứu, đề xuất thuật toán xử lý trường phối hợp thích nghi, áp dụng trong mô hình sonar thụ động để thực thi giải quyết các vấn đề định vị mục tiêu;

3) Kết quả dự kiến:

- Xây dựng được mô hình kênh truyền âm ở phạm vi giới hạn của biển nước nông, với các tham số phục vụ việc tính toán để giải bài toán định vị nguồn âm có mức tín hiệu nhỏ, trong điều kiện có nhiễu;

- Đề xuất thuật toán xử lý trường phối hợp thích nghi, định vị mục tiêu ngầm là nguồn âm dải rộng, mức nguồn âm nhỏ trong vùng biển nông Việt Nam;

- Phạm vi khu vực biển nước nông ven bờ sonar kiểm soát được là khu vực biển cụ thể, có các tham số môi trường đặc trưng cho vùng đó, được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của chúng đến lan truyền âm, trong thực hiện định vị mục tiêu của sonar thụ động.

1.4. Kết luận chương 1

Chương một tổng quan về sonar thụ động định vị mục tiêu ngầm trong biển nước nông với những vấn đề chính sau:

- Đã nêu ngắn gọn các phương pháp chung xử lý thông tin thủy âm trong các phương tiện thủy âm thụ động, đó là các phương pháp xử lý được phối hợp với kênh lan truyền và với các đặc trưng của tín hiệu và nhiễu;

- Trình bày các vấn đề về yêu cầu xử lý thích nghi trong các phương pháp xử lý nhằm đánh giá định vị nguồn âm theo tỷ số tín trên tạp ở mức tối thiểu, làm tăng đáng kể khả năng của các hệ thống tính toán xử lý dữ liệu, trong việc nâng cao hiệu quả hoạt động của các phương tiện thủy âm nói chung;

- Trên cơ sở phân tích một số nghiên cứu về thuật toán MFP đã được công bố, xác định được các vấn đề cơ bản để nghiên cứu, đó là hướng MFP thích nghi, ở đó tính đến các đặc trưng của môi trường, các đặc trưng của tín hiệu và nhiễu của các hệ thống sonar thụ động;

- Đánh giá hệ thống sonar thụ động xử lý phối hợp dải hẹp với đặc trưng tín hiệu đã biết, đã có những thông tin tiên nghiệm về các tham số môi trường và tín hiệu nguồn âm trên các phép đo ở các phần tử anten mạng, để xử lý hình thành véc tơ trọng số, trong hình thành búp sóng về phía hướng đến của nguồn âm mục tiêu. Hệ thống sonar thụ động áp dụng MFP đối với nguồn âm tín hiệu dải hẹp với đặc trưng tín hiệu đã biết, làm rõ việc áp dụng lý thuyết tia trong vùng nước nông là không phù hợp vì tính đa đường và phức tạp của lan truyền âm;

- Nghiên cứu hệ thống sonar thụ động áp dụng MFP dải rộng với đặc trưng tín hiệu đã biết, sử dụng anten mạng, dựa vào thực hiện tương quan chéo tín hiệu thu giả định, bằng mô phỏng theo phản ánh sự phỏng đoán môi trường và tín hiệu thu được. Tương tự như vậy còn có phương pháp dựa trên tương quan chéo giữa hàm

Green và tín hiệu đo được.

Chương 1 cũng đặt ra yêu cầu cơ bản cho việc xác định vùng dự kiến triển khai sonar thụ động làm việc trong biển nước nông, yêu cầu về sự hợp lý, sự cần thiết của giải pháp khả thi, dự kiến những yếu tố phù hợp với các mô hình tính toán và dữ liệu có được để thực hiện.

CHƯƠNG 2: ĐÁNH GIÁ MÔI TRƯỜNG TRUYỀN ÂM, NGHIÊN CỨU CÁC THUẬT TOÁN ĐỊNH VỊ MỤC TIÊU NGẦM CỦA SONAR THỤ ĐỘNG TRONG BIỂN NƯỚC NÔNG VIỆT NAM

Trên cơ sở yêu cầu bài toán nghiên cứu được đặt ra ở Chương 1, Chương này trình bày sự cần thiết phải xác định khu vực triển khai hệ thống sonar quan sát trong biển nước nông Việt Nam, nghiên cứu mô hình truyền âm với các tham số của môi trường truyền âm tại khu vực này. Phần tiếp theo, trình bày sự lựa chọn các chỉ tiêu giải bài toán định vị nguồn âm của sonar thụ động. Dự kiến đưa ra thuật toán MFP với môi trường lan truyền, các đặc trưng của tín hiệu và nhiều đề thực hiện định vị mục tiêu ngầm; trên cơ sở thuật toán đưa ra các mô hình của các trường tín hiệu và nhiễu đối với thuật toán.

Sau khi phân tích nguyên lý chung và chọn lựa phương pháp nhằm nâng cao tính hiệu quả cho sonar thụ động, làm việc trong điều kiện biển nước nông Việt Nam, cho thấy rằng khi triển khai hệ thống sonar thụ động cố định, cần phải tính đến các đặc thù địa lý và thủy văn của vùng quan sát.

2.1. Đánh giá môi trường truyền âm trong biển nước nông Việt Nam

2.1.1. Sự cần thiết triển khai hệ thống sonar thụ động trong vùng nước nông Việt Nam

Ở Việt Nam chúng ta, những khu vực biển có độ sâu dưới 200m chiếm phần lớn vùng lãnh hải, đặc quyền kinh tế. Trong những khu vực ấy, đã diễn ra và ngày càng có xu hướng gia tăng các hoạt động ngầm bất hợp pháp cần được kiểm soát. Bài toán quan sát tình hình ngầm trong toàn bộ phạm vi rộng của biển nước nông nước ta là hết sức khó khăn, nhưng một trong các phương án triển vọng, đó là cách bố trí các phương tiện thủy âm được ấn định theo khu vực của vùng quan tâm.

2.1.2. Đánh giá môi trường vùng biển nước nông khu vực dự kiến triển khai hệ thống sonar thụ động

2.1.2.1. Phạm vi vùng biển khảo sát