

NGHIÊN CỨU PHÂN LOẠI MỤC TIÊU THEO ĐƯỜNG BAO BIÊN ĐỘ TIẾNG ỒN TRONG SÔNA

Trần Công Tráng, Bùi Trường Giang*, Trần Phú Ninh

Học viện Hải quân, Nha Trang, Khánh Hoà

*Email: truonggiang27685@gmail.com

Ngày nhận bài: 7/10/2022; ngày hoàn thành phản biện: 12/10/2022; ngày duyệt đăng: 20/10/2022

TÓM TẮT

Bài báo phân tích về phổ đường bao biên độ trong chế độ thụ động và chế độ phân loại mục tiêu bằng tiếng ồn của các hệ thống sona. Trên cơ sở đó, tác giả đưa ra lưu đồ thuật toán và xây dựng phần mềm phân tích đường bao biên độ để nhận dạng và phân loại mục tiêu.

Từ khoá: sona thụ động, đường bao biên độ, giải điều chế đường bao biên độ, nhận dạng, phân loại.

1. ĐẶC ĐIỂM PHỔ TIẾNG ỒN MỤC TIÊU

Tiếng ồn phát ra từ các phương tiện mang khác nhau (như tàu ngầm, tàu mặt nước) chính là *tín hiệu có ích* đối với sona thụ động. Các tiếng ồn này có thể được các sona thụ động thu nhận và xử lý để thu được các thông tin có ích về phương tiện mang đó.

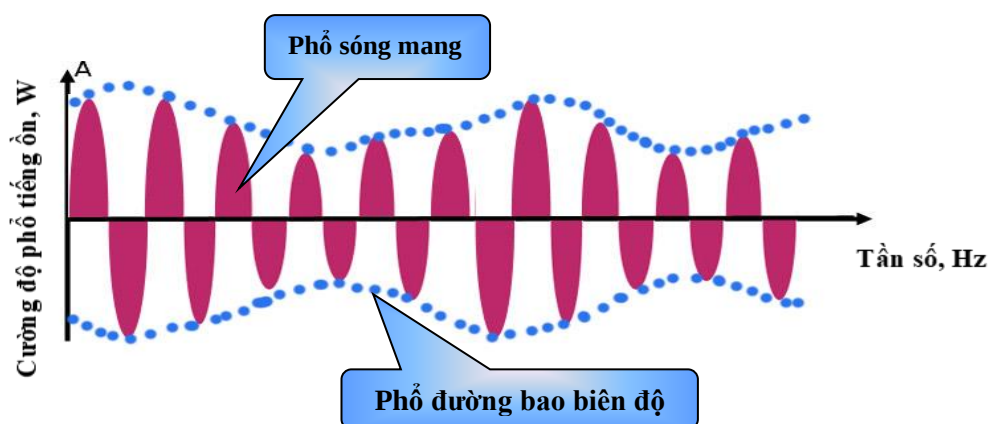
Trong quá trình xử lý, tiếng ồn thường được biến đổi từ miền thời gian sang miền tần số, ở dạng *phổ tiếng ồn* để dễ dàng thực hiện các giai đoạn tiếp theo trong chuỗi xử lý của sona thụ động (sơ cấp và thứ cấp).

Phổ tiếng ồn mục tiêu chứa những thông tin đặc trưng cho tính chất, đặc điểm mục tiêu và có thể được sử dụng để theo dõi, nhận dạng, phân loại mục tiêu. Từ các phổ tiếng ồn, ta sẽ phân tích được [1]:

+ Phổ sóng mang: là dạng phổ quan trọng, đặc trưng cho mỗi phương tiện mang. Từ phổ sóng mang, ta có thể thu được tần số sóng mang, là tần số trực tiếp tạo nên tiếng ồn mục tiêu.

+ Phổ đường bao biên độ: là dạng phổ chứa phổ sóng mang, giống như phổ của một tín hiệu được điều chế theo biên độ. Từ phổ đường bao biên độ, ta có thể thu được

tần số đường bao biên độ, là các tần số đặc trưng cho sự thay đổi biên độ tiếng ồn mục tiêu theo thời gian.



Hình 1: Minh hoạ phổ tiếng ồn với phổ sóng mang và phổ đường bao biên độ

Đường bao biên độ của tiếng ồn phương tiện mang được sử dụng rộng rãi trong thực tiễn để nhận dạng, phân loại mục tiêu. Trên cơ sở phân tích các tham số của đường bao biên độ có thể xác định được nhiều thông tin từ mục tiêu: lớp đối tượng, lượng giãn nước, số lượng trực - cánh chân vịt, vận tốc vòng quay của chân vịt, chế độ hành trình, đặc điểm vận động của tàu...

Các công trình đầu tiên về *phân tích điều chế biên độ* (hay *phổ đường bao biên độ*) đối với tiếng ồn phát ra từ tàu, lan truyền trong môi trường nước được công bố vào đầu những năm 1960 [1]. Tiếp đó, nhờ hiệu quả thực tiễn, phương pháp này được sử dụng rộng rãi trong nhận dạng, phân loại mục tiêu với nhiều công bố quốc tế [2-5]. Trong tài liệu tiếng Anh, các thuật toán phát hiện và đo thông số điều chế biên độ được gọi là Detection Envelope Modulation On Noise, viết tắt là DEMON. Trong nước, đã có một số công trình nghiên cứu về phổ đường bao biên độ và ứng dụng trong phát hiện các dạng tàu [6,7]. Tuy nhiên, do phương pháp này phần lớn ứng dụng trong quân sự, có liên quan đến đo lường tiếng ồn trong môi trường nước - là vấn đề còn tương đối mới ở nước ta, nên các công bố ở nước ta vẫn còn ít về số lượng và tính chuyên sâu.

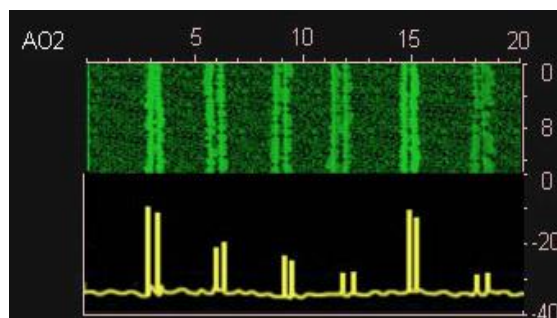
Theo các nghiên cứu, đường bao biên độ tiếng ồn của các phương tiện mang bao gồm 2 dạng chính:

- Đường bao của trực - cánh chân vịt: tạo ra bởi hiện tượng xâm thực sinh ra ở trực và cánh chân vịt của tàu khi chân vịt xoay ở vận tốc quá hạn, thường đặc trưng cho các đối tượng di chuyển với vận tốc lớn: tàu mặt nước, tàu ngầm, ngư lôi...

- Đường bao của chuyển động lắc: tạo ra bởi hiện tượng tròn tránh (lắc) của tàu trên bề mặt sóng. Khi đó, phần thể tích thân tàu nằm dưới mặt nước sẽ dao động mang tính chu kỳ.

Từ đó suy ra, một số thông tin về đặc điểm mục tiêu sẽ bao hàm trong đường bao biên độ của tiếng ồn mục tiêu. Từ phổ tiếng ồn mục tiêu, nếu ta xác định được sự tồn tại của phổ đường bao biên độ, thì cũng có thể nhận định được về các tham số của đường bao này. Các tham số bao gồm: số lượng thành phần rời rạc trong phổ đường bao biên độ, tần số của thành phần rời rạc...

Trên hình 2 mô tả đường bao biên độ của một tàu tuần dương, hiển thị trên màn hình phân loại mục tiêu dựa trên thuật toán DEMON của một tổ hợp sonar hiện đại.



Hình 2: Minh họa phổ đường bao biên độ trên màn hình sonar

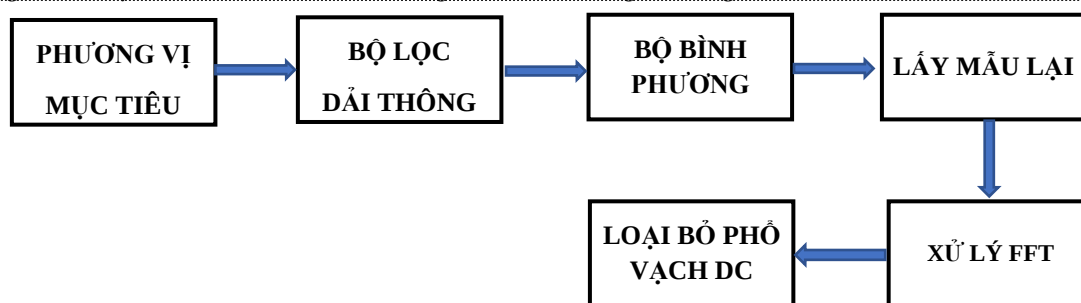
Đầu tiên, trắc thủ dựa vào tai nghe và các phổ ồn khác để đánh giá về lớp mục tiêu như: tàu ngầm hay tàu mặt nước, nếu là tàu mặt nước thì là loại tàu gì... Tiếp đó, từ phổ đường bao biên độ thu được từ phân tích DEMON (hình 2), trắc thủ bổ sung thêm được các thông số sau đây: Tần số cơ sở của trục chân vịt, tần số cơ sở của cánh chân vịt, số lượng trục chân vịt của tàu... Từ nhiều dấu hiệu, trắc thủ sẽ đánh giá chi tiết về đặc điểm của tàu, vận tốc của tàu đang hành trình.

2. THUẬT TOÁN PHÂN TÍCH PHỔ ĐƯỜNG BAO BIÊN ĐỘ

Bài báo tập trung phân tích về phổ đường bao biên độ và phương pháp sử dụng phổ này trong nhận dạng, phân loại mục tiêu.

Hình 3 biểu diễn sơ đồ khối của phân tích DEMON dạng cổ điển, được nhóm tác giả phân tích từ các tài liệu [4,5].

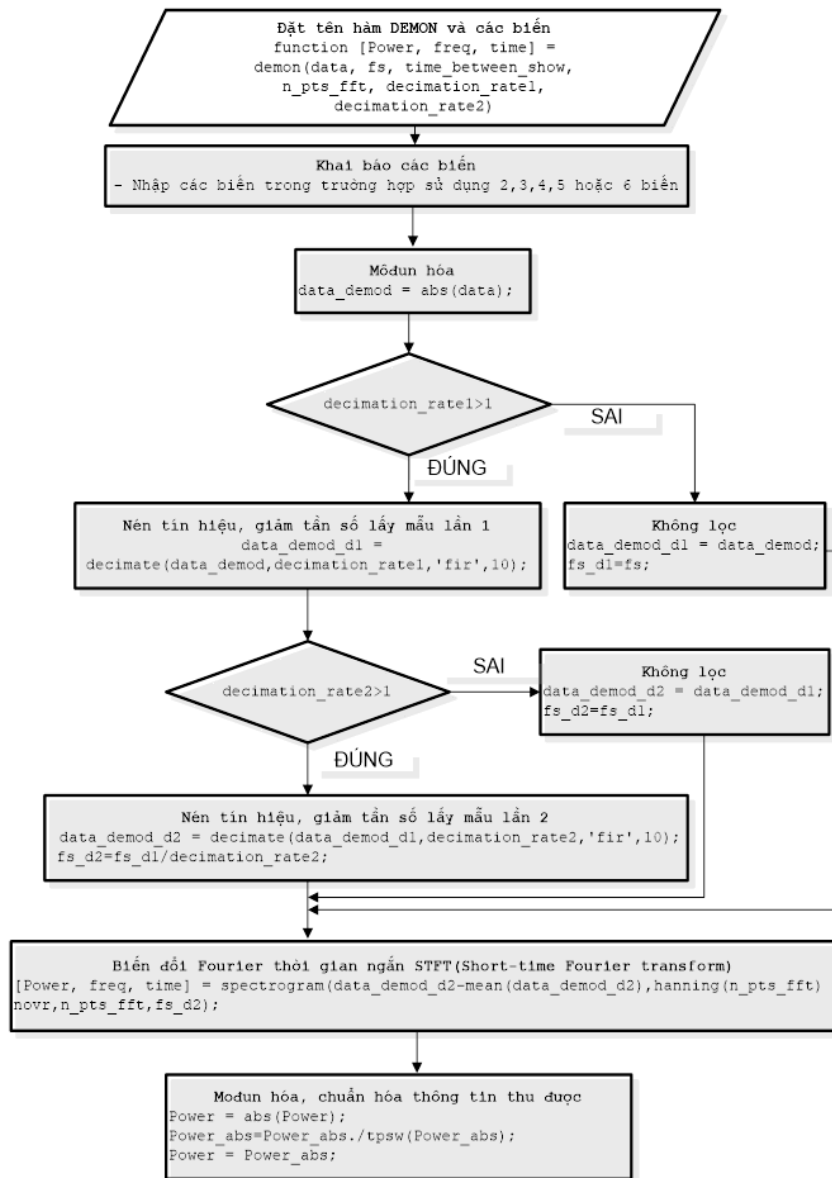
Từ đầu vào hệ thống sonar là tiếng ồn của mục tiêu với một phương vị cho trước, đặt một bộ lọc dải nhằm giới hạn dải tần số tiếng ồn xâm thực. Như vậy, điều quan trọng là phải lựa chọn dải phù hợp và thu được thông tin tối đa để nhận dạng mục tiêu. Tiếp theo đó, tín hiệu được xử lý bình phương (thông qua bộ bình phương), tương tự trong các thiết bị giải điều chế truyền thống. Sau đó, tín hiệu tiếp tục được tách ra bằng cách lấy mẫu lại (resample) để khảo sát tốt hơn trong dải tần số quan tâm. Sau đó, áp dụng thuật toán biến đổi Fourier nhanh để thực hiện phân tích tín hiệu trong miền tần số và tiến hành làm giảm nhiễu nền. Kết quả xử lý được đưa ra màn hình, được trắc thủ sử dụng như một công cụ để phân tích và nhận dạng, phân loại mục tiêu.



Hình 3: Thuật toán chương trình phân tích phổ đường bao biên độ

Dựa vào cơ sở lý thuyết của thuật toán đã phân tích, nhóm tác giả xây dựng lưu đồ thuật toán ở hình 3. Từ lưu đồ, nhóm tác giả có thể xây dựng các phần mềm phân tích, nhận dạng, phân loại các dạng mục tiêu ngầm khác nhau. Môđun phần mềm nhận dạng mục tiêu đã được nhóm tác giả nghiên cứu và thiết kế cho đề tài khoa học cấp Bộ quốc phòng: “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị huấn luyện sona nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng tổ hợp sona MGK-400EM”.

Hình ảnh giao diện môđun phần mềm sau khi phân tích một mẫu âm thực được biểu diễn trên hình 5. Mẫu âm thanh được nhóm tác giả sử dụng làm đầu vào phần mềm là tiếng ồn “sạch” (sau khi đã tách các nhiễu) của một tàu mặt nước, lấy từ cơ sở dữ liệu thủy âm quân sự do Liên bang Nga cung cấp. Tàu đang di chuyển với vận tốc chân vịt quay là 75 vòng/phút.



Hình 4. Lưu đồ thuật toán phân tích phổ đường bao biên độ.

3. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Sau khi phân tích phổ đường bao biên độ, tần số của vạch phổ, thể hiện vận tốc quay chân vịt của tàu, được tính theo công thức sau [6,7]:

$$f = k \frac{n}{60} \quad (1)$$

trong đó: k – Số thứ tự hài sóng âm ($k = 1$ ứng với sóng cơ sở, $k = 2, 3, \dots$ là sóng hài bậc 2, 3...); n – Vận tốc quay của chân vịt (số vòng/phút).

Dễ nhận thấy trên hình 5, vạch hiển thị rõ nét có tần số khoảng 3,5 Hz. Phía trước vạch rõ nét này, quan sát được 02 vạch mờ hơn với các tần số là ước số của 3,5 Hz. Từ đó có thể dự đoán vạch 3,5 Hz ứng với sóng hài bậc 3 ($k = 3$). Đưa vào công thức (1), ta tính được số vòng quay chân vịt là $n = 70$ (vòng/phút). Giá trị này tương đối gần với vận tốc thực là 75 vòng/phút. Sai số có thể là do quan sát giá trị tần số ứng với các vạch chưa chính xác, hoặc do tiếng ồn của chân vịt mục tiêu bị ảnh hưởng nhiều dạng nhiễu (nhiều môi trường biển, nhiễu riêng của tàu, nhiễu mạch xử lý tín hiệu...) nên ảnh hưởng đến kết quả cuối cùng.

Trên thực tế, phân tích phổ đường bao biên độ chỉ là một căn cứ để trắc thủ xác định, nhận dạng, phân loại mục tiêu. Ngoài ra, trắc thủ sona trên tàu còn có nhiều phương pháp và phép phân tích khác để đánh giá đặc điểm mục tiêu. Tuy nhiên, đây cũng là một phương pháp hiệu quả nếu trắc thủ sona hiểu và sử dụng thành thạo.

Trong bài báo, nhóm tác giả chưa so sánh được hiệu quả của phần mềm thiết kế so với phần mềm “nhúng” của các hệ thống sona hiện đại. Nguyên nhân là do không thể tách các phần mềm “nhúng” ra khỏi các hệ thống sona, và các phần mềm này đều xử lý dữ liệu mục tiêu “thực” từ các anten âm. Còn phần mềm của nhóm tác giả chỉ tạm thời phân tích tiếng ồn “sạch” của mục tiêu (do nước ngoài cung cấp, sau khi đã được xử lý tách nhiễu). Tuy nhiên, trong thời gian sắp tới, nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu áp dụng phần mềm vào các hệ thống sona thực tiễn để đánh giá hiệu quả nhận dạng, phân loại mục tiêu của phần mềm thiết kế.

KẾT LUẬN

Đường bao biên độ trong phổ tiếng ồn của mục tiêu là một nguồn quan trọng để cung cấp thông tin về đặc điểm của mục tiêu. Thuật toán phân tích đường bao biên độ là một công cụ quan trọng cho việc thiết kế các phần mềm, thiết bị nhận dạng, phân loại mục tiêu sau khi đã thu được những dữ liệu tiếng ồn từ sona thụ động.

Do tính chất phức tạp của quá trình phát hiện, nhận dạng, phân loại mục tiêu, thuật toán phân tích đường bao biên độ nên được sử dụng kết hợp cùng với các thuật toán khác để đạt hiệu quả cao nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tuteur F. B. Detection of wide-band signals modulated by a low-frequency sinusoid, Processing of Data from Sonar Systems, Ed. by R. A. MacDonald et al. Appendix A-4, Yale University, New Haven, Conn, USA.963. AD-420575.
- [2]. D'Assupcao H. A. Theoretical assessment of DEMON performance. *Technical Memorandum WRE-CPD-TM-169*, 1970.

- [3]. Пятакович В.А., Василенко А.М., Хотинский О.В. (2017). Распознавание и классификация источников формирования полей различной физической природы в морской среде, *Владивосток: Морской государственный университет*, 150-165.
- [4]. N. N. de Moura, J. M. de Seixas and Ricardo Ramos (2021). Passive Sonar Signal Detection and Classification Based on Independent Component Analysis, In-book: Sonar Systems, Edited by N. Z. Kolev, *IntechOpen*, 93-104.
- [5]. Qihu Li (2011). Digital sonar design in underwater acoustics: principles and applications, *Springer*, 317-324.
- [6]. R.J. Urick. Principles of Underwater Sound. Third Edition, *Peninsula Publishing*, Los Altos Hills, CA, 1983, 337-340.
- [7]. Mai Bạch Dương, Bùi Trường Giang (2019). Đặc điểm tiếng ồn dải hẹp của chân vịt tàu, *Tạp chí Hải quân số 03* (322).
- [8]. Bạch Nhật Hoàng, Nguyễn Văn Đức, Vũ Lê Hà, Vũ Hải Lăng, Phân tích và ứng dụng các thuật toán dạng DEMON dùng trong phát hiện tín hiệu tàu, *Tạp chí KH & CN quân sự*, Số Đặc san Viện Điện tử, 9/2020.

RESEARCH ON TARGET CLASSIFICATION BY NOISE ENVELOPE IN SONAR SYSTEMS

Tran Cong Trang, Bui Truong Giang*, Tran Phu Ninh

Naval Academy, Nha Trang, Khanh Hoa

*Email: truonggiang27685@gmail.com

ABSTRACT

The article analyzes the amplitude envelope spectrum in the passive and classification mode of sonar systems. On that basis, the authors give algorithmic flowchart and build the software of analyzing the amplitude envelope for target identification and classification.

Keywords: passive sonar, amplitude envelope, DEMON, identification, classification



Trần Công Tráng sinh năm 1972 tại Ninh Bình. Năm 2011, ông tốt nghiệp kỹ sư tại Học viện Hải quân. Năm 2009, ông tốt nghiệp thạc sĩ tại Đại học Đà Nẵng. Năm 2020, ông tốt nghiệp tiến sĩ tại Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự. Hiện nay, ông công tác tại Học viện Hải quân

Lĩnh vực nghiên cứu: Thủy âm học và sona, radar - dẫn đường, tác chiến điện tử.



Bùi Trường Giang sinh ngày 27/6/1985 tại Vĩnh Long. Năm 2011, ông tốt nghiệp kỹ sư chuyên gia tại Trường Đại học Kỹ thuật Điện Xanh Petecbua, LB Nga. Năm 2014, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Âm thanh học tại LB Nga. Hiện nay, ông công tác tại Học viện Hải quân

Lĩnh vực nghiên cứu: Thủy âm học, âm thanh học, công nghệ dưới nước.



Trần Phú Ninh sinh ngày 18/02/1980 tại Nam Định, Ông tốt nghiệp kỹ sư ngành điện - điện tử tại trường Học viện kỹ thuật quân sự năm 2004, tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành kỹ thuật ra đa dẫn đường năm 2011, tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành kỹ thuật ra đa dẫn đường năm 2018 tại Học viện kỹ thuật quân sự. Hiện nay, ông công tác tại Học viện Hải quân.

Lĩnh vực nghiên cứu: Thủy âm học, thông tin Hải quân, tác chiến điện tử