



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0053693

(51)^{2020.01} G01S 7/41; G01S 13/04; G01S 7/292

(13) B

(21) 1-2020-03070

(22) 29/05/2020

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/12/2020 393A

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỆN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

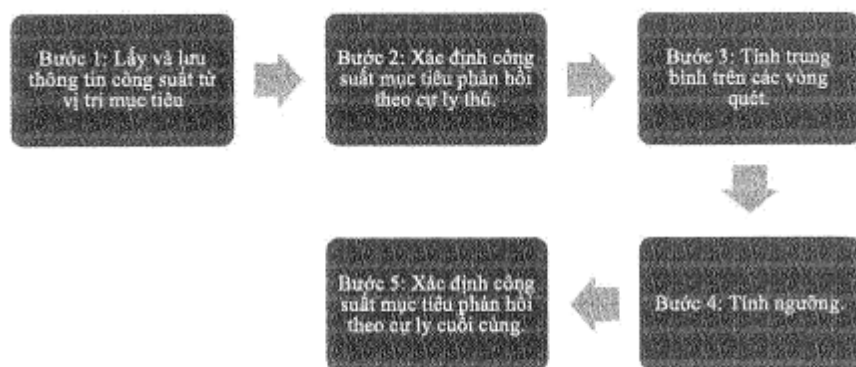
(72) NGUYỄN VĂN LỢI (VN); LÊ THÀNH SƠN (VN); TRẦN TRUNG KIÊN (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CÔNG SUẤT MỤC TIÊU PHẢN HỒI THEO CỤ LY
CHO RA-ĐA CẢNH GIỚI BIÊN

(21) 1-2020-03070

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly cho ra-đa cảnh giới biên cung cấp cho chúng ta thông tin về mục tiêu như: loại mục tiêu, cấu trúc mục tiêu và kích thước mục tiêu theo hướng tâm đài ra-đa. Một số ra-đa hiện đại hiện nay được trang bị tính năng trích xuất công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly nhưng kết quả chưa chính xác do hạn chế về thuật toán xử lý. Sáng chế giải quyết vấn đề trên theo hướng đề xuất phương pháp xác định công suất mục tiêu gồm các bước: lấy và lưu trữ thông tin công suất phản hồi từ vị trí mục tiêu, xác định công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly cho mỗi vòng quét, lấy trung bình công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly theo các vòng quét, tính ngưỡng, xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly cuối cùng.



Hình 3

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly trên ra-đa cảnh giới biển. Phương pháp xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly cho ra-đa cảnh giới biển được đề cập trong sáng chế được ứng dụng trong lĩnh vực cảnh giới biển, an toàn an ninh đường biển.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phương pháp xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly được sử dụng trong các đài ra-đa thế hệ mới để tính kích thước xung của mục tiêu cũng như hỗ trợ việc tự động nhận biết mục tiêu dựa trên cấu trúc của đồ thị công suất mục tiêu trả về.

Ra-đa là hệ thống gồm các khối ăng-ten, cao tần, thu-phát và xử lý tín hiệu radio nhằm phát hiện mục tiêu dựa trên tín hiệu phản hồi.

Kích thước xung của mục tiêu có sự tương ứng với chiều dài mục tiêu được xác định dựa trên độ rộng xung tín hiệu trả về (theo cự ly).

Trong thực tế hiện tại, một số hệ thống ra-đa cảnh giới biển tại Việt Nam cũng được trang bị tính năng hiển thị đồ thị công suất mục tiêu phản hồi và ước lượng kích thước xung của mục tiêu. Tuy nhiên, thực tế quan sát tại các đài ra-đa này cho thấy đồ thị công suất mục tiêu theo cự ly thường không đúng với dạng mục tiêu (như được thể hiện trên Hình 1 và Hình 2) như: có nhiều đỉnh do ảnh hưởng của nhiễu, chiều dài không phù hợp (vùng gần chiều dài xung mục tiêu dài hơn so với thực tế - Hình 1, vùng xa chiều dài xung mục tiêu ngắn hơn so với thực tế - Hình 2) do ảnh hưởng của tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu. Do vậy, cần thiết phải nghiên cứu và đề xuất phương pháp khác để xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly chính xác hơn. Việc này có ý nghĩa không chỉ là cải thiện một số tính năng hiện có trên ra-đa cảnh giới biển thế hệ mới ở Việt Nam, mà còn là tiền đề để giúp chúng ta tăng xác suất nhận biết/phân loại mục tiêu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để thực hiện được mục đích của sáng chế, sáng chế sử dụng hệ thống xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly trên ra-đa cảnh giới biển giúp xác định công suất mục tiêu theo cự ly cho ra-đa cảnh giới biển. Hệ thống theo sáng chế bao gồm hai hệ thống con: hệ thống xác định thô và hệ thống làm mượt và cắt gọn. Trong đó, hệ thống xác định thô có chức năng xác định công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly, hệ thống xác định thô bao gồm hai khối là khối lưu công suất phản hồi và khối lấy trung bình theo phương vị; hệ thống làm mượt và cắt gọn có chức năng xác định công suất phản hồi của mục tiêu theo cự ly, hệ thống này bao gồm ba khối là khối lưu và tính trung bình theo vòng quét, khối xác định ngưỡng, khối xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly. Trong đó,

Khối lưu công suất mục tiêu phản hồi có chức năng thực hiện lưu các công suất phản hồi từ khu vực có mục tiêu khi búp sóng quét qua mục tiêu theo thứ tự thời gian.

Khối lấy trung bình theo phương vị có chức năng thực hiện lấy trung bình công suất phản hồi từ khu vực có mục tiêu theo các góc phương vị để xác định công suất thô của mục tiêu theo cự ly từ các dữ liệu được lưu.

Khối lưu và tính trung bình theo vòng quét có chức năng thực hiện lưu các véc-tơ công suất thô của mục tiêu theo cự ly từ N vòng quét ($N = 12$, gồm 11 vòng quét ra-đa trước đó và vòng hiện tại). Sau đó, lựa chọn các vòng quét trong N vòng quét sao cho góc lệch giữa hướng chiếu xạ mục tiêu và hướng di chuyển của mục tiêu không thay đổi quá lớn so với góc lệch giữa hướng chiếu xạ mục tiêu và hướng di chuyển của mục tiêu ở vòng hiện thời để đưa vào lấy trung bình công suất thô theo các vòng quét được lựa chọn.

Khối xác định ngưỡng có chức năng thực hiện tính 03 ngưỡng (ngưỡng trái, ngưỡng phải và ngưỡng chung) cho các bước tính toán tiếp theo.

Khối xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly có chức năng thực hiện thuật toán mới (được đề xuất) để đưa ra công suất phản hồi từ mục tiêu theo cự ly.

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly trên ra-đa cảnh giới biển. Để đạt được mục đích trên, phương pháp được đề xuất trong sáng chế bao gồm các bước như sau:

Bước 1 - lấy và lưu thông tin công suất từ vị trí mục tiêu; bước này giúp thu được 61 véc-tơ công suất phản hồi từ khu vực mục tiêu tương ứng với 61 ô phương vị. Mỗi véc-tơ công suất gồm 201 giá trị tương ứng với công suất phản hồi từ 201 ô phân giải cự ly.

Bước 2 - xác định công suất thô của mục tiêu; kết quả thu được của bước này là công suất thô của mục tiêu theo cự ly ở vòng quét hiện tại.

Bước 3 - tính trung bình theo vòng quét; tại bước này, tiến hành lấy trung bình cộng giá trị công suất theo vị trí tương ứng của véc-tơ công suất ở các vòng quét (tính cả vòng hiện tại) để tạo ra công suất trung bình vòng quét của mục tiêu theo cự ly đến vòng quét hiện tại.

Bước 4 - xác định ngưỡng; tại bước này xác định *ngưỡng chung* λ , *ngưỡng trái* λ_{left} và *ngưỡng phải* λ_{right} , các giá trị ngưỡng λ (tương ứng λ_{left} và λ_{right}) biểu diễn cho mức công suất nhiễu nền (tương ứng mức công suất nhiễu nền phía bên trái và bên phải của tâm chùm mục tiêu).

Bước 5 - xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly; tại bước này, tiến hành tính các giá trị mức công suất của mục tiêu phản hồi so với nhiễu nền ở bên trái và bên phải của cửa sổ.

Mô tả tóm tắt hình vẽ

Hình 1 thể hiện công suất phản hồi theo cự ly của tàu chở hàng có chiều dài 181m di chuyển về phía đài ra-đa ở khoảng cách 19,4 km tính từ đài ra-đa;

Hình 2 minh họa công suất phản hồi theo cự ly của tàu chở hàng có chiều dài 132m di chuyển về phía đài ra-đa ở khoảng cách 148,4 km tính từ đài ra-đa;

Hình 3 là hình minh họa các bước thực hiện phương pháp;

Hình 4 trình bày lối ước tính kích thước của mục tiêu bằng cách sử dụng các công suất phản hồi theo cự ly được trích xuất bằng phương pháp dựa trên cửa sổ cổ điển và phương pháp đề xuất;

Hình 5 minh họa góc lệch giữa tia chiếu xạ ra-đa và hướng di chuyển của mục tiêu;

Mô tả chi tiết sáng chế

Hệ thống xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly cho ra-đa cảnh giới biển được tích hợp vào hệ thống xử lý dữ liệu ra-đa, hệ thống theo ứng dụng này bao gồm:

Hệ thống xác định công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly được sử dụng làm đầu vào của hệ thống làm mượt và cắt gọn để thu được công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly.

Công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly là một véc-tơ công suất chứa giá trị trung bình của các véc-tơ công suất phản hồi từ vùng chứa mục tiêu theo chiều góc phương vị.

Công suất phản hồi từ một ô cự ly là công suất thu được sau khi xử lý tương can ở cùng một ô cự ly.

Hệ thống xác định thô bao gồm hai khối: khối lưu công suất mục tiêu phản hồi lưu trữ các véc-tơ công suất phản hồi theo chiều hướng tâm từ vùng chứa mục tiêu khi búp sóng ăng-ten quét qua mục tiêu và khối lấy trung bình theo góc phương vị lấy giá trị trung bình của tất cả các véc-tơ công suất phản hồi của mục tiêu theo góc phương vị. Đầu ra của khối lấy trung bình được gọi là công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly.

Hệ thống làm mượt và cắt gọn bao gồm ba khối: khối lưu và tính trung bình trên các vòng quét công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly từ N vòng quét liên tiếp ($N=12$, bao gồm 11 vòng quét ra-đa trước đó và vòng quét hiện tại). Sau đó, lựa chọn các vòng quét mà tại đó góc chiếu xạ của mục tiêu và góc chiếu xạ của mục tiêu ở vòng quét hiện tại là giống nhau (có nghĩa là chúng không khác xa nhau) để có công suất trung bình phản hồi từ mục tiêu theo cự ly tương ứng với những vòng quét đã chọn.

Trong khối xác định ngưỡng, 3 ngưỡng (ngưỡng trái, ngưỡng phải và ngưỡng chung) được tính toán. Các ngưỡng này sẽ được sử dụng trong các bước tiếp theo. Giá trị của ngưỡng chung (tương tự, ngưỡng trái và ngưỡng phải) đại diện cho mức công suất nhiều theo hướng hướng tâm (trái và phải) của tâm mục tiêu (tương ứng, nhiều theo hướng hướng tâm trái và phải của tâm mục tiêu).

Khối xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly xác định công suất phản hồi bằng cách sử dụng thuật toán mới được đề xuất. Đầu ra của khối này là công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly cuối cùng.

Phương pháp xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly bao gồm những bước sau:

Bước 1: lấy và lưu thông tin công suất từ vị trí mục tiêu.

Đối với mỗi mục tiêu được xác nhận (mục tiêu có thể bao gồm tàu, thuyền hoặc các vật thể biển khác), tại vị trí của mục tiêu (tâm của mục tiêu) trong mỗi vòng quét, chúng ta lấy 61 véc-tơ công suất phản xạ theo chiều cự ly, mỗi véc-tơ có dạng $(x_1, \dots, x_{100}, x_{101}, x_{102}, \dots, x_{201})$. Vì vậy, chúng ta thu được ma trận 61×201 có dạng:

$$\begin{bmatrix} x_1^{(1)}, \dots, x_{100}^{(1)}, x_{101}^{(1)}, x_{102}^{(1)}, \dots, x_{201}^{(1)} \\ x_1^{(31)}, \dots, x_{100}^{(31)}, x_{101}^{(31)}, x_{102}^{(31)}, \dots, x_{201}^{(31)} \\ x_1^{(61)}, \dots, x_{100}^{(61)}, x_{101}^{(61)}, x_{102}^{(61)}, \dots, x_{201}^{(61)} \end{bmatrix}$$

Công suất tâm chùm của mục tiêu ở vị trí x_{101} . Các số 61, 201 được chọn để đảm bảo có thể bao phủ các mục tiêu lớn (như tàu sân bay). Những con số này phụ thuộc vào độ phân giải cự ly và độ phân giải góc phương vị của đài ra-đa và có thể được thay đổi thông qua màn hình giao diện ra-đa. Việc truy xuất và lưu thông tin công suất từ vị trí mục tiêu được thực hiện tự động.

Ở cuối bước này, chúng ta thu được 61 véc-tơ công suất phản hồi từ vùng mục tiêu tương ứng với 61 góc phương vị. Mỗi véc-tơ công suất có 201 giá trị tương ứng với công suất phản xạ từ 201 ô cự ly.

Bước 2: xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly thô.

Từ 61 véc-tơ công suất phản hồi theo 61 góc phương vị trong Bước 1, lấy trung bình các giá trị công suất theo các vị trí tương ứng để tạo ra công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{61} \sum_{j=1}^{61} x_i^{(j)}, i = 1, 2, \dots, 201$$

Véc-tơ công suất $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{201})$ ở đầu ra của bước 2 được gọi là "công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly ở vòng quét hiện tại".

Bước 3: tính trung bình trên các vòng quét.

Lưu công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly qua 12 vòng quét ra-đa liên tiếp (11 vòng quét trước đó và vòng quét hiện tại) từ bước 2 và một ngưỡng xác định trước a_{thres} (độ). Xác định các vòng quét trong số 11 vòng quét trước đó sao cho góc lệch giữa tia chiếu xạ ra-đa và hướng di chuyển của mục tiêu (xem Hình 5) không vượt quá a_{thres} . Sau đó, lấy trung bình cộng giá trị công suất theo vị trí tương ứng của véc-tơ công suất ở các vòng quét này (tính cả vòng hiện tại) để tạo ra công suất trung bình vòng quét của mục tiêu theo cự ly đến vòng quét hiện tại.

Việc sử dụng 12 vòng quét ra-đa là tối ưu trong trường hợp ra-đa hoạt động ở chế độ ăng-ten ra-đa quay 6 vòng/phút. Nếu chúng ta sử dụng nhiều hơn 12 vòng quét, các tín hiệu phản hồi có thể không tương can. Nếu sử dụng ít hơn 12 vòng quét, điều đó có thể dẫn đến tính không ổn định của dữ liệu.

Bước 4: tính ngưỡng.

Gọi $(x_1, \dots, x_{100}, x_{101}, x_{102}, \dots, x_{201})$ là công suất trung bình vòng quét của mục tiêu phản hồi theo cự ly đến vòng quét ra-đa hiện tại thu được ở bước 3. Công suất tâm chùm của mục tiêu ở vị trí x_{101} . Bằng cách sử dụng biểu đồ có 14 bins cho:

- tất cả 201 giá trị x_i ($i=1, \dots, 201$), chúng ta thu được bin có tần số tối đa. Giới hạn trên của bin này sẽ được dùng làm ngưỡng chung và ký hiệu là λ .

- các giá trị x_i ($i=1, \dots, 100$) ta thu được bin có tần số lớn nhất. Giới hạn trên của bin này sẽ được dùng làm ngưỡng bên trái và ký hiệu là λ_{left} .

- các giá trị x_i ($i=102, \dots, 201$) ta thu được bin có tần số tối đa. Giới hạn trên của thùng này sẽ được dùng làm ngưỡng bên phải và được ký hiệu là λ_{right} .

Ngưỡng λ (tương ứng λ_{left} và λ_{right}) thể hiện mức công suất của nhiễu (tương ứng là nhiễu ở bên trái và bên phải của tâm mục tiêu) ($x_1, \dots, x_{100}, x_{101}, x_{102}, \dots, x_{201}$). Số bin (14 bins) được chọn bằng cách sử dụng quy tắc Freedman-Diaconis.

Bước 5: xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly cuối cùng.

Tiến hành tạo cửa sổ bao gồm duy nhất 01 giá trị y_{101} vì giá trị y_{101} là tâm của mục tiêu và hiển thị trên màn hình ra-đa, việc tạo cửa sổ được thực hiện như sau:

- Lấy 18 ô cự ly (9 ô liền kề bên trái và 9 ô liền kề bên phải của cửa sổ). Do độ phân giải của ra-đa trong phương án thực hiện được mô tả trong sáng chế này là 3m nên 18 ô cự ly sẽ có khoảng cách là 54m, khoảng cách phù hợp với các mục tiêu biển. Nếu lấy ít ô cự ly hơn thì không đảm bảo tính thống kê. Nếu lấy nhiều ô cự ly hơn thì có thể vượt quá chiều dài của nhiều loại mục tiêu biển.
- Tính các giá trị trung vị M_{left} và M_{right} của công suất trong 9 ô liền kề bên phải và 9 ô liền kề bên trái.
- Tính các giá trị: $M_{\text{left}} - \lambda_{\text{left}}$ và $M_{\text{right}} - \lambda_{\text{right}}$. Các giá trị này cho ta biết mức công suất của mục tiêu phản hồi so với nhiễu nền ở bên trái và bên phải của cửa sổ.
- Mở cửa sổ thêm 01 ô liền kề về bên trái nếu:

$$M_{\text{left}} - \lambda_{\text{left}} \geq M_{\text{right}} - \lambda_{\text{right}} \quad (1)$$

Ngược lại, mở cửa sổ thêm 01 ô liền kề về bên phải.

Quá trình mở cửa sổ kết thúc khi,

$$M_{left}(\text{tương ứng}, M_{right}) < \Delta_{thres} \times \sum p_{win} \quad (2)$$

trong đó, $\sum p_{win}$ là tổng công suất trong tất cả các ô của cửa sổ; giá trị ngưỡng Δ_{thres} phụ thuộc vào độ dài $l(win)$ của cửa sổ (độ dài của cửa sổ là số ô cụ lý hiện có trong cửa sổ nên chỉ phụ thuộc vào thuật toán mở cửa sổ).

$$\Delta_{thres} = \begin{cases} 0,025 & \text{khi } l(win) < 16 \\ 0,0125 & \text{khi } l(win) < 30 \\ 0,01 & \text{khi } l(win) < 45 \\ 0,0075 & \text{khi } l(win) < 60 \\ 0,005 & \text{khi } l(win) > 60 \end{cases} \quad (3)$$

Từ (3) cho thấy giá trị Δ_{thres} được tự động lựa chọn linh hoạt (không phải thiết lập cứng). Các giá trị 16, 30, 45 và 60 được chọn dựa trên độ phân giải cụ lý của đài ra-đa (giá trị độ phân giải cụ lý là 3m theo phương án đang mô tả trong sáng chế) và chiều dài của tàu thuyền các loại khác nhau. Các giá trị 0,025; 0,0125; 0,01; 0,0075 và 0,005 thu được từ kết quả thực nghiệm.

Hiệu quả của sáng chế

Kết quả thực nghiệm với số liệu thực tế thu được từ ra-đa có độ phân giải cụ lý 3m ở Việt Nam cho thấy phương pháp mới được đề xuất giúp giảm sai số ước tính chiều dài mục tiêu theo phương hướng tâm là 11,6% so với phương pháp dựa trên cửa sổ cố điển trước đây (Hình 4).

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly cho ra-đa cảnh giới biên bao gồm các bước:

bước 1: lấy và lưu trữ thông tin công suất phản hồi từ vị trí mục tiêu; thu được 61 véc-tơ công suất phản hồi từ vùng chứa mục tiêu tương ứng với 61 góc phương vị, mỗi véc-tơ công suất phản hồi có 201 giá trị tương ứng với các công suất phản hồi từ 201 ô phân giải cự ly;

bước 2: xác định công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly cho mỗi vòng quét, từ 61 véc-tơ công suất phản hồi theo 61 góc phương vị ở bước 1, lấy trung bình các giá trị công suất theo các vị trí tương ứng để tạo ra công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly;

bước 3: lấy trung bình công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly theo các vòng quét, lưu công suất thô phản hồi từ mục tiêu theo cự ly của 12 vòng quét ra-đa liên tiếp (11 vòng quét trước đó và vòng quét hiện tại) từ bước 2 và một ngưỡng xác định trước a_{thres} (độ); xác định các vòng quét trong số 11 vòng quét trước đó sao cho góc lệch giữa tia chiếu xạ ra-đa và hướng di chuyển của mục tiêu không vượt quá a_{thres} ; sau đó, lấy trung bình cộng giá trị công suất theo vị trí tương ứng của véc-tơ công suất ở các vòng quét này (tính cả vòng hiện tại) để tạo ra công suất trung bình vòng quét của mục tiêu theo cự ly đến vòng quét hiện tại;

bước 4: tính ngưỡng;

gọi $(x_1, \dots, x_{100}, x_{101}, x_{102}, \dots, x_{201})$ là công suất trung bình vòng quét của mục tiêu phản hồi theo cự ly đến vòng quét ra-đa hiện tại thu được ở bước 3; công suất tâm chùm của mục tiêu ở vị trí x_{101} bằng cách sử dụng biểu đồ có 14 bins cho:

- tất cả 201 giá trị x_i ($i=1, \dots, 201$), thu được bin có tần số tối đa, giới hạn trên của bin này sẽ được dùng làm ngưỡng chung và ký hiệu là λ ;

- các giá trị x_i ($i=1, \dots, 100$) thu được bin có tần số lớn nhất, giới hạn trên của bin này sẽ được dùng làm ngưỡng bên trái và ký hiệu là λ_{left} ;

- các giá trị x_i ($i=102, \dots, 201$) thu được bin có tần số tối đa, giới hạn trên của thùng này sẽ được dùng làm ngưỡng bên phải và được ký hiệu là λ_{right} ;

ngưỡng λ (tương ứng λ_{left} và λ_{right}) thể hiện mức công suất của nhiễu (tương ứng là nhiễu ở bên trái và bên phải của tâm mục tiêu) ($x_1, \dots, x_{100}, x_{101}, x_{102}, \dots, x_{201}$); số bin (14 bins) được chọn bằng cách sử dụng quy tắc Freedman-Diaconis;

bước 5: xác định công suất mục tiêu phản hồi theo cự ly cuối cùng: tiến hành tạo cửa sổ bao gồm duy nhất 01 giá trị y_{101} vì giá trị y_{101} là tâm của mục tiêu và hiển thị trên màn hình ra-đa, việc tạo cửa sổ được thực hiện như sau:

- lấy 18 ô cự ly (9 ô liền kề bên trái và 9 ô liền kề bên phải của cửa sổ), do độ phân giải của ra-đa trong phương án thực hiện được mô tả trong sáng chế này là 3m nên 18 ô cự ly sẽ có khoảng cách là 54m, khoảng cách phù hợp với các mục tiêu biển; nếu lấy ít ô cự ly hơn thì không đảm bảo tính thống kê; nếu lấy nhiều ô cự ly hơn thì có thể vượt quá chiều dài của nhiều loại mục tiêu biển;
- tính các giá trị trung vị M_{left} và M_{right} của công suất trong 9 ô liền kề bên phải và 9 ô liền kề bên trái;
- tính các giá trị: $M_{left} - \lambda_{left}$ và $M_{right} - \lambda_{right}$, các giá trị này cho ta biết mức công suất của mục tiêu phản hồi so với nhiễu nền ở bên trái và bên phải của cửa sổ;
- mở cửa sổ thêm 01 ô liền kề về bên trái nếu:

$$M_{left} - \lambda_{left} \geq M_{right} - \lambda_{right} \quad (1)$$

ngược lại, mở cửa sổ thêm 01 ô liền kề về bên phải,

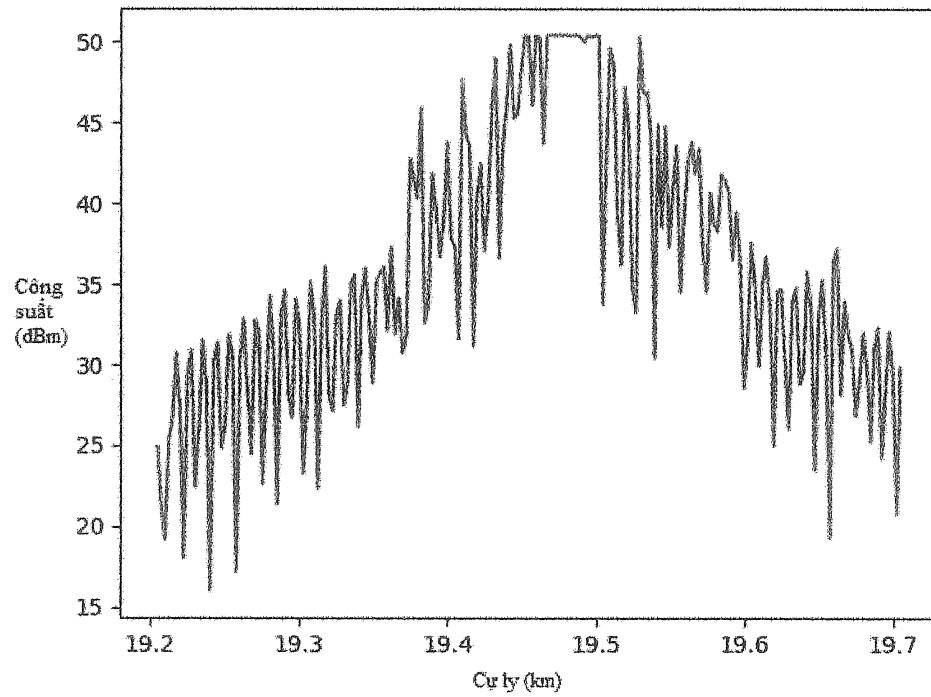
quá trình mở cửa sổ kết thúc khi,

$$M_{left} \text{ (tương ứng, } M_{right}) < \Delta_{thres} \times \sum p_{win} \quad (2)$$

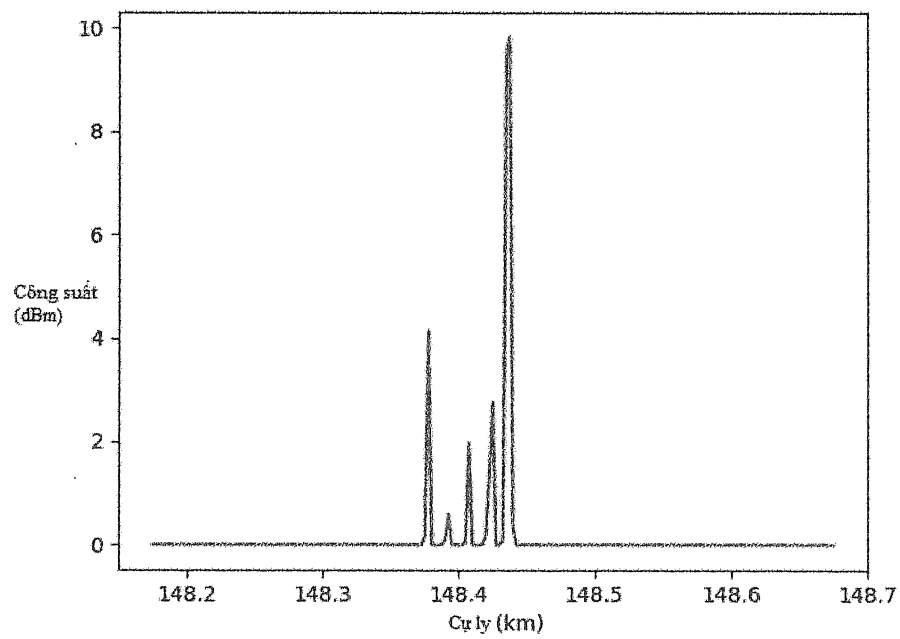
trong đó, $\sum p_{win}$ là tổng công suất trong tất cả các ô của cửa sổ; giá trị ngưỡng Δ_{thres} phụ thuộc vào độ dài $l(win)$ của cửa sổ (độ dài của cửa sổ là số ô cụ lý hiện có trong cửa sổ nên chỉ phụ thuộc vào thuật toán mở cửa sổ);

$$\Delta_{thres} = \begin{cases} 0,025 & \text{khi } l(win) < 16 \\ 0,0125 & \text{khi } l(win) < 30 \\ 0,01 & \text{khi } l(win) < 45 \\ 0,0075 & \text{khi } l(win) < 60 \\ 0,005 & \text{khi } l(win) > 60 \end{cases} \quad (3)$$

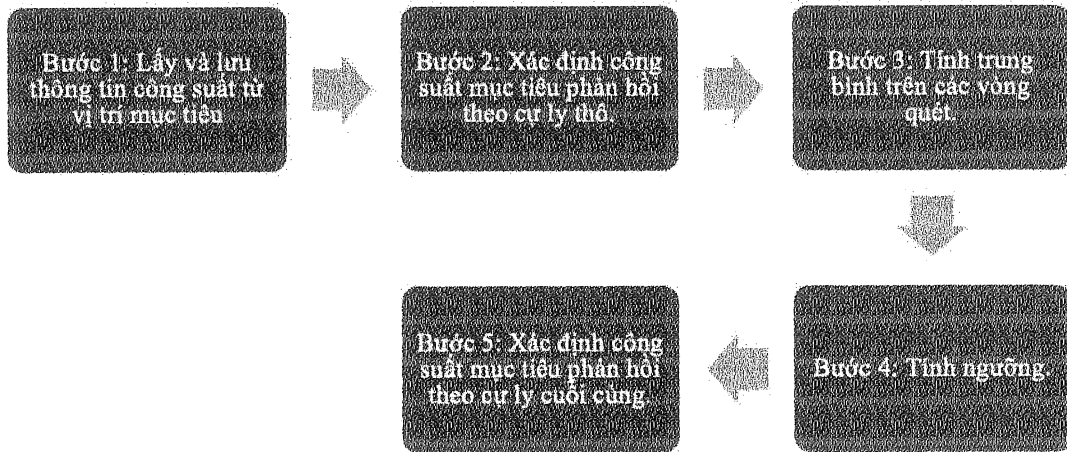
từ (3) cho thấy giá trị Δ_{thres} được tự động lựa chọn linh hoạt dựa trên độ phân giải cụ lý của đài ra-đa và chiều dài của tàu thuyền các loại khác nhau.



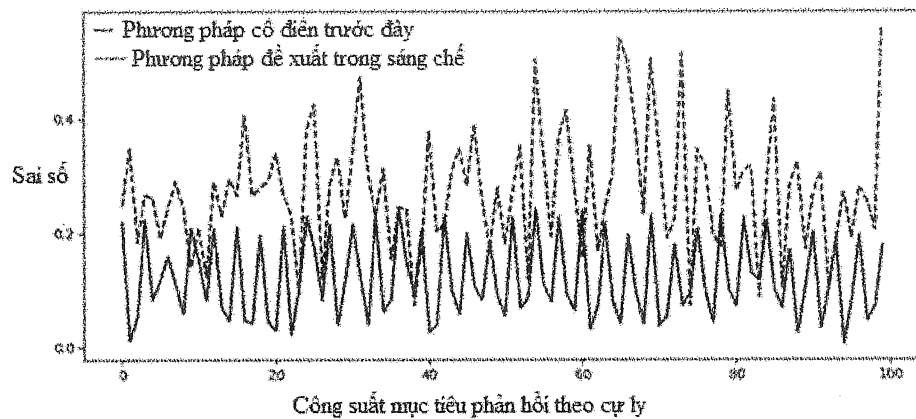
Hình 1



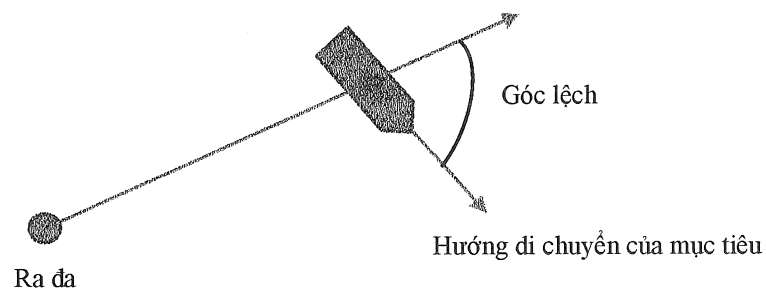
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5