



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

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

(11)



2-0003954

(51) **G01S 13/04; G01S 7/02; G01S 13/06**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00703

(22) 30/07/2021

(67) 1-2021-04757

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/11/2021 404

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

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

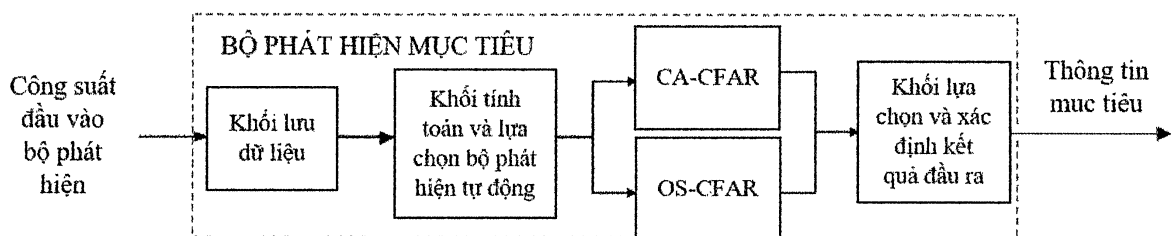
(72) Nguyễn Như Thành (VN); Nguyễn Mạnh Tuấn (VN); Đồng Xuân Hoàng (VN);
Nguyễn Hồng Việt (VN); Vũ Bá Dương (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) **HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN NHÓM MỤC TIÊU LÂN CẬN**

(21) 2-2023-00703

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất hệ thống và phương pháp phát hiện nhóm mục tiêu lân cận giúp phân biệt được các mục tiêu bay theo đội hình từ hai mục tiêu trở lên, đảm bảo khả năng phát hiện các mục tiêu đơn, vừa đảm bảo khả năng phát hiện các mục tiêu bay theo đội hình biên đội qua đó nâng cao được khả năng phát hiện của đài ra đa. Hệ thống được đề xuất bao gồm các khối: khối lưu trữ, tính toán và tự động lựa chọn bộ phát hiện tự động, khối ổn định xác suất báo động lầm CA-CFAR, khối ổn định xác suất báo động lầm OS-CFAR, khối lựa chọn và tính toán kết quả đầu ra. Phương pháp được đề xuất bao gồm các bước: bước 1: lưu giá trị công suất đầu vào bộ phát hiện; bước 2: tính toán công suất trung bình từng phía và tự động lựa chọn bộ phát hiện; bước 3: thực hiện thuật toán CA-CFAR; bước 4: thực hiện thuật toán OS-CFAR; bước 5: lựa chọn và xác định kết quả đầu ra.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ thống và phương pháp phát hiện nhóm mục tiêu lân cận. Hệ thống và phương pháp phát hiện nhóm mục tiêu lân cận được đề cập trong giải pháp hữu ích được ứng dụng trong các hệ thống ra đa nói chung.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Để che giấu quy mô và chiến thuật, đối phương thường triển khai đội hình bay theo biên đội từ hai mục tiêu trở lên với khoảng cách các máy bay rất gần nhau. Do đó, để nắm bắt được quy mô và dự đoán được chiến thuật của đối phương thì ngoài việc phát hiện được cự ly và phương vị mục tiêu thì việc phát hiện chính xác số lượng máy bay đối phương triển khai là hết sức cần thiết. Do đó, từ lâu trên thế giới đã đưa ra nhiều giải pháp nhằm phát hiện các mục tiêu lân cận nhau và trong ra đa chỉ tiêu khả năng phân biệt theo cự ly là hết sức quan trọng.

Hệ thống xử lý của các đài ra đa hiện đại sử dụng các bộ tự động phát hiện (CFAR – Constant False-Alarm Rate) nhằm ổn định xác suất báo động lầm (xác suất phát hiện nhầm mục tiêu) trong các môi trường nhiễu tích cực và tiêu cực khác nhau. Các bộ tự động phát hiện đều có nguyên lý chung là xác định mức ngưỡng dựa trên nền nhiễu xung quanh của vị trí tính toán.

Các bộ tự động phát hiện được chia làm hai nhóm chính là nhóm OS-CFAR (Ordered Statistic CFAR) và CA-CFAR (Cell Averaging CFAR). Bộ tự động phát hiện OS-CFAR có ưu điểm đó là cho khả năng phát hiện các mục tiêu gần nhau tốt. Tuy nhiên, đối với các mục tiêu đơn và trong môi trường đồng nhất bộ phát hiện OS-CFAR lại cho chất lượng phát hiện kém hơn so với bộ phát hiện CA-CFAR. Trong khi đó CA-CFAR cho chất lượng phát hiện các mục tiêu đơn tốt nhưng khả năng phân biệt nhóm mục tiêu kém. Do đó, cần thiết phải xây dựng một bộ phát hiện mới vừa cho khả năng phát hiện các mục tiêu đơn tốt vừa đảm bảo khả năng phát hiện các mục tiêu bay theo đội hình biên đội. Việc này có ý nghĩa rất lớn đến chỉ tiêu chiến-kỹ thuật của các đài ra đa nói chung.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích thứ nhất của giải pháp hữu ích là đề xuất hệ thống phát hiện nhóm mục tiêu lân cận cho hệ thống ra đa nói chung vừa đảm bảo khả năng phát hiện mục tiêu đơn vừa cho phép phát hiện các mục tiêu lân cận theo cự ly. Để đạt được mục đích này, hệ

thống phát hiện nhóm mục tiêu lân cận gồm bốn khối chính: khối lưu trữ, tính toán và tự động lựa chọn bộ ổn định xác suất bảo động làm, khối ổn định xác suất bảo động làm CA-CFAR, khối ổn định xác suất bảo động làm OS-CFAR và khối lựa chọn và xác định kết quả đầu ra, cụ thể:

Khối lưu trữ, tính toán và tự động lựa chọn bộ ổn định xác suất bảo động làm: có chức năng lưu dữ liệu công suất đầu vào bao gồm công suất tín hiệu mục tiêu và nhiễu của $2*N + 1$ ô cự ly liên tiếp sau đó tính toán và tự động lựa chọn bộ ổn định xác suất bảo động làm CA-CFAR hay OS-CFAR dựa vào dữ liệu đầu vào đã được lưu trước đó.

Khối ổn định xác suất bảo động làm CA-CFAR: có nhiệm vụ phát hiện các mục tiêu đơn. Bộ phát hiện này có chức năng ổn định xác suất bảo động làm dựa vào thuật toán trung bình các ô cự ly tham chiếu qua đó sơ bộ xác định được tín hiệu ở ô kiểm tra là mục tiêu hay nhiễu.

Khối ổn định xác suất bảo động làm OS-CFAR: có chức năng phát hiện nhóm các mục tiêu bay theo đội hình biên đội. Bộ phát hiện này có chức năng ổn định xác suất bảo động làm dựa vào thuật toán thống kê theo bậc qua đó sơ bộ xác định được tín hiệu ở ô kiểm tra là mục tiêu hay nhiễu.

Khối lựa chọn và xác định kết quả đầu ra: có chức năng phân tích, lựa chọn và quyết định xem các giá trị vượt ngưỡng phát hiện từ khối CA-CFAR và OS-CFAR có phải là mục tiêu hay không.

Mục đích thứ hai của giải pháp hữu ích là đề xuất phương pháp phát hiện nhóm mục tiêu lân cận. Để đạt được mục đích trên, phương pháp được đề xuất trong giải pháp hữu ích bao gồm các bước sau:

Bước 1: lưu giá trị công suất đầu vào bộ phát hiện; tại bước này, lưu thông tin dữ liệu về công suất trong $2*N+1$ ô cự ly liên tiếp với cùng một giá trị băng lọc Đốp-lơ phục vụ cho toàn bộ quá trình tính toán ở các bước phía sau.

Bước 2: tính toán công suất trung bình các ô tham chiếu từng phía và tự động lựa chọn bộ phát hiện; tại bước này, thực hiện tính toán công suất trung bình các ô tham chiếu từng phía sau đó dựa vào kết quả tính toán công suất từng phía và giá trị ngưỡng lựa chọn OS-CFAR được thiết lập để đưa ra quyết định xem bước tiếp theo sẽ sử dụng bộ ổn định xác suất bảo động làm là CA-CFAR hay OS-CFAR.

Bước 3: thực hiện thuật toán CA-CFAR; tại bước này, thực hiện tính toán dữ liệu công suất đầu vào bằng bộ ổn định xác suất bảo động làm CA-CFAR, đầu ra của bước này sơ bộ cho ta biết tín hiệu công suất ở ô kiểm tra là mục tiêu hay là nhiễu.

Bước 4: thực hiện thuật toán OS-CFAR; tại bước này, thực hiện tính toán dữ liệu công suất đầu vào bằng bộ ổn định xác suất báo động lằm OS-CFAR, đầu ra của bước này sơ bộ cho ta biết tín hiệu công suất ở ô kiểm tra là mục tiêu hay là nhiễu.

Bước 5: lựa chọn và xác định kết quả đầu ra; tại bước này, dựa vào kết quả đầu ra của Bước 2 và đầu ra trong Bước 3 và Bước 4 để ra quyết định xem dữ liệu công suất ở cự ly kiểm tra có phải là mục tiêu hay không nếu là mục tiêu thì mục tiêu đó có những tính chất gì.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: là sơ đồ khối của bộ phát hiện nhóm mục tiêu lân cận;

Hình 2: là sơ đồ mô tả cấu trúc của thanh ghi lưu giá trị công suất đầu vào;

Hình 3: là sơ đồ mô tả thuật toán CA-CFAR;

Hình 4: là sơ đồ mô tả thuật toán OS-CFAR;

Hình 5: là sơ đồ mô tả cấu trúc dữ liệu đầu ra bộ tích lũy tương can.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Hệ thống phát hiện nhóm mục tiêu lân cận là hệ thống đã được tích hợp vào hệ thống-ra đa hai chiều (2D) và ba chiều (3D). Cấu trúc của hệ thống được mô tả trên Hình 1, hệ thống theo giải pháp hữu ích bao gồm các khối sau:

- Khối lưu trữ, tính toán và tự động lựa chọn bộ ổn định xác suất báo động lằm;

Trong khối này gồm hai khối con:

+ Khối lưu dữ liệu công suất ở đầu vào: khối này có nhiệm vụ lưu lần lượt giá trị công suất trong 21 ô cự ly liên tiếp phục vụ cho quá trình tính toán ở các bước tiếp theo (được mô tả như trong Hình 2). Trong đó:

Ô cự ly là độ phân giải theo chiều cự ly.

Hình 2 mô tả cấu trúc một cửa sổ trượt, bao gồm: tám ô cự ly phía trái, tám ô cự ly phía phải, bốn ô cự ly bảo vệ và một ô cự ly cần kiểm tra.

Tám ô cự ly phía trái là tám ô cự ly từ ô cự ly 1 đến ô cự ly 8 trong Hình 2.

Tám ô cự ly phía phải là tám ô cự ly từ ô cự ly 14 đến ô cự ly 21 trong Hình 2.

Bốn ô bảo vệ là các ô cự ly thứ 9, 10, 12 và 13 trong Hình 2. Do tín hiệu mục tiêu có thể trải ra trong 2 hay thậm chí 3 ô cự ly, do đó để tránh ảnh hưởng của tín hiệu vào việc ước lượng nhiễu ta sử dụng các ô bảo vệ (Gard Cell).

Ô cự ly cần kiểm tra (CUT: Cell Under Test): là ô cự ly thứ 11.

Cửa sổ trượt là tất cả các ô cự ly cần cho quá trình ước lượng nhiễu để tìm ra ngưỡng phát hiện.

Việc lựa chọn kích thước cửa sổ trượt và kích thước ô bảo vệ được rút ra từ quá trình thực nghiệm. Qua quá trình thử nghiệm ta chọn kích thước cửa sổ tham chiếu là 21.

Tám ô cự ly phía trái cộng với tám ô cự ly phía phải được gọi là các ô cự ly tham chiếu.

Ô cự ly tham chiếu: để xác suất báo động làm là không đổi ta phải thay đổi ngưỡng phát hiện dựa trên ước lượng nhiễu ở các vị trí lân cận vị trí cần kiểm tra (CUT). Các vị trí lân cận phục vụ cho quá trình ước lượng nhiễu này được gọi là các ô cự ly tham chiếu.

Ngưỡng phát hiện là giá trị được tính toán sao cho bộ thu của ra đa có xác suất báo động làm cho trước là không đổi.

Xác suất báo động làm là số mục tiêu mà đài ra đa coi đó là mục tiêu nhưng thực chất nó là nhiễu trên tổng số mục tiêu mà đài ra đa phát hiện được.

Công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái: là công suất trung bình phía bên trái ô cự ly cần kiểm tra (được mô tả trên Hình 2 gồm tám ô cự ly từ ô cự ly 1 đến ô cự ly 8 đã được lưu trong bộ nhớ).

Công suất trung bình các ô tham chiếu phía phải: là công suất trung bình phía bên phải ô cự ly cần kiểm tra (được mô tả trên Hình 2 gồm tám ô cự ly từ ô cự ly 14 đến ô cự ly 21 đã được lưu trong bộ nhớ).

Công suất trung bình các ô tham chiếu được tính theo công thức:

$$\bar{P} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L P_i$$

Trong đó, P_i là công suất đầu ra khối tích lũy tương can được lưu trong ô cự ly thứ i , $\bar{P}$ là công suất trung bình trong L ô cự ly tham chiếu, L là tổng số ô cự ly cần tính toán.

Ngưỡng lựa chọn OS-CFAR (α_{sl_OS}) đây là hằng số nhân nó kết hợp với công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái và công suất trung bình các ô tham chiếu phía phải để quyết định sẽ lựa chọn sử dụng OS-CFAR hay CA-CFAR.

Giá trị α_{sl_OS} càng gần 0 thì xu hướng lựa chọn OS-CFAR càng cao, ngược lại α_{sl_OS} càng lớn thì xu hướng lựa chọn CA-CFAR càng cao.

Giả sử trong môi trường đồng nhất có 02 mục tiêu trong ô cửa sổ tham chiếu với $SNR_{min} > \alpha_{CA}$ (SNR_{min} là tỷ số tín hiệu/nhiều tối thiểu mà bộ phát hiện CA-CFAR có thể

phát hiện được) (α_{CA} là hệ số nhân ngưỡng của thuật toán CA-CFAR), trong đó có 01 mục tiêu rơi vào cell CUT và 01 mục tiêu rơi vào ô tham chiếu phía trái hoặc phía phải. Khi đó yêu cầu ngưỡng lựa chọn OS-CFAR là $\alpha_{sl_OS} \geq \alpha_{CA}/N/2$ (N là tổng số ô cự ly tham chiếu) để chắc chắn bộ phát hiện sẽ lựa chọn OS-CFAR trong trường hợp có nhiều hơn 01 mục tiêu rơi vào cửa sổ tham chiếu và hạn chế trường hợp lựa chọn bộ OS-CFAR trong trường hợp có 01 mục tiêu rơi vào cửa sổ tham chiếu.

+ Khối tính toán và tự động lựa chọn bộ ổn định xác suất báo động lầm: khối này có chức năng tính toán công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái, phía phải của ô cần kiểm tra. Dựa vào công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái, phía phải và ngưỡng lựa chọn OS-CFAR đã được thiết lập để lựa chọn xem bước tiếp theo sẽ dùng CA-CFAR hay OS-CFAR.

- Khối ổn định xác suất báo động lầm CA-CFAR;

Tham chiếu Hình 3, đây là khối ổn định xác suất báo động lầm dựa vào thuật toán trung bình các ô tham chiếu, khối này có nhiệm vụ xác định xem công suất tín hiệu tại ô kiểm tra (P_{CUT}) (ô thứ 11 trong Hình 2) là mục tiêu, địa vật hay chỉ là nhiễu dựa vào ngưỡng phát hiện ứng với thuật toán trung bình công suất các ô tham chiếu. Nhiệm vụ quan trọng nhất của khối này là xác định các mục tiêu đơn trong môi trường đồng nhất.

Bộ CFAR (Constant False Alarm Rate): để xác suất báo động lầm là không đổi thì giá trị ngưỡng phát hiện phải liên tục được cập nhật dựa trên ước lượng của nhiễu. Quá trình thay đổi liên tục giá trị ngưỡng để xác suất báo động lầm là không đổi được gọi là bộ ổn định xác suất báo động lầm hay bộ CFAR.

Ngưỡng phát hiện trong khối CA-CFAR được xác định theo công thức sau:

$$T_{CA} = \alpha_{CA} * \overline{P_{mean}}$$

Trong đó, T_{CA} là ngưỡng phát hiện ứng với thuật toán CA-CFAR, α_{CA} là hệ số nhân ngưỡng ứng với thuật toán CA-CFAR, $\overline{P_{mean}}$ là công suất trung bình của tất cả các ô cự ly tham chiếu được tính toán như sau:

$$\overline{P_{mean}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i$$

Trong đó, N là tổng số ô cự ly tham chiếu, P_i là công suất của ô tham chiếu thứ i.

Hệ số nhân ngưỡng trong thuật toán CA-CFAR là giá trị hằng số được tính theo công thức:

$$\alpha_{CA} = P_{fa}^{-1/N} - 1$$

Trong đó, α_{CA} là hệ số nhân ngưỡng, P_{fa} là xác suất báo động lầm, N là số ô tham chiếu.

- Khối ổn định xác suất báo động lầm OS-CFAR;

Tham chiếu Hình 4, đây là khối ổn định xác suất báo động lầm dựa vào thuật toán thống kê theo bậc, khối này có nhiệm vụ xác định xem công suất tín hiệu tại ô kiểm tra (ô thứ 11 trong Hình 2) là mục tiêu, địa vật hay chỉ là nhiễu dựa vào ngưỡng phát hiện ứng với thuật toán OS-CFAR. Nhiệm vụ quan trọng nhất của khối này là xác định các mục tiêu lân cận nhau dựa vào ưu điểm của thuật toán OS-CFAR.

Ngưỡng phát hiện trong khối OS-CFAR được tính theo công thức:

$$T_{OS} = \alpha_{OS} * P_k$$

Trong đó, T_{OS} là ngưỡng phát hiện dựa theo thuật toán OS-CFAR, α_{OS} là hệ số nhân ngưỡng, P_k là công suất lớn thứ k trong tổng số N ô công suất tham chiếu.

α_{OS} tìm dựa theo công thức sau:

$$P_{fa} = \prod_{i=1}^k \left(1 + \frac{\alpha_{OS}^{C/2}}{N + 1 - i}\right)^{-1}$$

Trong đó, N là tổng số ô tham chiếu, C là hệ số khuôn mẫu phụ thuộc vào hàm phân bố xác suất của nhiễu, nó thường giới hạn trong khoảng $[1, 2]$, nếu hệ thống ra đa là hệ thống ra đa mặt đất thì nhiễu có phân bố theo mô hình Weibull do đó thường chọn $C = 2$.

- Khối lựa chọn và xác định kết quả đầu ra;

Từ thông tin đầu ra của khối CA-CFAR và OS-CFAR kết hợp với dữ liệu Đốp-lơ từ đó xác định đối tượng trong ô cự ly kiểm tra là mục tiêu, địa vật hay nhiễu.

Phương pháp phát hiện nhóm mục tiêu lân cận trong trường hợp chọn số ô tham chiếu $N = 16$ bao gồm các bước sau:

Bước 1: lưu giá trị công suất đầu vào bộ phát hiện;

Đầu vào bộ phát hiện là giá trị công suất ứng với mỗi ô cự ly sẽ có M giá trị công suất ứng với M băng lọc Đốp-lơ (thể hiện trên Hình 5). Giá trị M được chọn tối ưu dựa vào kích thước tối đa của mục tiêu mà đài quản lý, vận tốc quay của ăng ten và độ rộng búp sóng của ăng ten.

Giá trị công suất này được lưu theo quy tắc sau:

Tại thời điểm thứ i , giá trị công suất tại băng lọc Đốp-lơ 0 của các ô cự ly từ ô thứ $k+1$ đến ô cự ly thứ $k+21$ được lưu lại phục vụ quá trình tính toán của bộ phát hiện như trên Hình 1.

Sau khi bộ phát hiện xử lý xong tại thời điểm thứ $i+1$, giá trị công suất tại băng lọc Đốp-lơ 1 của các ô cự ly từ $k+1$ đến ô cự ly thứ $k+21$ sẽ tiếp tục được lưu vào khối lưu giá trị công suất của đầu ra khối tích lũy tương quan và tiếp tục được xử lý. Cứ như vậy cho đến hết băng lọc Đốp-lơ $M-1$. Sau khi hết băng lọc Đốp-lơ $M-1$ sẽ tiếp tục lưu giá trị công suất tại băng lọc Đốp-lơ 0 của các ô cự ly từ $k+2$ đến ô cự ly thứ $k+22$. Cứ như vậy cho đến hết ô cự ly.

Bước 2: tính toán công suất trung bình từng phía và tự động lựa chọn bộ phát hiện;

Từ 21 giá trị công suất được lưu lại trong Bước 1, thực hiện tính công suất trung bình trong tám ô cự ly tham chiếu từng phía:

$$\overline{P_{ls}} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 P_i$$

$$\overline{P_{rs}} = \frac{1}{8} \sum_{i=14}^{21} P_i$$

Trong đó, $\overline{P_{ls}}$ là công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái, $\overline{P_{rs}}$ là công suất trung bình các ô tham chiếu phía phải, P_i là công suất tại ô cự ly thứ i .

Nếu thỏa mãn:

$\overline{P_{rs}} > \alpha_{sl_OS} * \overline{P_{ls}}$ hoặc $\overline{P_{ls}} > \alpha_{sl_OS} * \overline{P_{rs}}$ bước xử lý tiếp theo sẽ là Bước 4 (đồng nghĩa với việc đang có nhóm mục tiêu bên trong của sổ trượt, khi đó ta sẽ sử dụng bộ ổn định xác suất báo động lầm là OS-CFAR) nếu không thỏa mãn sẽ thực hiện Bước 3 (đồng nghĩa với việc chỉ có mục tiêu đơn ở trong cửa sổ trượt khi đó ta sẽ lựa chọn bộ ổn định xác suất báo động lầm là CA-CFAR).

Bước 3: thực hiện thuật toán CA-CFAR;

Tham chiếu Hình 3, thực hiện tính công suất trung bình trong 16 ô cự ly tham chiếu:

$$\bar{P} = \frac{\overline{P_{ls}} + \overline{P_{rs}}}{2}$$

Trong đó, $\bar{P}$ là công suất trung bình của các ô tham chiếu, $\overline{P_{ls}}$ là công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái, $\overline{P_{rs}}$ là công suất trung bình các ô tham chiếu phía phải.

Thực hiện tính ngưỡng phát hiện:

$$T_{CA} = \alpha_{CA} * \bar{P}$$

Trong đó, T_{CA} là ngưỡng phát hiện ứng với thuật toán CA-CFAR, α_{CA} là hệ số nhân ngưỡng của thuật toán CA-CFAR.

α_{CA} được tính toán theo công thức sau:

$$\alpha_{CA} = P_{fa}^{-1/N} - 1$$

Trong đó, P_{fa} là xác suất báo động lầm, được xác định theo yêu cầu chỉ tiêu kỹ thuật, thường lựa chọn $\geq 80\%$; N là số ô cự ly tham chiếu, được lựa chọn dựa vào thực nghiệm.

Thực hiện so sánh công suất tại ô cự ly cần kiểm tra P_{CUT} (ô cự ly thứ 11 trong Hình 2) với giá trị ngưỡng phát hiện, nếu thỏa mãn:

$$P_{CUT} > T_{CA}$$

Ta kết luận ô cự ly cần kiểm tra thuộc nhóm một nếu không thỏa mãn thì ô cự ly cần kiểm tra thuộc nhóm hai. Việc kết luận ô cự ly cần kiểm tra là mục tiêu hay nhiễu sẽ dựa vào Bước 5.

Nhóm một: ở ô cự ly cần kiểm tra có thể thuộc một trong các loại sau: mục tiêu, địa vật hay nhiễu.

Nhóm hai: ở ô cự ly cần kiểm tra chỉ là nhiễu.

Bước 4: thực hiện thuật toán OS-CFAR;

Tham chiếu Hình 4, thực hiện thuật toán sắp xếp theo thứ tự tăng dần về giá trị công suất trong 16 ô cự ly tham chiếu gồm 8 ô cự ly tham chiếu phía trái (giá trị từ ô cự ly 1 đến ô cự ly 8 như trong Hình 2) và 8 ô cự ly tham chiếu phía phải (giá trị từ ô cự ly 14 đến ô cự ly 21 như trong Hình 2). Gọi $(\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{P}_3 \dots \bar{P}_{16})$ là công suất sau khi sắp xếp theo thứ tự tăng dần với:

$$\bar{P}_1 \leq \bar{P}_2 \leq \bar{P}_3 \dots \bar{P}_{15} \leq \bar{P}_{16}$$

Thực hiện tính ngưỡng phát hiện với thuật toán OS-CFAR:

$$T_{OS} = \alpha_{OS} * \bar{P}_k$$

Trong đó, T_{OS} là ngưỡng phát hiện ứng với thuật toán OS-CFAR, α_{OS} là hệ số nhân ngưỡng ứng với thuật toán OS-CFAR, $\bar{P}_k$ là giá trị công suất ở vị trí thứ k trong bộ $(\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{P}_3 \dots \bar{P}_{16})$.

Lựa chọn giá trị k thường bằng $0,75N$ và giá trị tối ưu thực tế có được từ thực nghiệm.

Thực hiện so sánh công suất ở ô cự ly cần kiểm tra P_{CUT} với giá trị ngưỡng phát hiện T_{OS} , nếu thỏa mãn:

$$P_{CUT} > T_{OS}$$

Ta kết luận ô cự ly cần kiểm tra P_{CUT} (CUT: Cell Under Test) thuộc nhóm 1 nếu không thỏa mãn điều kiện trên thì ô cự ly cần kiểm tra thuộc nhóm 2.

Bước 5: lựa chọn và xác định kết quả đầu ra;

Nếu ô cự ly cần kiểm tra thuộc nhóm một để có thể kết luận được ô cự ly cần kiểm tra là mục tiêu hay nhiễu ta sử dụng bộ lọc theo vận tốc để phân loại.

Bộ lọc theo vận tốc thực hiện: nếu thông tin vận tốc của ô kiểm tra nhỏ hơn vận tốc mà bộ lọc theo vận tốc cho phép thì ta coi đó là nhiễu hoặc mục tiêu bay chậm và ngược lại nếu thông tin về vận tốc của ô kiểm tra lớn hơn vận tốc cho phép của bộ lọc thì ta xác định ô cự ly cần kiểm tra là mục tiêu.

Thông tin về vận tốc của ô cự ly được xác định dựa vào thông tin băng lọc Doppler của ô cự ly cần kiểm tra.

Việc lựa chọn giá trị vận tốc cho phép của bộ lọc phụ thuộc vào vận tốc của mục tiêu cần theo dõi và vận tốc di chuyển của nhiễu, vận tốc nhiễu này thường bằng với vận tốc gió.

Vận tốc của băng Doppler được tính như sau:

$$V_r = \frac{f_d * \lambda}{2}$$

Trong đó, V_r là vận tốc hướng tâm, λ là bước sóng, f_d là tần số Doppler ứng với từng băng lọc cụ thể, được tính như sau:

$$f_d = D_i * F_l / M$$

Trong đó, D_i là vị trí băng lọc thứ i trong M băng lọc, F_l là tần số lặp xung, M là số băng lọc Doppler như thể hiện trong Hình 5.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Hệ thống và phương pháp phát hiện nhóm mục tiêu lân cận đã được tích hợp trên đài ra đa VRS-2DM và đã được nghiệm thu Bộ quốc phòng thành công. Kết quả đạt được như sau:

- Về khả năng phân biệt theo cự ly: đạt 300m.
- Về khả năng phát hiện: đạt $\geq 80\%$.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống phát hiện nhóm mục tiêu lân cận gồm các khối sau:

khối lưu trữ, tính toán và tự động lựa chọn bộ ổn định xác suất báo động lầm, trong khối này gồm hai khối con:

khối lưu dữ liệu công suất ở đầu vào, khối này có nhiệm vụ lưu lần lượt giá trị công suất trong hai một ô cụ ly liên tiếp;

khối tính toán và tự động lựa chọn bộ ổn định xác suất báo động lầm, khối này có chức năng tính toán công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái, phía phải của ô cần kiểm tra; dựa vào công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái, phía phải và ngưỡng lựa chọn OS-CFAR đã được thiết lập để lựa chọn xem bước tiếp theo sẽ dùng CA-CFAR hay OS-CFAR;

khối ổn định xác suất báo động lầm CA-CFAR, có nhiệm vụ thực hiện thuật toán CA-CFAR; nhiệm vụ quan trọng nhất của khối này là xác định các mục tiêu đơn trong môi trường đồng nhất;

khối ổn định xác suất báo động lầm OS-CFAR, có nhiệm vụ thực hiện thuật toán OS-CFAR; nhiệm vụ quan trọng nhất của khối này là xác định các mục tiêu lân cận nhau dựa vào ưu điểm của thuật toán OS-CFAR;

khối lựa chọn và xác định kết quả đầu ra, từ thông tin đầu ra của khối CA-CFAR và OS-CFAR kết hợp với dữ liệu Đốp-lơ từ đó xác định đối tượng trong ô cụ ly kiểm tra là mục tiêu, địa vật hay nhiễu.

2. Phương pháp phát hiện nhóm mục tiêu lân cận bao gồm các bước sau:

bước 1: lưu giá trị công suất đầu vào bộ phát hiện;

đầu vào bộ phát hiện là giá trị công suất ứng với mỗi ô cụ ly sẽ có M giá trị công suất ứng với M băng lọc đốp-lơ; giá trị M được chọn tối ưu dựa vào kích thước tối đa của mục tiêu mà đài quản lý, vận tốc quay của ăng ten và độ rộng búp sóng của ăng ten;

giá trị công suất này được lưu theo quy tắc sau:

tại thời điểm thứ i, giá trị công suất tại băng lọc đốp-lơ 0 của các ô cụ ly từ ô thứ k+1 đến ô cụ ly thứ k+21 được lưu lại phục vụ quá trình tính toán của bộ phát hiện;

sau khi bộ phát hiện xử lý xong tại thời điểm thứ i+1, giá trị công suất tại băng lọc đốp-lơ 1 của các ô cụ ly từ k+1 đến ô cụ ly thứ k+21 sẽ tiếp tục được lưu vào khối lưu giá trị công suất của đầu ra khối tích lũy tương quan và tiếp tục được

xử lý; cứ như vậy cho đến hết băng lọc đốp-lơ M-1; sau khi hết băng lọc đốp-lơ M-1 sẽ tiếp tục lưu giá trị công suất tại băng lọc đốp-lơ 0 của các ô cự ly từ k+2 đến ô cự ly thứ k+22; cứ như vậy cho đến hết ô cự ly;

bước 2: tính toán công suất trung bình các ô tham chiếu từng phía và tự động lựa chọn bộ phát hiện;

từ hai một giá trị công suất được lưu lại trong bước 1, thực hiện tính công suất trung bình trong tám ô cự ly từng phía $\overline{P_{ls}}$ và $\overline{P_{rs}}$:

$$\overline{P_{ls}} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 P_i$$

$$\overline{P_{rs}} = \frac{1}{8} \sum_{i=14}^{21} P_i$$

trong đó, $\overline{P_{ls}}$ là công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái, $\overline{P_{rs}}$ là công suất trung bình các ô tham chiếu phía phải, P_i là công suất tại ô cự ly thứ i;

nếu thỏa mãn $\overline{P_{rs}} > \alpha_{sl_OS} * \overline{P_{ls}}$ hoặc $\overline{P_{ls}} > \alpha_{sl_OS} * \overline{P_{rs}}$ bước xử lý tiếp theo sẽ là bước 4 nếu không thỏa mãn sẽ thực hiện bước 3;

giá trị α_{sl_OS} càng gần 0 thì xu hướng lựa chọn OS-CFAR càng cao, ngược lại α_{sl_OS} càng lớn thì xu hướng lựa chọn CA-CFAR càng cao.

giả sử trong môi trường đồng nhất có 02 mục tiêu trong ô cửa sổ tham chiếu với $SNR_{min} > \alpha_{CA}$ (SNR_{min} là tỷ số tín hiệu/nhiều tối thiểu mà bộ phát hiện CA-CFAR có thể phát hiện được) (α_{CA} là hệ số nhân ngưỡng của thuật toán CA-CFAR), trong đó có 01 mục tiêu rơi vào cell CUT và 01 mục tiêu rơi vào ô tham chiếu phía trái hoặc phía phải; Khi đó yêu cầu ngưỡng lựa chọn OS-CFAR là $\alpha_{sl_OS} \geq \alpha_{CA}/N/2$ (N là tổng số ô cự ly tham chiếu) để chắc chắn bộ phát hiện sẽ lựa chọn OS-CFAR trong trường hợp có nhiều hơn 01 mục tiêu rơi vào cửa sổ tham chiếu và hạn chế trường hợp lựa chọn bộ OS-CFAR trong trường hợp có 01 mục tiêu rơi vào cửa sổ tham chiếu;

bước 3: thực hiện thuật toán CA-CFAR;

thực hiện tính công suất trung bình trong mười sáu ô cự ly tham chiếu:

$$\bar{P} = \frac{\overline{P_{ls}} + \overline{P_{rs}}}{2}$$

trong đó, $\bar{P}$ là công suất trung bình của các ô tham chiếu, $\overline{P_{ls}}$ là công suất trung bình các ô tham chiếu phía trái, $\overline{P_{rs}}$ là công suất trung bình các ô tham chiếu phía phải;

thực hiện tính ngưỡng phát hiện:

$$T_{CA} = \alpha_{CA} * \bar{P}$$

trong đó, T_{CA} là ngưỡng phát hiện ứng với thuật toán CA-CFAR, α_{CA} là hệ số nhân ngưỡng của thuật toán CA-CFAR;

α_{CA} được tính toán theo công thức sau:

$$\alpha_{CA} = P_{fa}^{-1/N} - 1$$

trong đó, P_{fa} là xác suất báo động lầm, được xác định theo yêu cầu chỉ tiêu kỹ thuật, thường lựa chọn $\geq 80\%$; N là số ô cự ly tham chiếu, được lựa chọn dựa vào băng thông của tín hiệu và loại mục tiêu cần quản lý;

thực hiện so sánh công suất tại ô cự ly cần kiểm tra P_{CUT} với giá trị ngưỡng phát hiện, nếu thỏa mãn:

$$P_{CUT} > T_{CA}$$

ta kết luận ô cự ly cần kiểm tra thuộc nhóm một nếu không thỏa mãn thì ô cự ly cần kiểm tra thuộc nhóm hai; việc kết luận ô cự ly cần kiểm tra là mục tiêu hay nhiễu sẽ dựa vào bước 5, trong đó:

nhóm một: ở ô cự ly cần kiểm tra có thể thuộc một trong các loại sau: mục tiêu, địa vật hay nhiễu;

nhóm hai: ở ô cự ly cần kiểm tra chỉ là nhiễu;

bước 4: thực hiện thuật toán OS-CFAR;

thực hiện thuật toán sắp xếp theo thứ tự tăng dần về giá trị công suất trong mười sáu ô cự ly tham chiếu, với:

$$\bar{P}_1 \leq \bar{P}_2 \leq \bar{P}_3 \dots \bar{P}_{15} \leq \bar{P}_{16}$$

tính ngưỡng phát hiện của thuật toán OS-CFAR:

$$T_{OS} = \alpha_{OS} * \bar{P}_k$$

trong đó, T_{OS} là ngưỡng phát hiện ứng với thuật toán OS-CFAR, α_{OS} là hệ số nhân ngưỡng ứng với thuật toán OS-CFAR, $\bar{P}_k$ là giá trị công suất ở vị trí thứ k trong bộ $(\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{P}_3 \dots \bar{P}_{16})$;

lựa chọn giá trị k thường bằng $0,75N$ và giá trị tối ưu thực tế có được từ thực nghiệm;

so sánh công suất ở ô cự ly cần kiểm tra P_{CUT} với giá trị ngưỡng phát hiện T_{OS} , nếu thỏa mãn:

$$P_{\text{CUT}} > T_{\text{OS}}$$

ta kết luận ô cự ly cần kiểm tra P_{CUT} thuộc nhóm một nếu không thỏa mãn điều kiện trên thì ô cự ly cần kiểm tra thuộc nhóm hai;

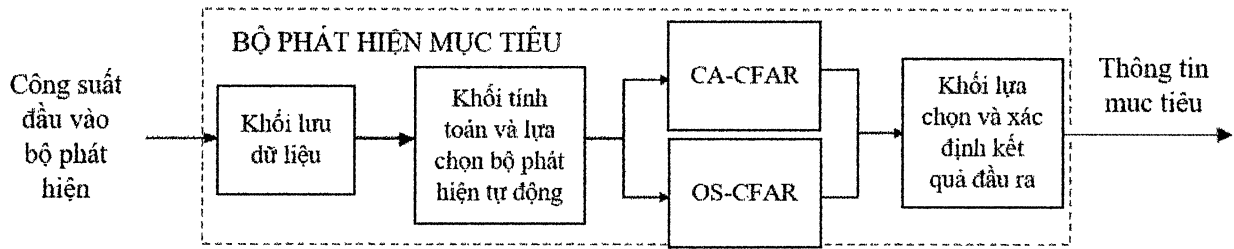
bước 5: lựa chọn và xác định kết quả đầu ra;

nếu ô cự ly cần kiểm tra thuộc nhóm một để có thể kết luận được ô cự ly cần kiểm tra là mục tiêu hay nhiều ta sử dụng bộ lọc theo vận tốc để phân loại;

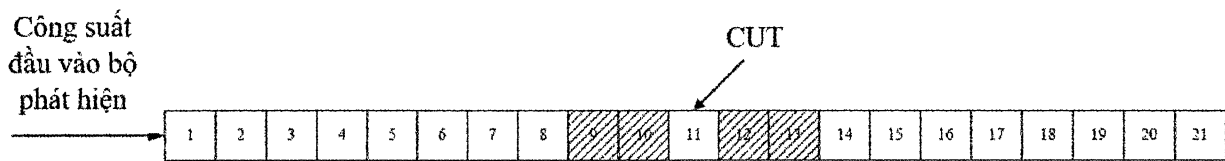
bộ lọc theo vận tốc thực hiện: nếu thông tin vận tốc của ô kiểm tra nhỏ hơn vận tốc mà bộ lọc theo vận tốc cho phép thì ta coi đó là nhiều hoặc mục tiêu bay chậm và ngược lại nếu thông tin về vận tốc của ô kiểm tra lớn hơn vận tốc cho phép của bộ lọc thì ta xác định ô cự ly cần kiểm tra là mục tiêu;

thông tin về vận tốc của ô cự ly được xác định dựa vào thông tin băng lọc đốp-lơ của ô cự ly cần kiểm tra;

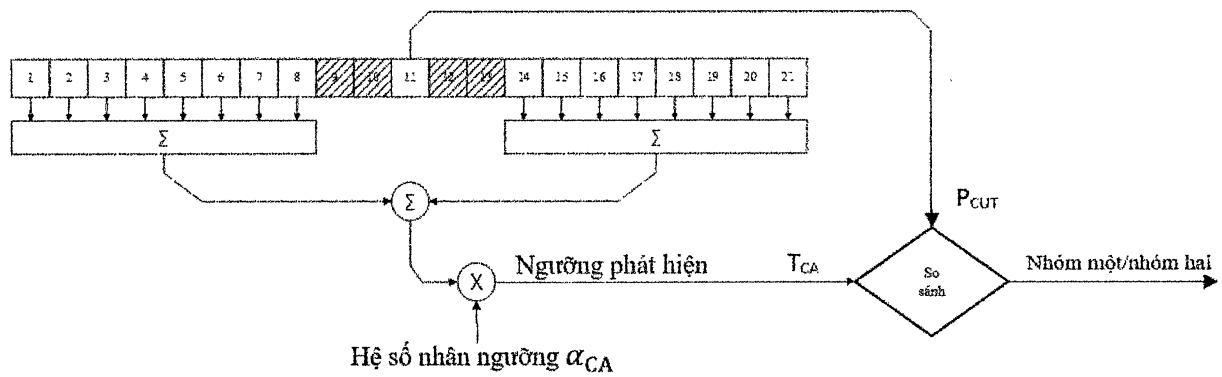
việc lựa chọn giá trị vận tốc cho phép của bộ lọc phụ thuộc vào vận tốc của mục tiêu cần theo dõi và vận tốc di chuyển của nhiều, nhiều thường di chuyển với vận tốc bằng với vận tốc gió.



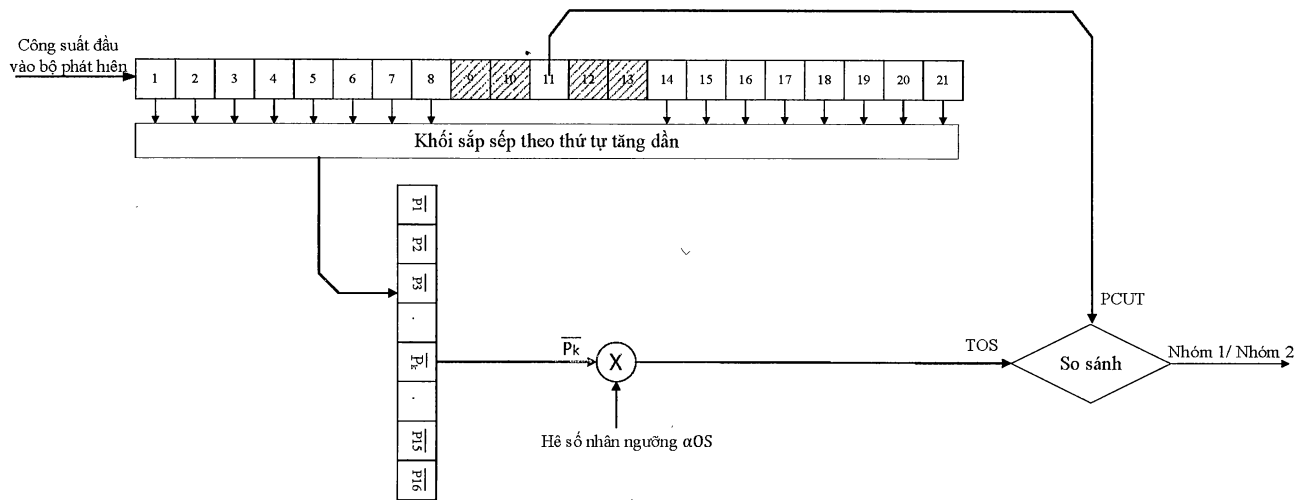
Hình 1



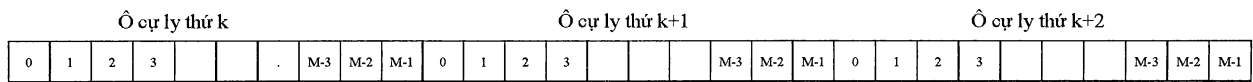
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5