VÀI NÉT CƠ BẢN VỀ CÔNG NGHỆ RA ĐA PHÂN CỰC VÀ NHỮNG MẪU THỬ NGHIỆM ĐẦU TIÊN Ở VIỆT NAM

Đào Chí Thành*

Tóm tắt: *Bài báo trình bầy vài nét lý thuyết cơ bản về ra đa phân cực xử lý tín hiệu dựa trên ma trận tán xạ của mục tiêu với 2 tham số phát hiện là diện tích tán xạ hiệu dụng, hệ số elip của mục tiêu và 2 mẫu thực nghiệm ra đa phân cực đầu tiên đã được thực hiện ở Việt Nam: ra đa EXCSR-P sử dụng tín hiệu xung đơn giản và ra đa MCSR-P1 sử dụng tín hiệu xung đơn giản và điều tần tuyến tính.*

Từ khóa: Radar phân cực; Xử lý tín hiệu radar; Phát hiện mục tiêu nhỏ.

1. VÀI NÉT CƠ BẢN VỀ RA ĐA PHÂN CỰC

Để giải bài toán phát hiện và phân biệt tín hiệu ra đa, phương pháp ứng dụng phân cực của sóng khai thác chính xung quanh ma trận tán xạ của mục tiêu.

Khi chiếu xạ mục tiêu, tín hiệu phản xạ về sẽ bị tán xạ, quá trình đó được mô tả bởi phép biến đổi tuyến tính sau:

$$\begin{pmatrix} E_{!} \\ E_2 \end{pmatrix}_{Phxa} = \begin{pmatrix} S_{11}S_{12} \\ S_{21}S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \end{pmatrix}_{Toi} \quad (1)$$

Ma trận cấp 2, $S = S_{ij}$ (i,j = 1,2) được gọi là ma trận tán xạ của mục tiêu, S phụ thuộc vào đặc tính, hình dạng, kích thước của mục tiêu, hướng chiếu xạ của sóng điện từ, góc tới, hướng quan sát góc phản xạ; E_1, E_2 là hai thành phần trực giao của sóng điện từ và đương nhiên các đại lượng $E_{iPx,}$ E_{it} , S_{ij} trong trường hợp tổng quát là các số phức và chúng hoàn toàn phụ thuộc vào đặc tính phân cực của sóng. Chúng ta sẽ thường xét ma trận tán xạ S trong trường hợp phát và thu ở cùng một anten. Khi đó: $S_{12}= S_{21}$.

Trong trường hợp tổng quát, các phần tử của ma trận tán xạ (phần thực, phần ảo, pha) và các tổ hợp của nó,… đều là các đại lượng ngẫu nhiên và đều có thể sử dụng làm tham số phát hiện. Lợi thế của phương pháp này là chúng ta có thể tính toán các xác suất phát hiện đúng P_D cho trước đối với các tổ hợp nhất định của các phần từ của ma trận tán xạ, tìm ra được tổ hợp cho P_D lớn nhất: P_{Dmax}, khi đó sẽ chọn tổ hợp đó làm tham số phát hiện. Một bước thêm nữa, nếu ta tiến hành thay đổi phân cực, với mỗi một trạng thái phân cực thì sẽ tìm được một giá trị P_{Dmax} , đương nhiên sẽ tìm được max { P_{Dmaxi} }, i=1, ...,N, với N là số trạng thái phân cực. Kết quả là ta sẽ chọn được một trạng thái phân cực, một tổ hợp của S_{ij} ứng với trạng thái phân cực đó cho P_D lớn nhất.

Chúng ta sẽ gọi tắt ra đa xử lý phân cực tín hiệu dựa trên ma trận tán xạ là ra đa phân cực.

Hiện nay, chúng ta sử dụng phương án: tín hiệu phát là tín hiệu Phân cực tròn, tín hiệu phản xạ từ mục tiêu được phân tích thành 2 thành phần: tín hiệu Phân cực tròn phải (PCTP), tín hiệu Phân cực tròn trái (PCTT) và được thu bởi 2 kênh thu độc lập: Kênh thu Phải (Right chanel-R), Kênh thu trái (Left chanel-L).

Tham số phát hiện là: Diện tích tán xạ hiệu dụng của mục tiêu RCS (Radar Cross Section) và Hệ số phân cực elip của mục tiêu K(α) (ellipticity coefficient). RCS được tính:

$$\text{RCS}=\sum\delta_{ij}^2=\delta_{11}^2+\delta_{22}^2+2\delta_{12}^2 \quad (2)$$

với $\delta_{ij}^2=|\delta_{ij}|^2$ (i,j=1,2), δ_{ij} là các thành phần của ma trận tán xạ.

Hệ số phân cực elip K(α) được tính bằng công thức (3).

$$K = tan\alpha = \frac{\tan(\alpha + 0{,}25\pi) - 1}{\tan(\alpha + 0{,}25\pi) + 1} = \frac{\left|\dot{P}^{RL}\right| - 1}{\left|\dot{P}^{RL}\right| + 1} = K(\alpha) \quad (3)$$

Trong đó: α là góc phân cực ellip;

$$\dot{P}^{RL} = \frac{cos\ \alpha + sin\alpha}{cos\ \alpha - sin\alpha} \exp(-j2\beta) = \tan(\alpha + 0{,}25\pi) \exp(-j2\beta).$$

Thông tin ra đa trong xử lý phân cực được hiển thị bởi 32 gam màu từ xanh da trời đến đỏ. Màu sắc thể hiện đặc tính phân cực của mục tiêu, được xác định bởi giá tri của hệ số K(α), K(α) được chia thành 32 khoảng, mỗi khoảng được gán một loại màu xác định. Cường độ hay độ chói của điểm dấu mục tiêu thể hiện mức năng lượng phản xạ, được xác định bằng độ lớn của RCS. Do hiển thị màu như vậy, chúng ta có thể chọn lọc chủng loại mục tiêu dưới cùng một màu nhất định: ví dụ chỉ cho hiện màu da cam, khi đó, các mục tiêu có K(α) được gán màu da cam sẽ được hiển thị. Chế độ chọn lọc phân cực này là một khác biệt của ra đa phân cực so với ra đa truyền thống và là một trong các điểm mạnh của ra đa phân cực dùng để sơ bộ nhận dạng, phân loại mục tiêu, tăng khả năng phát hiện.

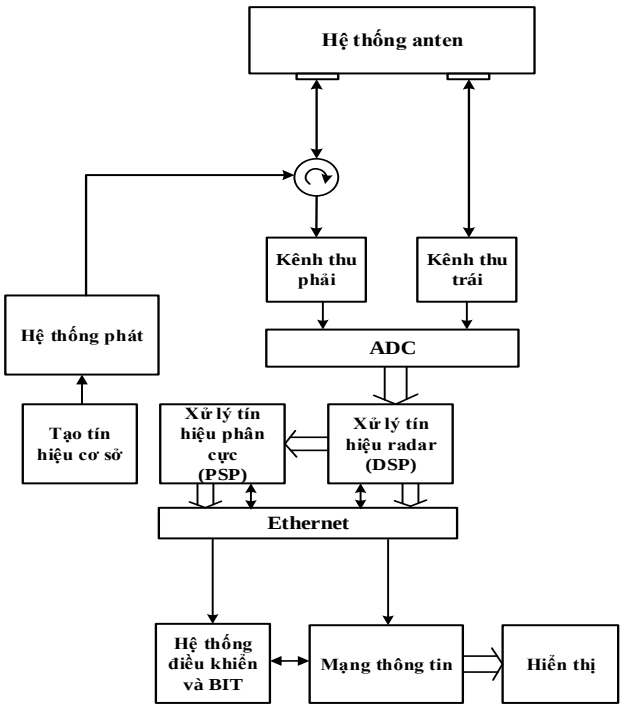
Ưu điểm của ra đa phân cực:

Xử lý tín hiệu dựa trên ma trận tán xạ của mục tiêu dẫn đến các ưu điểm sau:

1. Phát hiện rất tốt các tín hiệu mục tiêu yếu, mục tiêu có RCS nhỏ.
2. Đặc biệt tốt cho phát hiện mục tiêu trên mặt biển.
3. Độ tương phản của bản đồ ra đa tốt hơn nhiều so với ra đa truyền thống.
4. Với hiện sóng 32 gam màu, loại mầu được phân loại theo đặc tính phân cực của mục tiêu, độ chói phụ thuộc cường độ tín hiệu từ đó cho ta khả năng phát hiện, sơ bộ phân biệt, nhận dạng mục tiêu rất tốt.
5. Chế độ chọn lọc phân cực chỉ cho hiển thị một loại mầu cho ta khả năng chọn lọc hiển thị một loại mục tiêu do vậy tăng xác suất phát hiện đúng.

Đây cũng là những điểm khác biệt so với ra đa truyền thống.

Ra đa phân cực được thực hiện bởi sơ đồ khối ở hình 1.



Hình 1. *Sơ đồ khối của ra đa phân cực.*

Sơ đồ này đã chỉ rõ những khác biệt với ra đa truyền thống:

- Hệ thống anten phát tín hiệu phân cực tròn, thu tín hiệu phản xạ từ mục tiêu bao gồm 2 thành phần: tín hiệu PCTP, tín hiệu PCTT;
- Hệ thống thu 2 kênh để thu và xử lý tín hiệu PCTP (Kênh R) và tín hiệu PCTT (Kênh L);
- Hệ thống xử lý tín hiệu phân cực, tính toán 2 tham số phân cực RCS và K(α);
- Hệ thống hiển thị mầu tín hiệu phân cực.

Hoạt động của Sơ đồ khối (SĐK) trên Hình 1. như sau: Hệ thống tạo tín hiệu phát: tạo các tín hiệu phát theo yêu cầu của người thiết kế, có thể là các tín hiệu liên tục, tín hiệu xung đơn giản hoặc phức tạp,…đưa tới Hệ thống Anten (HTAT), HTAT sẽ tạo thành tín hiệu phát phân cực tròn tại mặt mở AT và phát vào không gian. Tín hiệu phản xạ PCTP, PCTT được AT thu và dẫn tới máy thu 2 kênh R, L. Tín hiệu thu sẽ được xử lý số tại khối xử lý tín hiệu ra đa (DSP) lối ra khối này được đưa tới xử lý, hiển thị theo phương pháp truyền thống (chế độ hiển thị truyền thống), đồng thời được đưa đến khối xử lý tín hiệu phân cực (PSP) để tính toán 2 tham số RCS và K(α), gán mầu và đưa tới khối hiển thị, tín hiệu này sẽ được hiển thị tại khối hiển thị (chế độ hiển thị phân cực) với 32 gam mầu.

2. HAI MẪU THỬ NGHIỆM RA ĐA PHÂN CỰC ĐẦU TIÊN TẠI VIỆT NAM

2.1. Ra đa EXCSR-P

Ra đa EXCSR-P là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học thuộc Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh năm 2018 "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo mẫu thử nghiệm ra đa phân cực giám sát mặt biển EXCSR-P**".**

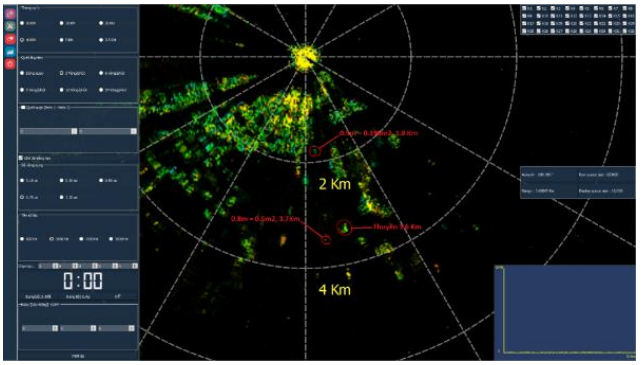
Đơn vị chủ trì: Viện Công nghệ Điện tử thuộc Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam.

Ra đa EXCSR-P sử dụng tín hiệu xung đơn giản của ra đa cơ sở Furuno với các phần cải tiến mới: anten, hệ thống thu và xử lý phân cực.

Kết quả thử nghiệm tại Trạm thử nghiệm vũ khí – khí tài của Viện Kỹ thuật Hải quân ở Đồ Sơn, Hải Phòng các ngày từ 06 tháng 11 năm 2018 đến 15 tháng 11 năm 2018.



Hình 2. *Vị trí đặt ra đa EXCSR-P.*



Hình 3. *Các mục tiêu: Quả cầu d = 0,5 m; RCS = 0,196 m^2 phát hiện tại cự ly 1,8 km; Sóng cao 0,4-0,6 m.*

2.2. Ra đa MCSR-P1

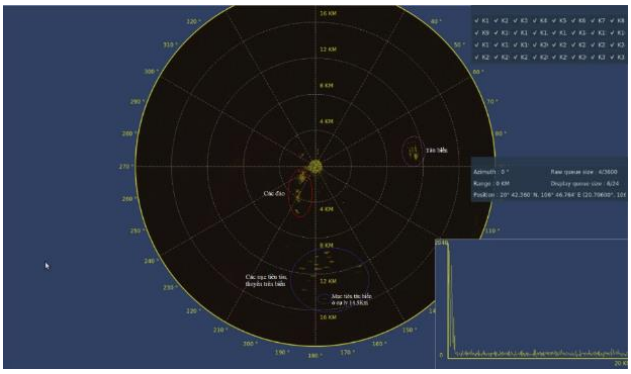
Là sản phẩm của Đề tài nghiên cứu khoa học thuộc Bộ Khoa học và Công nghệ "Nghiên cứu, thiết kế và chế thử hệ thống anten, hệ thống tạo và xử lý tín hiệu của đài radar phân cực, cơ động cỡ nhỏ MCSR-P1 giám sát mặt biển " năm 2015-2021. Đơn vị chủ trì: Viện Công nghệ Điện tử thuộc Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam.

Tín hiệu sử dụng: tín hiệu xung điều tần tuyến tính.

Kết quả thử nghiệm tại Đoàn an điều dưỡng 295 Bộ Quốc phòng, Đồ Sơn, Hải Phòng các ngày từ 19 tháng 5 đến 23 tháng 5 năm 2020.



Hình 4. *Vị trí đặt ra đa MCSR-P1.*



Hình 5. *Màn hiện sóng phân cực toàn cảnh.*

3. KẾT LUẬN

2 mẫu thử nghiệm đầu tiên đã thực hiện thành công việc thiết kế, chế tạo ra đa phân cực ở Việt Nam, đã chứng minh khả năng phát hiện được các mục tiêu nhỏ trên mặt biển của loại ra đa này; trên cơ sở các mẫu thử nghiệm đầu tiên Viện Công nghệ Điện tử sẽ tiếp tục nâng cao chất lượng hơn nữa ở các mẫu tiếp theo để đáp ứng nhu cầu thực tiễn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Богородский В.В, Канарейкин Д.Б and Козлов А.И, *"Поляризация рассеянного и собственного радиоизлучения земных покровов"*, Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981.

[2]. Valchula G. M and Barnes R. M, *"Polarization detection of a fluctuating radar target,"* IEEE Transactions on aerospace and electronic system, Vols. AES-19, no. 2, March 1983, pp. 250-256, 1983.

[3]. Novak L. M. and Sechtin M. B., *"Studies of target detection algorithms that use polarimetric radar data,"* IEEE Trans. on Aerosp. Electron. Syst, vol. 25, no. 2, Mar. 1989., pp. 150-165, 1989.

[4]. Maio A. D. and Alfano G., *"A polarimetric adaptive detector in non-Gaussian noise,"* Signal Processing, vol. 83, pp. 197-306, 2003.

[5]. Pastina D, Lombardo P, and Bucciarelli T, *"Adaptive polarimetric target detection with coherent radar. Part I: Detection against Gaussian background,"* IEEE Trans. on Aerosp. Electron. Syst, Vols. 37, No. 4, pp. 1194-1206, 2001.

[6]. Козлов А.И. , Татаринов В.Н, Татаринов С.Н and Кривин Н.Н, *"эффекта поляризационного следа слабоконтрасных целей и его экспериментальное подтверждение,"* Научный Вестник МГТУ ГА, vol. 189, pp. 74-79, 2013.

ABSTRACT

BASIC FEATURES OF MULTI-POLARIZATION RADIATION TECHNOLOGY AND FIRST EXPERIMENTS IN VIETNAM

The article presents some basic features of the theory of polarization radar with signal processing base on scattering matrix of the target with the detection parameter are Radar Cross Section, Ellipticity Coefficient of the target, and the first two experiments of polarization radar made in Viet Nam: radar EXCSR-P using simple pulse signal and radar MCSR-P1 using simple pulse signal and linear frequency modulation pulse signal.

Keywords: Polarization radar; Radar signal processing; Small targets detection.

Nhận bài ngày 30 tháng 6 năm 2021
Hoàn thiện ngày 30 tháng 7 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 02 tháng 8 năm 2021

Địa chỉ: Viện Công nghệ Điện tử, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam.
*Email: dcthanh27@gmail.com.