BỘ QUỐC PHÒNG
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

PHẠM TRỌNG HÙNG

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG PHÁT HIỆN CÁC VẬT THỂ NHỎ TRÊN MẶT BIỂN SỬ DỤNG RA ĐA PHÂN CỰC

Ngành: KỸ THUẬT RAĐA DẪN ĐƯỜNG
Mã số: 9.52.02.04

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội – 2020

CÔNG TRÌNH ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ - BỘ QUỐC PHÒNG

Người hướng dẫn khoa học: 1. TSKH. Đào Chí Thành

2. GS. TSKH. Tatarinov V.N.

Phản biện 1: GS.TS Nguyễn Bình
Phản biện 2: PGS.TS Bạch Nhật Hồng
Phản biện 3: TS Nguyễn Mạnh Cường

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp Học viện theo Quyết định số 4673/QĐ-HV ngày 25 tháng 12 năm 2020 của Giám đốc Học viện Kỹ thuật Quân sự, họp tại Học viện Kỹ thuật Quân sự vào hồi giờ… ngày…tháng…..năm 2020.

Có thể tìm hiểu luận án tại:
- Thư viện Quốc gia Việt Nam.
- Thư viện Học viện Kỹ thuật Quân sự.

MỞ ĐẦU

1. Động lực nghiên cứu:

Hiện nay, việc phát hiện mục tiêu có kích thước nhỏ trên mặt biển là rất khó khăn đối với ra đa hàng hải, không phải chỉ bởi vì không có phương pháp hiệu quả để mô hình hóa nhiễu biển mà còn bởi vì tỉ số tín hiệu/nhiễu nền thấp của mục tiêu nhỏ trên mặt biển. Bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển còn khó khăn hơn khi mục tiêu và nhiễu biển gần nhau trên miền tần số Doppler và góc nhìn. Khi đó thông tin phân cực được xem như là một giải pháp hiệu quả để tăng khả năng phát hiện các mục tiêu trên mặt biển. Các công trình nghiên cứu đã chỉ ra rằng thông tin phân cực cũng quan trọng như biên độ, pha và tần số.

Ra đa phân cực cho ra nhiều tham số phát hiện mới, ví dụ như: entropy (H), độ phân cực (DoP), Span tín hiệu (SS), hiệu pha, hệ số elip (τ), góc hướng (φ) v.v. Các tham số phân cực này có đặc trưng khác nhau đối với nhiễu nền và mục tiêu cộng nhiễu nền và điều này có thể là cơ sở để cải thiện thuật toán phát hiện mục tiêu ra đa. Có thể rút ra các tham số phân cực này từ các dạng biểu diễn trạng thái phân cực khác nhau: thông qua ma trận tán xạ, thông qua tham số Stock, ma trận hiệp phương sai phân cực v.v..

Thông tin phân cực được sử dụng để tăng hiệu quả phát hiện mục tiêu từ những năm 1950. Ban đầu các nhà nghiên cứu tập trung vào việc lựa chọn trạng thái phân cực tối ưu khi biết trước phân cực của nhiễu nền và của tạp. Một trong các phương pháp là lựa chọn trạng thái phân cực tối ưu được sử dụng trong thực tế. Sau đó tiếp tục phát triển ý tưởng này thành trường hợp thực tế hơn khi mục tiêu nằm trên nền tạp phân bố xác định. Mô hình nhiễu nền phân bố Gauss và mô hình nhiễu nền phân bố không Gauss được sử dụng để xây dựng các bộ phát hiện phân cực.

Xuất phát từ tính cấp thiết của vấn đề nghiên cứu với mong muốn đóng góp vào việc nâng cao khả năng phát hiện các mục tiêu có diện tích phản xạ hiệu dụng bé trên bề mặt nền đặc biệt trên mặt biển, đề

tài "**Nâng cao chất lượng phát hiện các vật thể nhỏ trên mặt biển sử dụng ra đa phân cực**" mang tính cấp thiết, có ý nghĩa khoa học cao và phù hợp với xu thế thời đại. Kết quả nghiên cứu sẽ bổ sung thêm lý thuyết mới về bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng các tham số phân cực. Đồng thời đó là tài liệu tham khảo quan trọng trong việc nghiên cứu, phát triển và triển khai các hệ thống ra đa phân cực.

2. Các đóng góp của luận án:

Một số đóng góp chính của luận án có thể được tóm tắt như sau:

1. Đưa ra thuật toán mới nâng cao chất lượng phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng độ lệch chuẩn của hệ số elip phân cực *K*. Sử dụng tham số phát hiện mới σ_K có khả năng tăng chất lượng phát hiện mục tiêu trên mặt biển như giảm đáng kể xác suất báo động lầm, tăng xác suất phát hiện đúng so với khi chỉ sử dụng tham số phát hiện *K* và tăng khả năng phát hiện các mục tiêu có cùng hệ số *K* giống với nhiễu biển mà không thể phát hiện được nếu chỉ sử dụng hệ số *K*.
2. Đưa ra thuật toán mới nâng cao chất lượng phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng độ lệch chuẩn của độ phân cực *DoP* của mục tiêu ra đa. Sử dụng tham số phát hiện σ_{DoP} có khả năng tăng chất lượng phát hiện mục tiêu trên mặt biển như giảm đáng kể xác suất báo động lầm, tăng xác suất phát hiện đúng so với khi chỉ sử dụng tham số phát hiện *DoP* và tăng khả năng phát hiện các mục tiêu có cùng hệ số *DoP* giống với nhiễu biển, những mục tiêu mà không thể phát hiện được nếu chỉ sử dụng hệ số *DoP*.

3. Bố cục luận án:

Bố cục luận án được chia thành: phần mở đầu, 4 chương, kết luận và kiến nghị, danh mục các công trình đã công bố, tài liệu tham khảo.

Chương 1

Tổng quan bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng ra đa phân cực và đặt bài toán nghiên cứu

1.1. Xu hướng nghiên cứu bài toán phát hiện mục tiêu phản xạ yếu trên bề mặt nền

Trong bài toán phát hiện mục tiêu có phản xạ yếu trong điều kiện nhiễu phức tạp, xu hướng phát triển chung của các hệ thống ra đa là ứng dụng các thuật toán xử lý thông tin, khai thác triệt để thông tin trong tín hiệu ra đa, chuyển sang sử dụng các phương pháp xử lý số thông minh, các hệ thống phức hợp trong các dải tần khác nhau, kết hợp với các hệ thống quang học và dải gần quang học.

1.2. Tổng quan bài toán phát hiện mục tiêu sử dụng tham số phân cực

Các thuật toán phát hiện mục tiêu sử dụng tham số phân cực được chia thành hai loại: giải pháp thứ nhất là sử dụng mô hình thống kê của nhiễu nền và mục tiêu cộng nhiễu nền. Dạng giải pháp thứ hai sử dụng sự mô tả tham số của sóng phản xạ.

1.2.1. Các tham số phân cực mục tiêu ra đa

Tính chất mục tiêu ra đa được mô tả thông qua ma trận tán xạ (MTTX), có dạng trùng với ma trận Jones. Ma trận Jones lại liên quan với ma trận Mueller bằng biến đổi ma trận tương quan của sóng phân cực phẳng một phần. Ma trận Mueller liên quan đến sóng tới và sóng phản xạ từ mục tiêu ra đa:

$$\vec{S}_{px} = \|M\|\vec{S}_{toi} \tag{1.1}$$

trong đó $\vec{S}_{px}, \vec{S}_{toi}$ - là véc tơ Stock của sóng phản xạ và sóng tới; $\|M\|$ là ma trận Mueller (4x4); $\|\dot{S}\| = \begin{Vmatrix} \dot{s}_{11} & \dot{s}_{12} \\ \dot{s}_{21} & \dot{s}_{22} \end{Vmatrix}$ - là MTTX phức của mục tiêu ra đa.

Với trường hợp ra đa tích cực một vị trí thì $s_{12}=s_{21}$. Khi đó MTTX sẽ mang toàn bộ thông tin về mục tiêu ra đa.

1.2.2. Thuật toán tách các tham số bất biến phân cực từ MTTX

Để tách một tham số phân cực nào đó thì cần phải giải quyết bài toán khai triển MTTX mục tiêu ra đa. Với các mục tiêu có cấu trúc đối xứng xoay đơn giản có thể chuyển đổi MTTX thành dạng đường chéo đối xứng ($s_{12}=s_{21}$) bằng các phép biến đổi, đảm bảo tính đối xứng của MTTX với mục đích là để xác định các trị riêng.

1.3. Tổng quan các phương pháp phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng tham số phân cực của tín hiệu phản xạ

1.3.1 Bài toán phát hiện theo tham số phân cực

Để sử dụng phân cực của tín hiệu ra đa trong bài toán phát hiện mục tiêu trên bề mặt nền cần phải nghiên cứu mô hình thống kê phân cực của tín hiệu phản xạ đối với cả nhiễu nền lẫn mục tiêu. Mỗi dạng mục tiêu ứng với một MTTX.

1.3.2. Phát hiện mục tiêu sử dụng phép thử tỷ số hợp lý tổng quát phân cực (GLRT)

Cấu trúc bộ phát hiện GLRT có dạng:

$$\frac{max_{R,a_{HH},a_{VV},a_{HV}}\{p_x(\mathrm{x}/\mathrm{H}_1).\mathrm{p}_Y(Y)\}}{max_R\left\{p_x(\mathrm{x}/\mathrm{H}_0).\mathrm{p}_Y(\mathrm{Y})\right\}} \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \lambda \qquad (1.2)$$

trong đó λ là ngưỡng phát hiện.

Phương pháp GLRT đã tăng đáng kể các thông tin phân cực của mục tiêu. Đặc biệt khi có thêm kênh HV vào hai kênh cùng phân cực HH, VV đã tăng chất lượng phát hiện so với việc chỉ sử dụng đơn kênh HH, VV.

1.3.3. Phát hiện tàu thuyền trên biển bằng bộ lọc khía nhiễu địa hình phân cực (GP-PNF)

Bộ lọc GP-PNF (Geometrical Perturbation-Polarimetric Notch Filter) là một dạng thích nghi của bộ lọc nhiễu địa hình GPF (Geometrical Perturbation Filter) làm việc như bộ lọc khía trong không gian phân cực. GP-PNF có thể phát hiện hiệu quả các mục tiêu

trên mặt biển bằng cách cô lập và loại bỏ các phản xạ từ mặt biển trong không gian phân cực của ma trận hiệp phương sai.

Trong GP-PNF, trước tiên cần xây dựng một véc tơ đặc điểm 6 chiều:

$$\begin{aligned}\underline{t} &= Trace\left(\left[C_{quad-pol}\right]\Psi_q\right) = \left[t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6\right]^T \\ &= \left[\left\langle|k_1|^2\right\rangle, \left\langle|k_2|^2\right\rangle, \left\langle|k_3|^2\right\rangle, \left\langle|k_1 * k_2|\right\rangle, \left\langle|k_1 * k_3|\right\rangle, \left\langle|k_2 * k_3|\right\rangle\right]^T\end{aligned} \tag{1.3}$$

Sau khi biến đổi, cuối cùng sẽ tính ra được bộ phát hiện phân cực có dạng:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 + \mathrm{Re}\, dR \dfrac{P_C}{P_T}}} \tag{1.4}$$

trong đó *RedR* là tham số với tên gọi tỷ số rút gọn, P_C và P_T thể hiện cho công suất nhiễu nền và mục tiêu tương ứng.

Với GP-PNF, Marino đã thực nghiệm khả năng phát hiện các mục tiêu tàu trên mặt biển với các tham số phát hiện khác nhau như MTC (HH*VH), kênh năng lượng VH, tham số *DoP*.

1.3.4. Phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng độ phân cực DoP

Reza Shirvany đã sử dụng độ phân cực *DoP* và độ khử phân cực DoD để tăng độ tương phản của vết dầu tràn so với môi trường xung quanh sử dụng các chế độ phân cực kép SAR tương quan. Trạng thái phân cực của sóng điện từ có thể được đặc trưng bởi độ phân cực *DoP*:

$$DoP = \frac{\sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2}}{s_0} \tag{1.5}$$

trong đó $a = (\mathrm{s}_0, \mathrm{s}_1, \mathrm{s}_2, \mathrm{s}_3)^T$ là véc tơ Stock.

Hoặc có thể tính theo trị riêng λ_1, λ_2 của MTTX bằng biểu thức:

$$DoP = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}, \ \lambda_1 \geq \lambda_2 \tag{1.6}$$

Reza Shirvany đã thực nghiệm khả năng sử dụng tham số *DoP* cho việc phát hiện tàu và so sánh kết quả với các tham số khác như phân cực kép HH-HV, VH-VV, HH-VV. Kết quả chỉ ra rằng hầu hết các tàu đều được phát hiện thông qua tham số *DoP*.

1.3.5. Phát hiện các mục tiêu nhỏ trên mặt biển sử dụng cửa sổ trượt theo tham số phân cực

Tác giả công trình này đã đề xuất tham số Λ_M dùng phát hiện các mục tiêu trên mặt biển dựa trên sự khác nhau về phân cực của tín hiệu phản xạ từ tàu và từ mặt biển, sau đó kết hợp với phương pháp ổn định xác suất báo động lầm hai tham số (TP-CFAR) để thực hiện việc phát hiện mục tiêu. Mục đích của bộ phát hiện này là đánh giá đầy đủ các hiệu ứng phân cực của tàu, sau đó khuếch đại lên thông qua xử lý cửa sổ trượt.

Thuật toán cửa sổ trượt được tính bằng:

$$\Lambda_M = \frac{\langle B_0 \rangle_{test} - \langle B_0 \rangle_{tr}}{\langle A_0 \rangle_{tr}} = \frac{\langle T_{22} + T_{33} \rangle_{test} - \langle T_{22} + T_{33} \rangle_{tr}}{\langle T_{11} \rangle_{tr}} \tag{1.7}$$

trong đó $\langle\ \rangle_{\text{test}}$ và $\langle\ \rangle_{\text{tr}}$ tương ứng là trung bình theo không gian của cửa sổ thử nghiệm và cửa sổ tập với $tr = bg + test$ còn các tham số được tính thông qua ma trận tương quan *T*:

$$T = \left\langle \vec{k}_p \vec{k}_p^{+} \right\rangle = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} \\ T_{12}^{*} & T_{12} & T_{23} \\ T_{13}^{*} & T_{23}^{*} & T_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2A_0 & C + jD & H + jG \\ C + jD & B_0 + B & E + jF \\ H - jG & E - jF & B_0 - B \end{bmatrix} \tag{1.8}$$

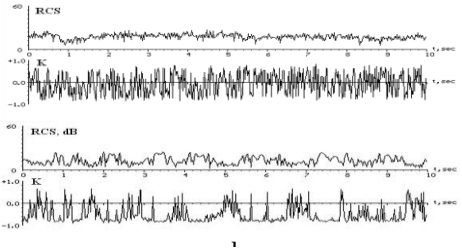
Khi thực hiện thử nghiệm với mục tiêu là tàu có kích thước từ 8 đến 90 m, kết quả của phương pháp trên tốt hơn khi so sánh với các phương pháp sử dụng kênh HV, phương pháp SPAN, PWF và GNF.

1.4. Hiệu ứng "vết" phân cực của mục tiêu hỗn hợp khi đo hệ số elip phân cực *K* bằng tín hiệu phân cực tròn

Trong thực nghiệm này đã tiến hành đo đồng thời hai tham số trong tín hiệu phản xạ là: RCS của mục tiêu và một tham số bất biến phân cực của hai dạng mục tiêu: dạng 1 chỉ có nhiễu biển; dạng 2 là mục tiêu nằm trên mặt biển (gọi là mục tiêu hỗn hợp).

Hình 1.1a ứng với trường hợp tín hiệu phản xạ về chỉ từ mặt biển (không có mục tiêu) và hình 1.1b ứng với trường hợp tín hiệu phản xạ từ mục tiêu hỗn hợp (mục tiêu cộng nhiễu biển). Có thể thấy sự

thay đổi mạnh của hệ số elip sóng phản xạ trong trường hợp có mục tiêu trên mặt biển.



Hình 1. 1. *Tham số phân cực và năng lượng của tín hiệu tán xạ*

1.5. Đặt vấn đề nghiên cứu

Từ kết quả nghiên cứu và đánh giá tổng quan trong Chương 1 nghiên cứu sinh xác định các vấn đề nghiên cứu như sau:

1. Khảo sát khả năng sử dụng hệ số elip phân cực *K* trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển;
2. Nghiên cứu đưa ra thuật toán sử dụng độ lệch chuẩn của hệ số elip phân cực *K* trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển;
3. Nghiên cứu đưa ra thuật toán sử dụng độ lệch chuẩn của độ phân cực DoP trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển;
4. Khảo sát khả năng phát hiện các mô hình mục tiêu ra đa sử dụng độ lệch chuẩn của các tham số phân cực đã đề xuất.

Kết luận chương 1

Chương 1 đã trình bày tổng quan về bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng các tham số phân cực cũng như là các thuật toán liên quan đến tham số phân cực.

Trên cơ sở nghiên cứu những vấn đề còn tồn tại trong bài toán phát hiện mục tiêu sử dụng tham số phân cực và tiềm năng để đưa ra tham số phát hiện mới, nghiên cứu sinh đã xây dựng định hướng nghiên cứu của luận án.

Chương 2

Nghiên cứu khảo sát sử dụng hệ số elip phân cực *K* cho bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển

2.1. Đặc tính thống kê của hệ số elip phân cực *K*

2.1.1. Độ không đẳng hướng phân cực phức

Độ không đẳng hướng phân cực (CDPA) được định nghĩa bằng:

$$\mu_P = \frac{\lambda_1^2 - \lambda_2^2}{\lambda_1^2 + \lambda_2^2} \tag{2.1}$$

trong đó λ_1, λ_2 là các trị riêng của MTTX mục tiêu ra đa.

2.1.2. Hệ số elip phân cực

Đầu tiên cần tính tỉ số phân cực tròn của tín hiệu phản xạ trên hai kênh phân cực trực giao, bằng với CDPA của mục tiêu ra đa:

$$\dot{P}_{RL} = \frac{\cos\alpha + \sin\alpha}{\cos\alpha - \sin\alpha} e^{-i(2\beta - \frac{\pi}{2})} = \tan\left(\alpha + \frac{\pi}{4}\right) e^{-i(2\beta - \frac{\pi}{2})} \tag{2.2}$$

trong đó α, β là góc elip và góc hướng của elip phân cực. Mô đun của CDPA liên quan trực tiếp đến tính chất phân cực của mục tiêu:

$$\left|\dot{P}_{RL}\right| = \left|\dot{\mu}_P\right| = \left|\frac{\dot{\lambda}_1 - \dot{\lambda}_2}{\dot{\lambda}_1 + \dot{\lambda}_2}\right| = \tan\left(\alpha + \frac{\pi}{4}\right) \tag{2.3}$$

Tuy nhiên việc sử dụng CDPA sẽ không thuận tiện do $\dot{\mu}_P \subset [0, \infty)$, do đó cần phải biến đổi tuyến tính CDPA thành dạng:

$$\frac{\left|\dot{P}_{RL}\right| - 1}{\left|\dot{P}_{RL}\right| + 1} = \frac{\tan\left(\alpha + \frac{\pi}{4}\right) - 1}{\tan\left(\alpha + \frac{\pi}{4}\right) + 1} = \tan\alpha = K \tag{2.4}$$

với *K* được gọi là hệ số elip phân cực.

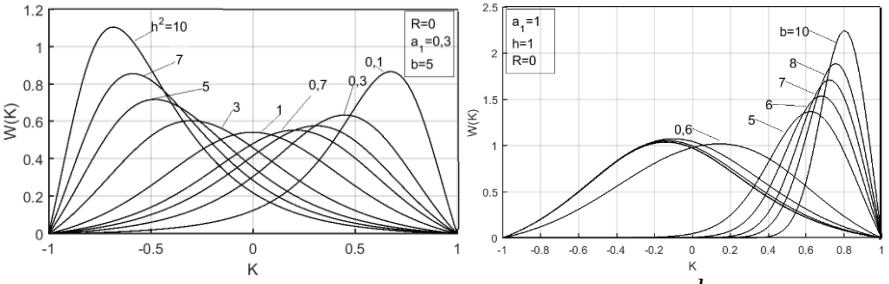
2.1.3. Phân bố xác suất của hệ số elip phân cực trong cơ sở phân cực tròn

Hàm PDF của hệ số elip $W(K)$ trong trường hợp hệ số tương quan của các thành phần phân cực trực giao $R = 0$ có dạng:

$$W(K,a_1,b,h)=\frac{4h^2(1-K^2)}{\left[(1-K)^2+h^2(1+K)^2\right]^2}\times\exp\left\{-\frac{a_1^2\left[(1-K)^2b^2+(1+K)^2h^2\right]}{2\left[(1-K)^2+(1+K)^2h^2\right]}\right\}\times$$
$$\times\left\{\left[1+\frac{a_1^2\left[(1-K)^2+(1+K)^2h^2b^2\right]}{2\left[(1-K)^2+(1+K)^2h^2\right]}\right]\times I_0\left[\frac{a_1^2bh(1-K)^2}{(1-K)^2+(1+K)^2h^2}\right]+\right. \quad (2.5)$$
$$\left.+\frac{a_1^2bh(1-K)^2}{(1-K)^2+(1+K)^2h^2}\times I_1\left[\frac{a_1^2bh(1-K)^2}{(1-K)^2+(1+K)^2h^2}\right]\right\}$$

trong đó I_0, I_1 là các hàm Bessel. Như vậy hàm PDF của hệ số elip phân cực K trong cơ sở phân cực tròn phụ thuộc vào các đại lượng: a_1, a_2 – là tỷ số SCR của tín hiệu trên hai kênh phân cực trực giao; $b=a_2/a_1$ – thể hiện cho tính chất phân cực của tín hiệu tổng cộng (mục tiêu cộng nhiễu nền); h, σ_1, σ_2 – thể hiện cho đặc trưng của nhiễu nền.

Sự phụ thuộc của hàm PDF (2.5) vào các biến a_1, b, h được minh hoạ trên hình 2.1.



a b

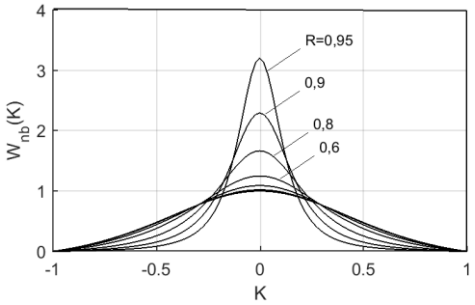
Hình 2. 1. Sự phụ thuộc của hàm PDF W(K) vào b và h^2

Từ Hình 2.1 thấy rằng hàm PDF của hệ số K đối với các loại nhiễu nền khác nhau sẽ khác nhau đáng kể. Hàm PDF của trường hợp mục tiêu cộng nhiễu nền càng khác so với PDF của nhiễu nền thì khả năng phát hiện mục tiêu trên nền nhiễu đó thông qua hệ số K càng tăng lên và ngược lại.

2.1.4. Phân bố xác suất của hệ số elip phân cực đối với nhiễu biển

Đối với nhiễu biển thì $\sigma_L^2 \approx \sigma_R^2$ và $h^2=\sigma_L^2/\sigma_R^2 \approx 1$ nên hàm PDF của nhiễu biển có dạng:

$$W(K,R,h=1)=\frac{4(1-R^2)(1-K^2)\left[(1-K)^2+(1+K)^2\right]}{\left\{\left[(1-K)^2+(1+K)^2\right]^2-4R^2(1-K^2)^2\right\}^{3/2}} \quad (2.6)$$



Hàm PDF đối với nhiễu biển với R khác nhau được trình bày trên hình 2.2. Dạng PDF của K đối với nhiễu biển thay đổi khi R thay đổi. R càng tăng thì dạng hàm PDF càng hẹp và ngược lại.

Hình 2. 2. $W_{nb}(K)$ nhiễu biển

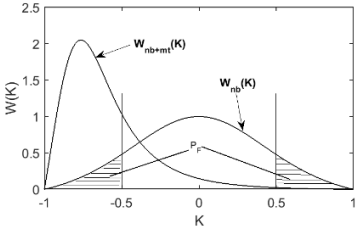
2.2. Đề xuất thuật toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng hệ số elip phân cực

2.2.1. Lựa chọn tham số phát hiện

Tham số phát hiện là hệ số elip phân cực K theo biểu thức (2.4).

2.2.2. Đề xuất thuật toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng hệ số elip phân cực

Từ biểu thức này có thể xây dựng được hàm PDF $W(K)$ cho hai trường hợp: chỉ có nhiễu biển và có mục tiêu cộng nhiễu biển. Hình 2.3 minh hoạ cho trường hợp này.



Hình 2. 3. *Chọn ngưỡng phát hiện theo K*

Thuật toán phát hiện được thực hiện như sau: Trong khoảng giá trị $K \subset [-1, 1]$, đặt $\Delta K_{nb} = [K_L, K_R]$ đối với nhiễu biển. Giả sử hệ số K đo được trong một cự ly phân giải ra đa (theo cự ly) có giá trị K_0, nếu K_0 nằm ngoài khoảng $[K_L, K_R]$, thì sẽ kết luận rằng có mục tiêu nằm trong cự ly phân giải đó và ngược lại.

2.2.3. Tính toán xây dựng bộ phát hiện hai mức dựa trên hệ số elip phân cực K

Nếu sử dụng tiêu chuẩn Neyman-Pearson để tìm khoảng phát hiện, thì ΔK_{nb} được chọn sao cho xác suất của sự kiện $K_0 \subset [-1, K_L) \cup (K_R, 1]$ trong trường hợp chỉ có nhiễu biển bằng xác suất báo động lầm P_F.

Xác suất báo động lầm P_F bằng:

$$P_F = P_{F1} + P_{F2} = \int_{-1}^{K_L} W_{sc}(K)dK + \int_{K_R}^{+1} W_{sc}(K)dK \qquad (2.7)$$

đối với nhiễu nền là bề mặt biển thì K_L và K_R có dạng đối xứng qua 0, hay nói cách khác $-K_L = K_R$. Khi đó:

$$P_F = P_{F1} + P_{F2} = 2\int_{K_R}^{+1} W_{nb}(K)dK = 2\int_{-1}^{K_L} W_{nb}(K)dK \qquad (2.8)$$

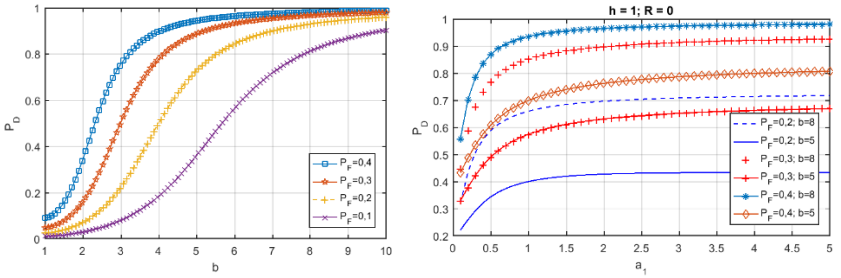
Xác suất phát hiện đúng P_D bằng:

$$P_D = 1 - P_M = 1 - \int_{K_L}^{K_R} W_{nb+mt}(K)dK \qquad (2.9)$$

với hàm $W_{nb+mt}(K)$, có dạng như biểu thức (2.5).

2.2.4. Đánh giá xác suất phát hiện đúng mục tiêu theo tham số phân cực K sử dụng tiêu chuẩn Neyman-Pearson

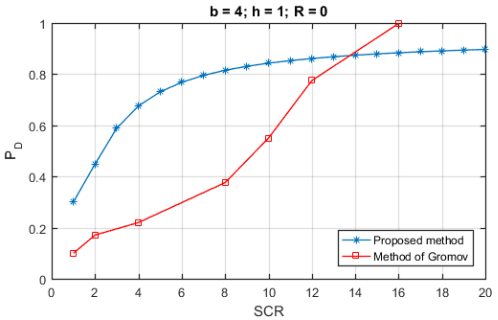
Nếu hàm $W_{nb+mt}(K)$ có dạng (2.5), thì có thể tính được P_D theo ngưỡng phát hiện bằng biểu thức (2.9). Từ đó có thể xây dựng được hàm tính P_D phụ thuộc vào tham số *b*, a1 như trên hình 2.4.



a *b*

Hình 2. 4. Xác suất phát hiện đúng theo các tham số *b*, a_1

Hình 2.4a chỉ ra rằng, P_D phụ thuộc vào đặc tính phân cực của tín hiệu tổng cộng thông qua tham số b. Với cùng một giá trị P_F, nếu b tăng thì P_D tăng. Trên hình 2.4b là P_D phụ thuộc tỉ số SCR. Có thể thấy rằng P_D tăng khi a_1 tăng.



Hình 2.5. *So sánh P_D theo Gromov và phương pháp đề xuất với trường hợp b=4, h=1.*

Hình 2.5 là đánh giá so sánh P_D theo SCR của phương pháp đề xuất với phương pháp của Gromov V.A. Có thể thấy phương pháp đề xuất cho kết quả tốt hơn trong khoảng SCR < 10dB.

Kết luận chương 2

Trong Chương 2 nghiên cứu sinh đã khảo sát đặc trưng thống kê của hệ số K đối với nhiễu biển và mục tiêu cộng nhiễu biển. Từ cơ sở đó đã đề xuất sử dụng hệ số elip phân cực K làm tham số phát hiện mục tiêu trên mặt biển đồng thời so sánh hiệu quả của phương pháp sử dụng hệ số K với phương pháp sử dụng góc elip được đề xuất bởi Gromov.

Tuy nhiên trong phương pháp sử dụng hệ số K còn một số hạn chế như xác suất báo động lầm lớn, không phát hiện được các mục tiêu có hệ số K giống với hệ số K của nhiễu biển. Từ kết luận này nghiên cứu sinh đã đưa ra các giải pháp cải thiện hiệu quả phát hiện mục tiêu trên mặt biển mà sẽ được trình bày trong các phần tiếp theo.

Chương 3
Đề xuất thuật toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng độ lệch chuẩn của tham số phân cực

3.1. Sử dụng độ lệch chuẩn của hệ số elip phân cực *K* nhằm nâng cao chất lượng phát hiện các mục tiêu trên mặt biển

3.1.1. Động lực nghiên cứu

Trong phần này NCS đề xuất thuật toán sử dụng độ lệch chuẩn của hệ số elip phân cực *K* trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển.

3.1.2. Đề xuất sử dụng độ lệch chuẩn của hệ số K cho bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển

Bài toán phát hiện là ra quyết định một trong hai giả thuyết: giả thuyết H_0 (không có mục tiêu) và giả thuyết H_1 (có mục tiêu):

$$\begin{cases} H_0: & \sigma_K > \sigma_K^{ng} \\ H_1: & \sigma_K \le \sigma_K^{ng} \end{cases} \tag{3.1}$$

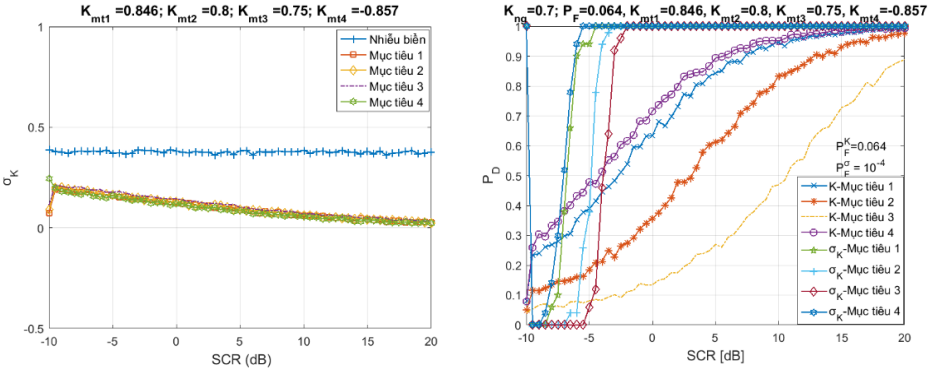
với σ_K^{ng} là ngưỡng theo độ lệch chuẩn của *K* và được chọn dựa trên xác suất báo động lầm yêu cầu.

1.1.3. Phát hiện mục tiêu trên mặt biển theo hệ số K và σ_K với các mục tiêu khác nhau

Trong phần này sử dụng nhiễu biển có phân bố Rayleigh, tạo 4 loại mục tiêu Swerling 0 với các hệ số *K* có giá trị khác nhau tương ứng là: 0,846; 0,8; 0,75; -0,857.

Hình 3.1a thấy rằng σ_K đối với nhiễu biển có giá trị lớn nhất, xấp xỉ bằng 0,4 và không đổi khi SCR thay đổi. Trong khi đó σ_K của mục tiêu cộng nhiễu biển nhỏ hơn so với trường hợp chỉ có nhiễu biển.

Khi so sánh phương pháp sử dụng hệ số *K* và σ_K (hình 3.1b) thấy rằng xác suất phát hiện đúng khi sử dụng σ_K cao hơn. Ví dụ với SCR = 0 thì $P_D \approx 1$ và SCR không ảnh hưởng nhiều đến P_D.



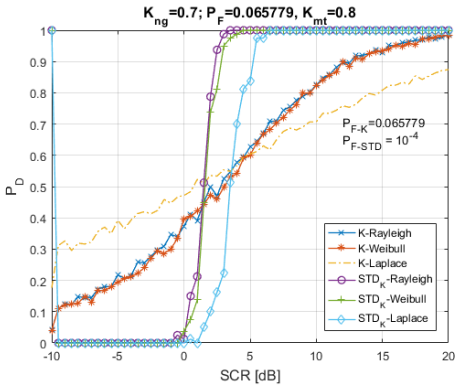
a *b*

Hình 3. 1. σ_K và hiệu quả phát hiện các loại mục tiêu

1.1.4. Phát hiện mục tiêu theo hệ số K và σ_K với các mô hình nhiễu biển khác nhau

Trong phần này sẽ khảo sát hiệu quả phát hiện mục tiêu sử dụng hệ số *K* và σ_K với các mô hình nhiễu biển Rayleigh, Weibull và Laplace.

Trong trường hợp này, σ_K đối với nhiễu Laplace là lớn nhất gần bằng 0,57 trong khi σ_K của nhiễu Rayleigh và Weibull bé hơn, gần bằng nhau và bằng 0,37. Trong trường hợp này có thể kết luận rằng sử dụng mô hình nhiễu Weibull sẽ cho kết quả kém hơn so với mô hình Rayleigh và Laplace.

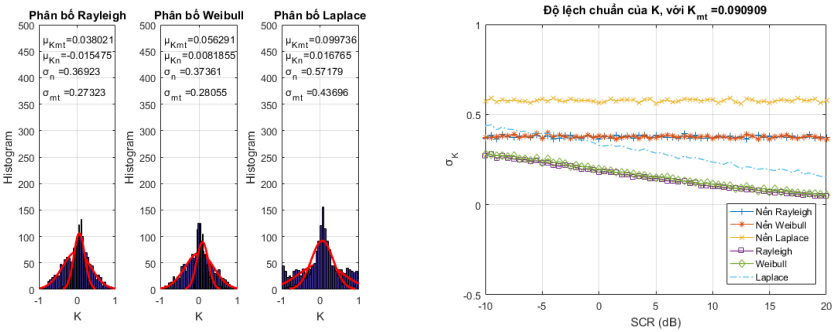


Hình 3. 2

Khi so sánh hiệu quả phát hiện giữa phương pháp sử dụng *K* và phương pháp sử dụng σ_K (hình 3.2) thấy rằng xác suất phát hiện đúng của phương pháp sử dụng σ_K tốt hơn, đồng thời xác suất báo động lầm cũng bé hơn đối với tất cả các dạng nhiễu nền.

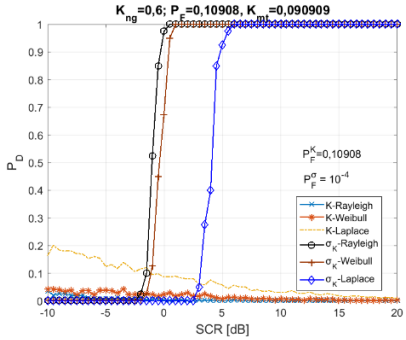
1.1.5. Phát hiện mục tiêu trên mặt biển theo hệ số K và σ_K khi mục tiêu có K giống với K của nhiễu biển

Một ưu điểm khác của việc sử dụng σ_K trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển là khi mục tiêu có hệ số *K* gần giống với hệ số *K* trung bình của nhiễu biển (hình 3.3a).



a b

Hình 3. 3. Mục tiêu có *K* giống với nhiễu biển



Hình 3. 4.

Khi đó không thể sử dụng hệ số *K* để phân biệt hoặc phát hiện mục tiêu trên mặt biển. Khi xét đến kết quả như trên hình 3.3b lại thấy σ_K trong trường hợp mục tiêu cộng nhiễu biển lại khác so với trường hợp chỉ có nhiễu biển.

Khi so sánh hiệu quả phát hiện (hình 3.4) thấy rằng không thể phát hiện được mục tiêu khi sử dụng hệ số μ_K trong khi đó nếu sử dụng σ_K thì xác suất phát hiện đúng vẫn cao, cụ thể với SCR = 0 dB thì P_D khi sử dụng σ_K là, $P_D \approx 1$ đối với các mô hình nhiễu biển khác nhau.

3.2. Sử dụng độ lệch chuẩn của độ phân cực *DoP* nhằm nâng cao chất lượng phát hiện các mục tiêu trên mặt biển

3.2.1. Động lực nghiên cứu

Trong phần này NCS tiếp tục khảo sát việc sử dụng độ lệch chuẩn của độ phân cực *DoP* trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển để củng cố nhận định về hiệu quả sử dụng độ lệch chuẩn của tham số phân cực làm tham số phát hiện mục tiêu trên mặt biển.

3. 2.2. Độ phân cực DoP

Độ phân cực *DoP* được tính bằng:

$$DoP = \frac{\sqrt{tr(\Sigma)^2 - 4|\Sigma|}}{tr(\Sigma)} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_2 + \lambda_1} \quad (3.2)$$

trong đó $tr(\Sigma)$ là vết của ma trận Σ, λ_1, λ_2 là trị riêng của ma trận Σ.

3.2.3. Thuật toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng độ phân cực DoP và σ_{DoP}

Thống kê phát hiện được tính bằng:

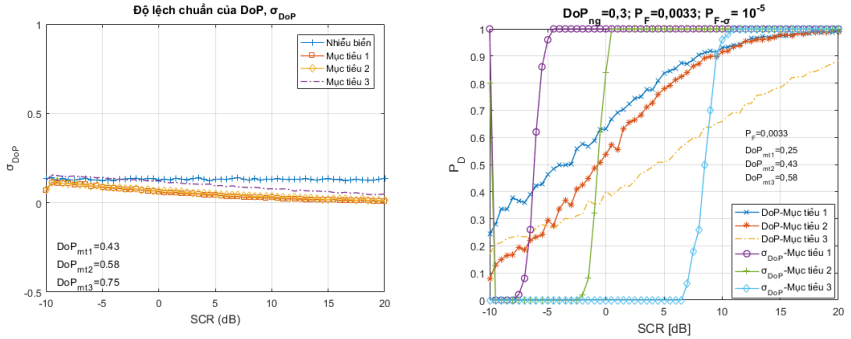
$$T_{DoP} = D\hat{o}P \quad (3.3)$$

Bộ phát hiện sẽ quyết định giả thuyết H_1 nếu $T_{DoP} < \gamma_{DoP}^{ng}$, ngược lại sẽ quyết định H_0.

3.2.4. Khảo sát chất lượng phát hiện

a. Phát hiện mục tiêu trên mặt biển theo độ phân cực DoP và σ_{DoP} với các mục tiêu khác nhau

Trong phần này sử dụng nhiễu biển có phân bố Rayleigh, tạo 3 dạng mục tiêu Swerling 0 với các hệ số *DoP* có giá trị khác nhau tương ứng là: 0,43; 0,58; 0,75. Giá trị σ_{DoP} và hiệu quả phát hiện trên hình 3.5.



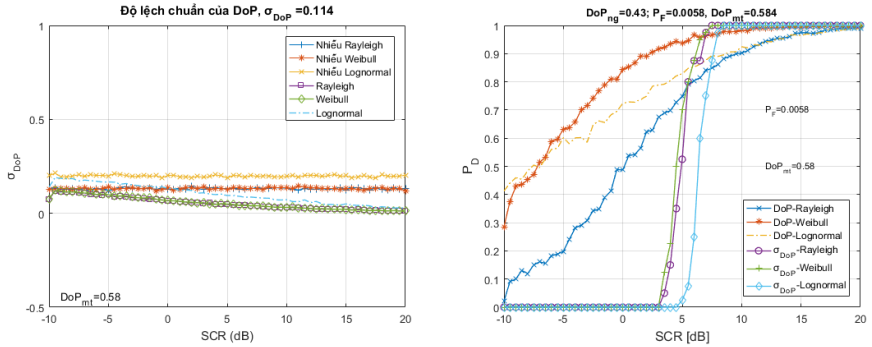
a b

Hình 3. 5. *Giá trị σ_{DoP} và hiệu quả phát hiện*

Trên hình 3.5a thấy rằng σ_{DoP} đối với nhiễu biển có giá trị lớn nhất và xấp xỉ bằng 0,2. Trong khi đó σ_{DoP} đối với mục tiêu cộng nhiễu biển nhỏ hơn so với trường hợp chỉ có nhiễu biển. Trên hình 3.5b thấy rằng, sử dụng σ_{DoP} cho kết quả phát hiện tốt hơn khi chỉ sử dụng hệ số *DoP*.

b. Phát hiện mục tiêu trên mặt biển theo hệ số DoP và σ_{DoP} với các mô hình nhiễu biển khác nhau

Trong phần này thực hiện khảo sát hiệu quả phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng với các mô hình nhiễu biển Rayleigh, Weibull và Lognormal, với σ_{DoP} như trên hình 3.6a .



a b

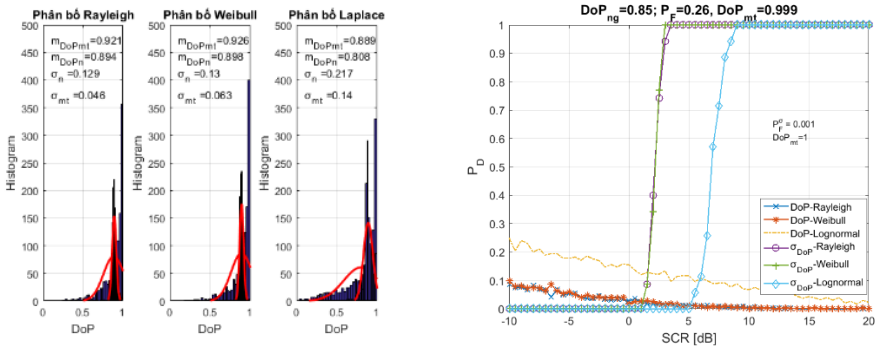
Hình 3. 6. *σ_{DoP} và hiệu quả phát hiện*

Khi so sánh hiệu quả phát hiện giữa phương pháp sử dụng hệ số *DoP* và phương pháp sử dụng σ_{DoP} (hình 3.6b) thấy rằng xác suất phát hiện đúng của phương pháp sử dụng σ_{DoP} tốt hơn. Ví dụ với $SCR < 0\,dB$ thì P_D của phương pháp sử dụng σ_{DoP} thấp hơn so với khi sử dụng hệ số *DoP* là $P_D \approx 0$ nhưng với $SCR > 0\,dB$ thì xác suất phát hiện đúng với phương pháp sử dụng σ_{DoP} lớn hơn với $P_D \approx 1$.

c. Phát hiện mục tiêu trên mặt biển theo hệ số DoP và σ_{DoP} khi mục tiêu có hệ số DoP giống với nhiễu biển

Một ưu điểm khác của việc sử dụng σ_{DoP} trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển là khi mục tiêu có hệ số *DoP* gần giống với hệ

số *DoP* trung bình của nhiễu biển, bài toán được minh họa như trên hình 3.7a. Dạng phân bố và hiệu quả phát hiện như trên hình 3.7b.



Hình 3. 7. *PDF của DoPvà hiệu quả phát hiện sử dụng* σ_{DoP}

Trên hình 3.7b thấy rằng không thể phát hiện được mục tiêu khi sử dụng hệ số *DoP* trong khi đó nếu sử dụng σ_{DoP} thì xác suất phát hiện đúng vẫn cao, cụ thể với SCR = 0 dB thì P_D=1 khi sử dụng σ_{DoP}.

Kết luận Chương 3

Kết quả tính toán và khảo sát trong Chương 3 đã chỉ ra rằng, phương pháp sử dụng độ lệch chuẩn của các tham số phân cực: σ_K và σ_{DoP} làm tham số phát hiện đã nâng cao chất lượng phát hiện các mục tiêu trên mặt biển so với khi chỉ sử dụng các tham số phân cực *K* và *DoP*. Cụ thể là đã giảm đáng kể xác suất báo động lầm và tăng xác suất phát hiện đúng mục tiêu khi sử dụng σ_K và σ_{DoP}. Kết quả chỉ ra rằng với các mục tiêu có SCR > 5 dB thì hầu hết phương pháp sử dụng σ_K và σ_{DoP} đều cho $P_D = 1$ với $P_F = 10^{-5}$ và xác suất phát hiện đúng mục tiêu cũng ít phụ thuộc vào đặc tính phân cực hơn.

Ngoài ra khi sử dụng σ_K và σ_{DoP} làm tham số phát hiện còn có thể phát hiện được các mục tiêu có cùng tham số phân cực với nhiễu biển với xác suất phát hiện đúng cao mà không thể phát hiện được nếu chỉ sử dụng các tham số phân cực *K* và *DoP*.

Chương 4

Khảo sát và đánh giá khả năng phát hiện các mô hình mục tiêu ra đa trên mặt biển sử dụng độ lệch chuẩn của tham số phân cực

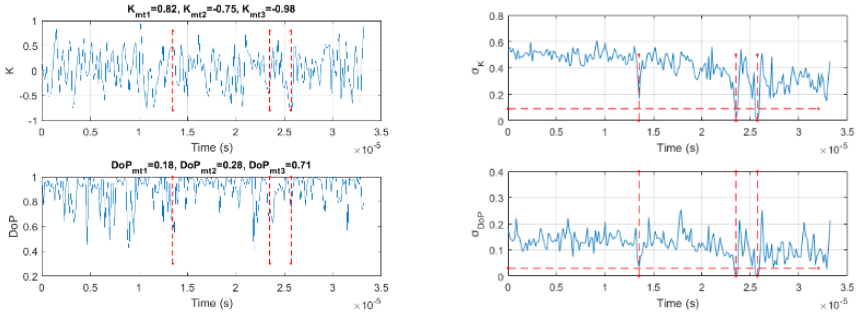
Trong Chương 4 NCS thực hiện việc khảo sát và đánh giá khả năng sử dụng phát hiện các mô hình mục tiêu ra đa Swerling sử dụng độ lệch chuẩn của *K* và *DoP*.

4.1. Khảo sát khả năng phát hiện các mô hình mục tiêu ra đa Swerling sử dụng độ lệch chuẩn của tham số phân cực

Trong phần này thực hiện mô phỏng khả năng phát hiện các mô hình mục tiêu Swerling sử dụng độ lệch chuẩn của tham số phân cực: hệ số *K* và *DoP*. Các tham số của ba mục tiêu với mô hình Swerling 0 như hệ số *K*, độ phân cực *DoP*, cự ly, RCS được cho trên bảng 4.1. Kết quả như trên hình 4.1.

Bảng 4. 1. Tham số mục tiêu

	Mục tiêu 1	Mục tiêu 2	Mục tiêu 3
Cự ly (m)	2024,66	3518,63	3845,04
Hệ số *K*	0,82	-0,75	-0,98
Hệ số *DoP*	0,18	0,28	0,71
RCS (m^2)	0,5	0,1	0,7



a b

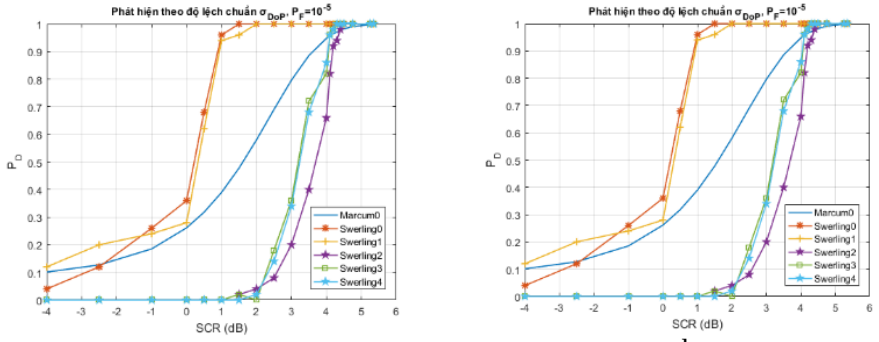
Hình 4. 1. *Tham số phân cực*

Vị trí mục tiêu nằm tại vị trí được đánh dấu bằng đường thẳng nét đứt trên hình 4.1. Ngoài ba vị trí mục tiêu là nhiễu biển. Hình 4.1a cho thấy, tham số phân cực của mục tiêu thay đổi do ảnh hưởng của nhiễu biển và khác so với giá trị thật. Cụ thể, với mục tiêu 1, giá trị K đo được $\hat{K} = 0,5$ so với giá trị thật $K = 0,82$; mục tiêu 2 có $\hat{K} = -0,48$ so với giá trị thật $K = -0,75$; mục tiêu 3 có $\hat{K} = -0,4$ so với giá trị thật $K = -0,98$. Tương tự như vậy, mục tiêu 1 có hệ số $\hat{DoP} = 0,6$ so với giá trị thật $DoP = 0,18$; mục tiêu 2 có $\hat{DoP} = 0,7$ so với giá trị thật $DoP = 0,28$; mục tiêu 3 có $\hat{DoP} = 0,83$ so với giá trị thật $DoP = 0,71$. Như vậy khi sử dụng hệ số K hoặc DoP thì giá trị của các tham số này nằm lẫn trong các giá trị của nhiễu biển dẫn đến khả năng báo động lầm là rất lớn. Ngược lại như trên hình 4.1b có thể thấy σ_K và σ_{DoP} tại vị trí có mục tiêu khác so với các vị trí chỉ có nhiễu biển. Ví dụ σ_K đối với nhiễu biển dao động trong khoảng giá trị từ 0,35-0,45; trong khi $\sigma_K \approx 0,1$ đối với mục tiêu 1; $\sigma_K \approx 0,11$ với mục tiêu 2 và $\sigma_K \approx 0,12$ đối với mục tiêu 3. Tương tự như vậy, độ lệch chuẩn của DoP đối với nhiễu nền $\sigma_{DoP} = 0,1 \div 0,15$; trong khi đó $\sigma_{DoP} = 0,05$ ứng với mục tiêu 1; $\sigma_{DoP} = 0,06$ với mục tiêu 2 và $\sigma_{DoP} = 0,07$ với mục tiêu 3.

4.2. Đánh giá và so sánh hiệu quả phát hiện các mô hình mục tiêu Swerling sử dụng độ lệch chuẩn của tham số phân cực

Để đánh giá chất lượng phát hiện với các mô hình mục tiêu Swerling khi sử dụng độ lệch chuẩn của tham số phân cực K và DoP ta thực hiện các phép thử độc lập để tính được các giá trị K và DoP. Sau đó mỗi các giá trị này được dùng để tính một giá trị σ_K và σ_{DoP}, mỗi giá trị σ_K và σ_{DoP} ứng với một giá trị SCR của mục tiêu 1. Ứng với mỗi giá trị SCR sẽ thực hiện L vòng lặp để thu được số lượng các giá trị σ_K^i và σ_{DoP}^i, i=1..L. Các giá trị này được dùng để tính xác suất phát hiện đúng. Xác suất phát hiện đúng được tính bằng số lần giá trị độ lệch chuẩn nhỏ hơn mức ngưỡng phát hiện trên tổng số vòng lặp L.

Ngưỡng phát hiện theo độ lệch chuẩn được tính dựa trên xác suất báo động lầm khi chỉ có nhiễu biển.



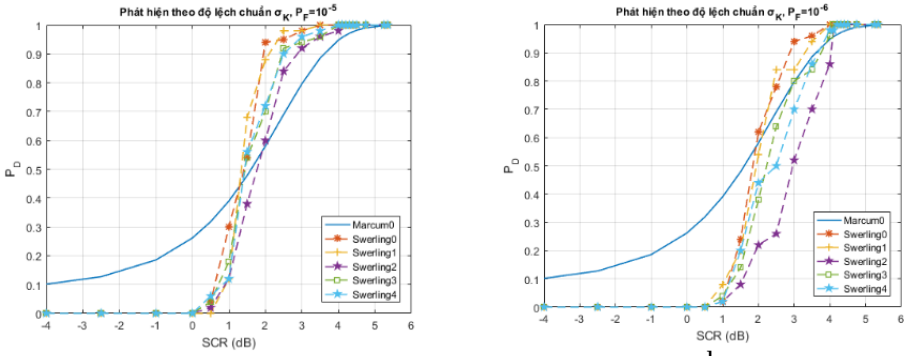
a b

Hình 4. 2. *Hiệu quả phát hiện các mô hình mục tiêu dựa trên* σ_{DoP}

Hình 4.2 cho thấy xác suất phát hiện đúng P_D khi sử dụng σ_{DoP} đối với mục tiêu Swerling 0 và Swerling 1 là tốt nhất. Cụ thể với trường hợp $P_F = 10^{-6}$, như trên hình 4.2b khi SCR > 2dB thì xác suất phát hiện đúng đối với mô hình mục tiêu Swerling 0, 1 thì $P_D \approx 1$. P_D đối với mục tiêu Swerling 2, 3, 4 gần tương đương nhau và kém hơn so với mục tiêu Swerling 0, 1.

Khi so sánh hiệu quả phát hiện các mô hình mục tiêu Swerling với mô hình Marcum – Swerling 0 thấy rằng xác suất phát hiện đúng mục tiêu khi sử dụng σ_{DoP} đối với mô hình mục tiêu Swerling 0 và Swerling 1 tốt hơn so với mô hình Marcum-Swerling 0 của phương pháp sử dụng năng lượng, trong khi xác suất phát hiện các mục tiêu Swerling 2, 3, 4 bằng σ_{DoP} kém hơn so với mô hình Marcum-Swerling 0. Cụ thể với $SCR = 2dB$ thì P_D = 0.6 đối với mô hình Marcum-Swerling 0, P_D = 1 đối với mô hình Swerling 0, 1 khi sử dụng σ_{DoP}, P_D=0 đối với các mô hình Swerling 2, 3, 4 khi sử dụng σ_{DoP}. Khi $SCR = 4dB$ thì P_D = 0.95 đối với mô hình Marcum-Swerling 0, P_D = 1 đối với mô hình Swerling 0, 1 khi sử dụng σ_{DoP}, P_D=0.9 đối với các mô hình Swerling 2, 3, 4 khi sử dụng σ_{DoP}.

Tương tự như vậy là khảo sát khả năng phát hiện các mô hình mục tiêu sử dụng σ_K. Kết quả như trên hình 4.3.



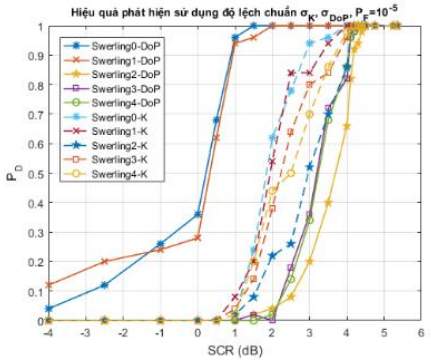
a b

Hình 4. 3. *Hiệu quả phát hiện các mô hình mục tiêu theo* σ_K

Trên hình 4.3 ứng với trường hợp sử dụng σ_K cho thấy P_D đối với các mô hình mục tiêu Swerling là gần bằng nhau. Cụ thể với $P_F > 10^{-5}$ thì $P_D \approx 1$ khi $SCR \geq 4dB$. P_D tăng đột biến từ 0 đến 1 khi SCR thay đổi từ 0 đến 4 dB. Khi so sánh với mô hình Marcum-Swerling 0, với trường hợp P_F=10^{-6} như trên hình 4.3b thấy rằng, với $SCR > 2dB$ thì xác suất phát hiện đúng các mô hình mục tiêu Swerling 0, 1 khi sử dụng σ_K chỉ tốt hơn một chút so với mô hình Marcum-Swerling, còn với các mô hình Swerling 2, 3, 4 thì kém hơn so với mô hình Marcum-Swerling 0. Ngược lại khi $SCR < 2dB$ thì xác suất phát hiện đúng của mô hình Marcum-Swerling 0 sử dụng tham số năng lượng tốt hơn so với các mô hình Swerling sử dụng σ_K.

Khi so sánh chất lượng phát hiện các mô hình mục tiêu Swerling thấy rằng xác suất phát hiện đúng các mục tiêu sử dụng σ_{DoP} thì xác suất phát hiện đúng mục tiêu Swerling 0 là tốt nhất, trong khi đó với trường hợp sử dụng σ_K thì chất lượng phát hiện các mô hình mục tiêu Swerling là gần bằng nhau.

4.3. So sánh chất lượng phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng σ_K và σ_{DoP}



Hình 4. 4. *So sánh hiệu quả phát hiện khi sử dụng σ_K và σ_{DoP}*

Hình 4.4 cho thấy nhìn chung chất lượng phát hiện các loại mục tiêu Swerling khi sử dụng σ_K tốt hơn so với khi sử dụng σ_{DoP}. Tuy nhiên đối với mục tiêu Swerling 0, 1 thì phương pháp σ_{DoP} tốt vượt trội so với phương pháp σ_K và tốt hơn so với các mô hình mục tiêu Swerling 2, 3, 4.

Kết luận chương 4

Trong chương 4 đã thực hiện khảo sát khả năng phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng σ_K và σ_{DoP} với các mô hình mục tiêu Swerling. Kết quả cho thấy khi sử dụng σ_K thì xác suất phát hiện đúng đối với các mô hình mục tiêu Swerling gần bằng nhau. Trong khi nếu sử dụng σ_{DoP} thì P_D đối với mô hình mục tiêu Swerling 0, 1 là tốt hơn so với các mô hình mục tiêu Swerling 2,3,4. Chất lượng phát hiện mục tiêu sử dụng σ_K cũng tốt hơn so với khi sử dụng σ_{DoP} đối với các mô hình Swerling 2, 3, 4. Còn đối với mục tiêu Swerling 0, 1 thì phương pháp sử dụng σ_{DoP} tốt hơn so với σ_K .

Ngoài ra khi so sánh hiệu quả phát hiện khi sử dụng tham số năng lượng của mô hình Marcum-Swerling 0 với khi sử dụng σ_K, σ_{DoP} chỉ ra rằng nhìn chung với các mô hình Swerling 0, 1 thì phương pháp sử dụng σ_K, σ_{DoP} tốt hơn so với phương pháp sử dụng năng lượng, đặc biệt là khi sử dụng σ_{DoP} thì cho kết quả tốt hơn so với mô hình Marcum-Swerling 0.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA LUẬN ÁN

A. Các đóng góp mới của luận án

1. Đề xuất thuật toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng độ lệch chuẩn của hệ số elip phân cực *K*. Đánh giá và so sánh khả năng phát hiện mục tiêu trên mặt biển khi sử dụng hệ số elip phân cực *K* và độ lệch chuẩn của hệ số *K*. Kết quả chỉ ra hiệu quả của phương pháp sử dụng σ_K tốt hơn so với khi chỉ sử dụng hệ số *K* trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển. Cụ thể là khi sử dụng σ_K so với việc sử dụng hệ số *K* thì xác suất báo động lầm giảm, xác suất phát hiện đúng tăng lên, đồng thời có thể phát hiện được các mục tiêu mà có hệ số *K* giống với hệ số *K* của nhiễu biển, điều mà không thể thực hiện được nếu chỉ sử dụng hệ số *K*.

2. Đề xuất thuật toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng độ lệch chuẩn của độ phân cực *DoP*. Đánh giá và so sánh khả năng phát hiện mục tiêu trên mặt biển sử dụng hệ số *DoP* và độ lệch chuẩn của độ phân cực *DoP*. Kết quả chỉ ra hiệu quả của phương pháp sử dụng σ_{DoP} cao hơn so với khi chỉ sử dụng *DoP* trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển. Có thể giảm xác suất báo động lầm, tăng xác suất phát hiện đúng mục tiêu đồng thời có khả năng phát hiện được các mục tiêu có hệ số *DoP* giống với hệ số *DoP* của nhiễu biển.

B. Hướng phát triển của luận án

1. Tiếp tục nghiên cứu sử dụng độ lệch chuẩn của các tham số phân cực khác trong bài toán phát hiện mục tiêu trên mặt biển hoặc trên bề mặt nền khác. Khi có thêm các tham số phát hiện khác nữa thì có thể khảo sát đánh giá khả năng phát hiện các mô hình mục tiêu ra đa để tìm ra tham số phát hiện tốt nhất;

2. Nghiên cứu xây dựng bộ dữ liệu tham số phân cực của các mục tiêu trên biển thực tế làm cơ sở xây dựng các thuật toán phát hiện và nhận dạng mục tiêu trên mặt biển dựa theo các tham số phân cực được chính xác hơn.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC SỬ DỤNG TRONG LUẬN ÁN

1. **Pham Trong Hung**, Nguyen Trung Thanh, Pham Minh Nghia, "*New Algorithm for detecting target on the Background Clutter Using Polarimetric Parameter*", REV Journal on Electronics and Communications", Vol. 6, No. 3–4, July–December, 2016.

2. **Phạm Trọng Hùng**, Đào Chí Thành, Nguyễn Đôn Nhân, "*Hàm phân bố xác suất hai chiều phân cực-năng lượng và bài toán nâng khả năng phát hiện mục tiêu*", Tạp chí Nghiên cứu khoa học và Công nghệ quân sự, Đặc san ra đa, 8-2016, trang 42-50.

3. **Pham Trong Hung**, Nguyen Manh Cuong, Nguyen Van Hai, "*Performance improvement of target detection in sea clutter by examing the dispersion of polarimetry coefficient K",* Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) #12 (57), 2018, pp 4-10. ISSN 2411-6467, DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.1.62

4. **Phạm Trọng Hùng**, Nguyễn Mạnh Cường, "*Sử dụng độ tản mát của độ phân cực DoP nhằm nâng cao chất lượng phát hiện mục tiêu trên bề mặt nền*", Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, HVKTQS, 8-2019, trang 47-56.

5. **Hung P.T.,** Cuong N.M., Hai N.T., Chien V.D**.** **"***Evaluation of the ability of target detection on the background clutter using the standard deviation of polarization parameters*", Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) #5 (62), 2019, pp 16-22. ISSN 2411-6467, DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.1.62