

TĂNG KHẢ NĂNG PHÂN BIỆT MỤC TIÊU TRÊN BỀ MẶT BIỂN BẰNG PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ TRUNG BÌNH HỆ SỐ ELIP PHÂN CỰC CỦA TÍN HIỆU THU

Phạm Trọng Hùng, Nguyễn Trung Thành

Học Viện Kỹ thuật quân sự

Abstract—Bài báo đề xuất phương pháp làm tăng khả năng phân biệt mục tiêu trên bề mặt biển theo hệ số elip phân cực trung bình. Trong mỗi cell radar nhận được N mẫu giá trị hệ số elip phân cực và tính được giá trị trung bình của hệ số K trong cell radar theo N mẫu đó. Bài toán phát hiện mục tiêu trên bề mặt biển theo tham số phân cực được thực hiện với giá trị K trung bình. Kết quả mô phỏng cho thấy hiệu quả của phương pháp đề xuất bao gồm: 1, Độ tương phản của mục tiêu trên bề mặt biển tăng đáng kể; 2, Tăng xác suất phát hiện mục tiêu trên bề mặt biển theo tham số phân cực; 3, Phương sai của phân bố K đối với nhiễu nền giảm xuống khoảng 5 dB so với khi chưa xử lý trung bình.

Keywords—Radar phân cực, phát hiện mục tiêu trên mặt biển, tham số phân cực.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bài toán phát hiện mục tiêu radar sử dụng tham số phân cực mục tiêu được nhiều nhà khoa học nghiên cứu, trong đó có các bài báo [1], [2], [3]. Thông tin khai thác thêm có thể làm tăng khả năng phát hiện [2] và khả năng phân loại [4], [5], [6]. Trong [7], Krivin N.N đã chứng minh bằng thực nghiệm hiệu ứng vết phân cực qua hệ số elip phân cực K trong cơ sở phân cực tròn. Các tác giả của bài báo [8] tiếp nối và ứng dụng các kết quả thực nghiệm trong công trình [7] để đề xuất thuật toán phát hiện mục tiêu trên bề mặt biển theo hệ số elip phân cực K . Tuy nhiên thuật toán sử dụng trong [8] cho xác suất báo động làm lớn. Lý do là do hệ số elip phân cực K của nhiễu biển thăng giáng mạnh trong khoảng giá trị $[-1; +1]$, với phương sai vào khoảng $\sigma_K \approx 0.47$. Chính điều này làm cho chất lượng ảnh radar thực nghiệm trong bài báo [7] vẫn còn nhiều ảnh lốm đốm, gây khó khăn cho việc phân biệt mục tiêu trên bề mặt biển. Kết quả thực nghiệm này cũng phản ánh nội dung nghiên cứu lý thuyết trong [8]. Bài toán đặt ra là để tăng độ tương phản của mục tiêu trên bề mặt biển theo hệ số elip phân cực K cần nghiên cứu phương pháp xử lý hệ số elip phân cực sao cho sự phân bố của hệ số elip K đối với nhiễu nền và mục tiêu+ nhiễu

nền tập trung hơn. Hay nói các khác cần giảm phương sai của phân bố K trong khi vẫn giữ nguyên giá trị trung bình.

Hiện tượng ảnh lốm đốm là nguyên nhân chính làm giảm chất lượng của ảnh ra đa, gây khó khăn cho việc phân biệt mục tiêu trên bề mặt biển. Sự lốm đốm trên ảnh là do thăng giáng mạnh của hệ số elip phân cực của nhiễu nền. Trong [9], Swartz A.A sử dụng bộ lọc phân cực tối ưu để tăng độ tương phản của mục tiêu trên ảnh radar. Trong [10], tác giả sử dụng bộ lọc làm trắng phân cực bằng cách kết hợp các thành phần HH (Horizontal-Horizontal), HV (Horizontal-Vertical), VV (Vertical-Vertical) của tín hiệu phân cực trong ảnh SAR phân cực (Synthetic Aperture Radar) làm cho độ lốm đốm (tương đương độ lệch chuẩn của nhiễu nền) trong ảnh là nhỏ nhất.

Bài báo đề xuất phương pháp xử lý hệ số elip phân cực trung bình K để giảm độ lệch chuẩn của hệ số elip phân cực K , σ_K đối với nhiễu biển nói riêng và nhiễu nền nói chung. Bố cục bài báo như sau: phần II trình bày tóm tắt về bài toán phát hiện mục tiêu theo hệ số elip phân cực K và đề xuất thuật toán phát hiện mục tiêu theo hệ số elip phân cực trung bình K_{tb} . Phần III là kết quả mô phỏng cho bài toán phát hiện mục tiêu theo hệ số elip phân cực và so sánh kết quả cho 2 trường hợp: sử dụng hệ số K và hệ số K_{tb} , phần IV là kết luận.

II. GIẢM SỰ THĂNG GIÁNG CỦA HỆ SỐ ELIP PHÂN CỰC ĐỐI VỚI NHIỄU BIỂN BẰNG PHƯƠNG PHÁP TÍNH TRUNG BÌNH

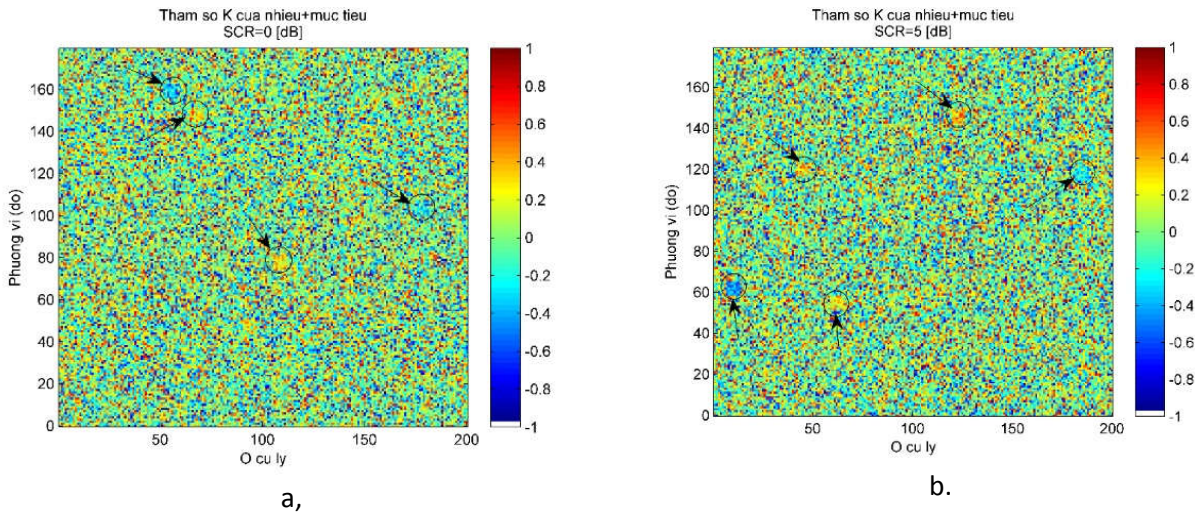
a. Bài toán phát hiện mục tiêu trên bề mặt biển theo hệ số elip phân cực K

Trong [8], các tác giả đã đưa ra thuật toán phát hiện mục tiêu trên bề mặt biển theo hệ số elip phân cực K . Xét hệ thống radar cụ thể như sau: tín hiệu phát xạ có phân cực tròn phải, tín hiệu thu về đồng thời theo hai kênh phân cực tròn phải, tròn trái trực giao [11]. Hệ thống sẽ đo mô đun tỉ số phân cực tròn ở dạng: $|\hat{p}^{RL}(t)| = |\hat{E}^R(t)|/|\hat{E}^L(t)|$, sau đó tính toán hệ số elip phân cực theo biểu thức:

Tác giả liên hệ: Phạm Trọng Hùng

Email: hungpt1504@gmail.com

Gửi tòa soạn: 07/2017, chỉnh sửa: 08/2017, chấp nhận đăng: 09/2017



Hình 1. Phát hiện mục tiêu trên bề mặt nền theo hệ số elip phân cực K

$$|K(t)| = \frac{|\dot{P}^{RL}(t)| - 1}{|\dot{P}^{RL}(t)| + 1}; \quad -1 \leq K(t) \leq 1 \quad (1)$$

Kết quả mô phỏng bài toán phát hiện mục tiêu trên bề mặt nền theo hệ số elip phân cực được thể hiện trên hình 1. Có 5 mục tiêu được gieo với tọa độ ngẫu nhiên với các hệ số elip phân cực tương ứng $K = -0.4595; 0.6667; 0.4286; 0.8018; -0.7143$. Biên độ tín hiệu thay đổi theo tỉ số tín hiệu/nhiều nền SCR (signal to clutter ratio) cho trước. Nhiều bề mặt biển được giả định có phân bố Rayleigh. Tỷ số SCR có các giá trị: 0 và 5 dB. Kết quả mô phỏng như trên hình 1.

b. Đặc tính thống kê của tham số phân cực K đối với nhiễu nền

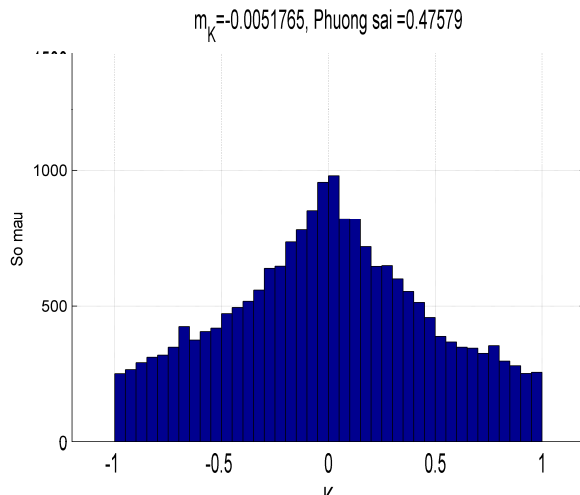
Trên hình 1 ta thấy rằng, nhiễu nền có độ thăng giáng lớn, ảnh hưởng đến khả năng phân biệt mục tiêu trên bề mặt nền. Sự thăng giáng này là do hệ số elip phân cực K

đối với nhiễu biến phân bố dàn trải trong khoảng giá trị $K = [-1; 1]$. Mật độ phân bố của hệ số K đối với nhiễu biến như trên hình 2.

Nghiên cứu kết quả thực nghiệm được thực hiện trong công trình [7], (Bảng 1) với tỷ số SCR có giá trị từ -10 dB đến 5 dB tùy thuộc vào điều kiện sóng biển thấy rằng giá trị trung bình của nhiễu biến bằng $\langle K \rangle \approx 0$, trong khi giá trị trung bình của mục tiêu + nhiễu biến gần bằng $\langle K \rangle \approx -0,8$ và phương sai tương ứng bằng $\sigma_K = 0,23 \div 0,56$ đối với nhiễu biến và $\sigma_K = 0,07 \div 0,08$ đối với mục tiêu. Như vậy thay vì sử dụng hệ số K trong mỗi cell radar để cho ảnh như trên hình 1, bài báo đề xuất thuật toán phát hiện mục tiêu trên bề mặt nền theo hệ số K trung bình. Thuật toán này được trình bày trong bài báo [8].

Bảng 1: Kết quả thực nghiệm hiệu ứng vết phân cực trên bề mặt biển [7]

Mục tiêu, khoảng cách	Độ cao sóng	K trung bình K_m	Phương sai của K , σ_K
Bề mặt biển, $D = 1,5 \div 1,6$ km	$\approx 0,2$ m	$\langle K \rangle = -0,2 \div 0,1$	$\sigma_K = 0,23$
Cọc sắt ($l = 1,5$ m, $d = 0,05$ m) trên bề mặt biển, $D = 1,5 \div 1,6$ km	$\approx 0,2$ m	$\langle K \rangle = -0,8$	$\sigma_K = 0,07 \div 0,08$
Bề mặt biển, $D = 1,5 \div 1,6$ km	$\approx 0,4 \div 0,5$ m	$\langle K \rangle = 0$	$\sigma_K = 0,26$
Cọc sắt ($l = 1,5$ m, $d = 0,05$ m) trên bề mặt biển, $D = 1,5 \div 1,6$ km	$\approx 0,5$ m	$\langle K \rangle = -0,75$	$\sigma_K = 0,033$
Bề mặt biển, $D = 1,2 \div 1,6$ km	$\approx 1,2 \div 1,5$ m	$\langle K \rangle = 0$	$\sigma_K = 0,56$
Cọc sắt ($l = 1,5$ m, $d = 0,05$ m) trên bề mặt nền, $D = 1,5 \div 1,6$ km	$\approx 1,2 \div 1,5$ m	$\langle K \rangle = -0,7$	$\sigma_K = 0,11 \div 0,125$



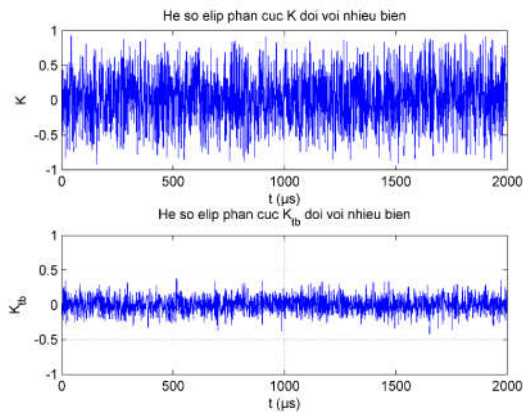
Hình 2. Sự phân bố của hệ số elip phân cực K của nhiễu biển với mô hình nhiễu Rayleigh

C. Đề xuất giải pháp giảm độ thăng giáng của hệ số elip phân cực K đối với nhiễu nền bằng phương pháp tính trung bình theo đoạn

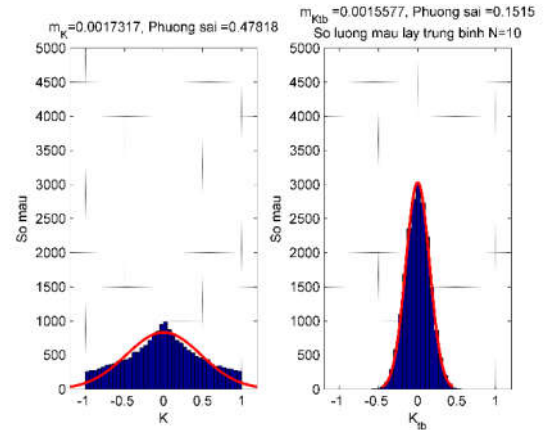
Phương pháp đề xuất được trình bày như sau: Giả sử trong mỗi cell radar nhận được N mẫu giá trị K ứng với mỗi thời gian lấy mẫu t_i ($i=1:N$) là $(K(t_1), K(t_2), \dots, K(t_N))$. Để đơn giản có thể viết thành các mẫu $K_1, K_2, \dots, K_N$. Việc tính giá trị K trung bình trong một cell đó được thực hiện theo công thức:

$$m_K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K(i) \quad (2)$$

Biểu đồ phân bố của giá trị trung bình K đối với nhiễu biển được mô phỏng như trên hình 3, 4 với $N=10$, và nhiễu có nhiễu biển có phân bố Rayleigh.



Hình 3. Hệ số elip phân cực K của nhiễu biển



Hình 4. So sánh phân bố của hệ số elip phân cực K (trái) và trường hợp tính theo giá trị K trung bình (phải)

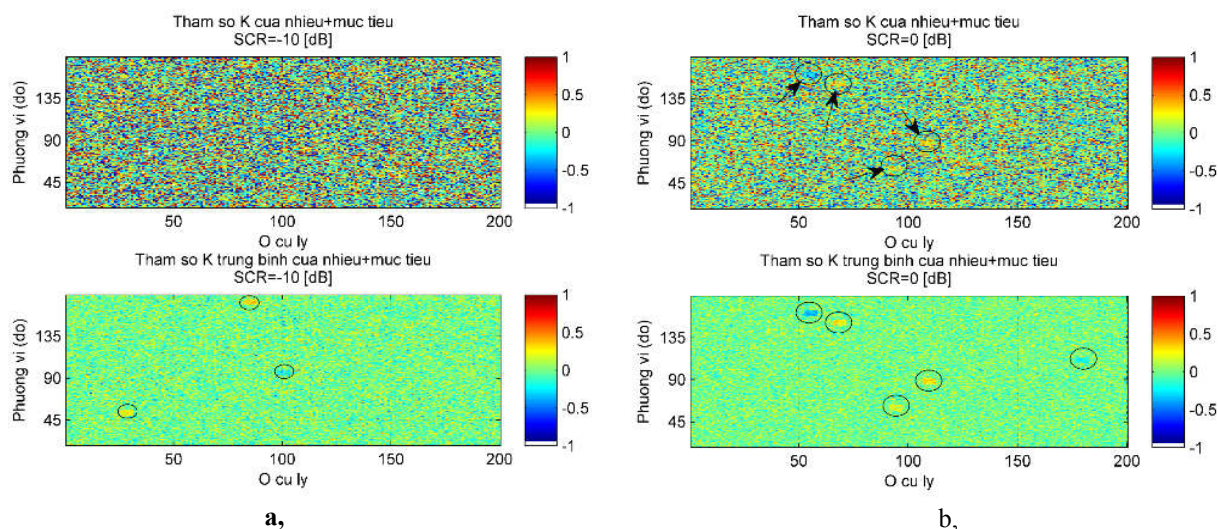
Trên hình 3, 4, ta thấy rằng giá độ thăng giáng của hệ số K đã giảm mạnh, trị trung bình của hệ số K đối với nhiễu biển vẫn không đổi gần bằng 0 nhưng phương sai của nó đã giảm đáng kể khi tính theo giá trị trung bình từ $\sigma=0.4781$ giảm còn $\sigma_{tb}=0.1515$, tương đương 5 dB. Kết quả cũng cho thấy phương pháp xử lý theo giá trị trung bình K cũng tốt hơn kết quả đo thực nghiệm hệ số K đối với nhiễu biển trong bài báo [7]. Khi độ thăng giáng của hệ số K đối với nhiễu biển giảm đồng nghĩa với việc tăng khả năng phân biệt mục tiêu trên bề mặt nền theo tham số phân cực K . Phương sai của hệ số K đối với nhiễu biển khi xử lý theo trung bình với $N=10$ đã giảm đáng kể so với phương sai của nhiễu biển đo được bằng thực nghiệm trên bảng 1 [7].

III. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

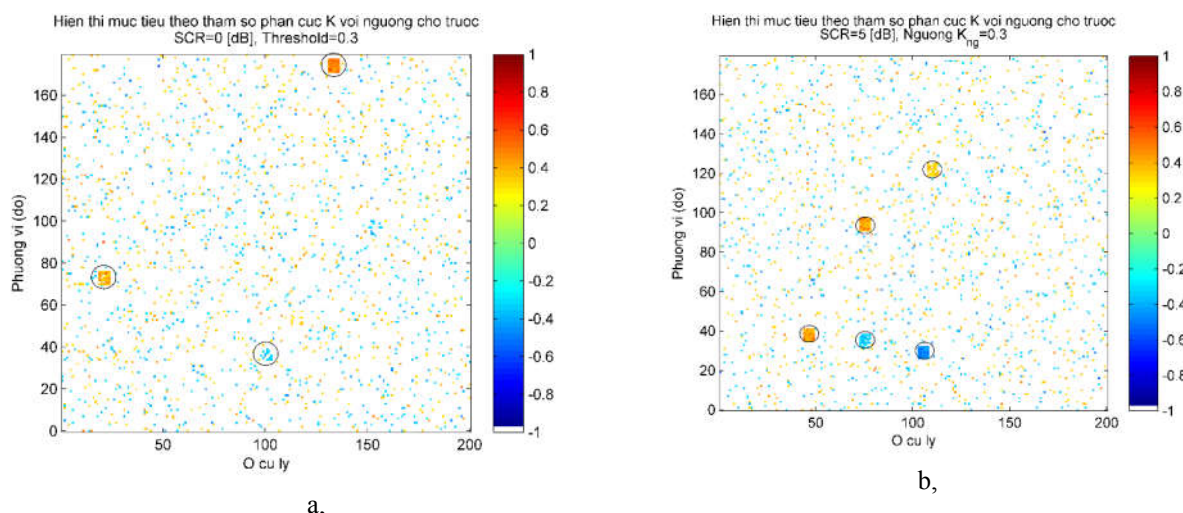
a. Ảnh radar theo hệ số elip phân cực K

Bài toán phát hiện theo hệ số K trung bình được mô phỏng dưới đây. Giả sử 5 mục tiêu được gieo với tọa độ ngẫu nhiên có các hệ số phân cực tương ứng $K = -0.4595; 0.6667; 0.4286; 0.8018; -0.7143$. Biên độ tín hiệu thay đổi theo SCR cho trước. Nhiễu bề mặt biển được giả định có phân bố Rayleigh. Tỷ số SCR có các giá trị: -10 dB và 0 dB tương đương với điều kiện thực nghiệm đã được thực hiện trong công trình [7]. Kết quả mô phỏng như trên hình 5.

Trên hình 5 ta thấy rằng độ tương phản của bề mặt nền tăng lên, làm ảnh của mục tiêu theo hệ số elip K rõ nét trên nền ảnh. Điều này làm tăng khả năng phát hiện với các mục tiêu có mức tỷ số tín/nhiều nền SCR nhỏ cỡ -10 dB. Trên hình 5a (trên) thấy rằng, nếu chỉ tính theo giá trị K thì không thể nhìn thấy mục tiêu nào trên ảnh ra đa, tuy nhiên khi sử dụng phương pháp tính K_{tb} đã có thể nhìn thấy 3/5 mục tiêu. Khi SCR tăng lên thì độ tương phản của mục tiêu trên bề mặt nền càng rõ nét hơn như



Hình 5. Mô phỏng và so sánh hiệu quả của phương pháp phát hiện theo hệ số K trung bình. Hình trên: chưa xử lý; Hình dưới: xử lý theo phương pháp trung bình



Hình 6. Phát hiện mục tiêu theo ngưỡng hệ số elip phân cực K , với $K_{ng}=0.3$

trên hình 5b với $SCR=0$ dB, có thể nhìn thấy bằng mắt 5/5 mục tiêu.

b. *Phát hiện mục tiêu theo hệ số elip phân cực khi đặt ngưỡng phát hiện*

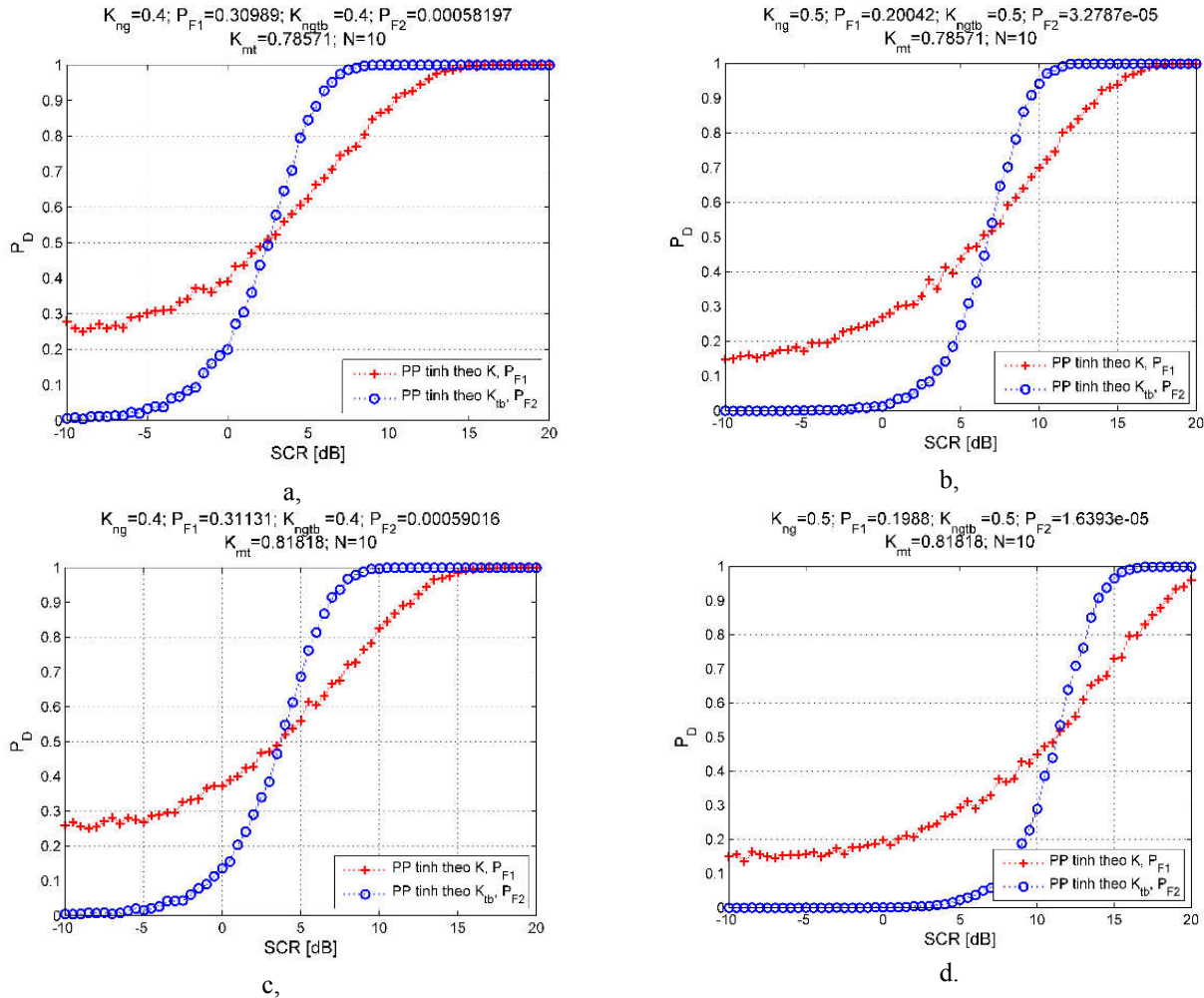
Khi đặt ngưỡng phát hiện theo hệ số K , có thể loại bỏ được tín hiệu nhiễu biển trên ảnh radar. Kết quả mô phỏng được trình bày trên hình 6.

Trên hình 6 ta thấy rằng, khi đặt ngưỡng phát hiện tự động phát hiện để loại bỏ ảnh của nhiễu biển, độ tương phản của mục tiêu tăng lên đáng kể. Với $SCR = 0$ dB, có thể phát hiện bằng mắt thường 3/5 mục tiêu (hình 6a). Với $SCR = 5$ dB có thể phân biệt được 5/5 mục tiêu (hình 6b). Tuy nhiên vẫn còn ảnh lốm đốm của nhiễu biển trong ảnh radar. Các ảnh lốm đốm này gây nên xác suất báo động

lầm. Có thể giảm độ lốm đốm hơn nữa khi tăng mức ngưỡng K_{ng} lên, tuy nhiên điều này có thể làm tăng xác suất bỏ sót mục tiêu nếu tham số phân cực của mục tiêu nằm dưới mức ngưỡng K_{ng} .

c. *Tính xác suất phát hiện đúng mục tiêu theo hệ số elip phân cực*

Việc tính xác suất phát hiện đúng được thực hiện bằng cách gieo 10^5 lần một mục tiêu có hệ số elip phân cực K cho trước trên nền nhiễu Rayleigh với các giá trị SCR thay đổi từ -10 dB đến 20 dB, sau đó đặt ngưỡng phát hiện theo hệ số elip phân cực K_{ng} . Xác suất phát hiện đúng bằng số lần có hệ số elip phân cực K (K_{tb}) nằm trong khoảng phát hiện K_{ng} /tổng số lần gieo khi có mục tiêu+nhiều nền. Xác suất báo động nhầm bằng số lần hệ số K của nhiễu nền nằm trong khoảng phát hiện/tổng số mẫu



Hình 7. Đánh giá xác suất phát hiện đúng theo hệ số elip phân cực

đối với nhiều nền khi không có mục tiêu. Kết quả tính toán được thể hiện trên hình 7 với các bộ tham số khác nhau.

Trên hình 7 ta thấy rằng xác suất phát hiện của phương pháp đề xuất cao hơn so với khi chưa xử lý hệ số elip phân cực K . Đồng thời xác suất báo động nhầm cũng đã giảm với trường hợp $K_{mt}=0.78$, $K_{ng}=0.5$, $N=10$ từ $P_{F1}=0.2$ với trường hợp tính theo phương pháp K và bằng $P_{F2}=3.10^{-5}$ đối với phương pháp tính theo hệ số elip phân cực trung bình K_{ib} (hình 7a, b). Trên hình 7c chỉ ra rằng: với mục tiêu có hệ số elip phân cực $K_{mt}=0.818$ thì $P_D=0.9$ ($P_F=6.10^{-4}$) khi SCR bằng 7dB với phương pháp tính theo K_{ib} , còn với phương pháp tính theo K thì để đạt được $P_D=0.9$ ($P_F=0.3$) thì SCR phải bằng 13 dB. Trên hình 7 cũng chỉ ra rằng khi đặt mức ngưỡng cao, P_F sẽ nhỏ và xác suất phát hiện đúng cao chỉ với các giá trị SCR lớn và ngược lại xác suất phát hiện đúng giảm. Khi đặt ngưỡng phát hiện K_{ng} thấp thì xác suất báo động nhầm sẽ cao hơn và xác suất phát hiện đúng sẽ lớn đối với SCR nhỏ hơn.

IV. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề phương pháp phát hiện mục tiêu theo hệ số elip phân cực trung bình K_{ib} . Kết quả mô phỏng chỉ ra hiệu quả của phương pháp đề xuất so với phương pháp tính theo hệ số K chưa xử lý. Độ tương phản của mục tiêu trên bề mặt nền trong ảnh ra đa tăng lên đáng kể, làm tăng xác suất phát hiện, phân biệt mục tiêu trên bề mặt nền theo tham số phân cực. Với phương pháp đề xuất, có thể phân biệt được các mục tiêu có RCS nhỏ (từ -10 dB trở lên) trên ảnh ra đa phân cực. Điều này mở ra khả năng phát hiện các mục tiêu có kích thước nhỏ trên bề mặt nền như mặt biển, mặt đất.

V. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Wenguang Wang, Yu Ji and Xiaoxia Lin, "A Novel Fusion-Based Ship Detection Method from Pol-SAR Images," *Sensor*, vol. 15, pp. 25072-25089, 2015.
- [2] Liu C, Vachon P. W and Geling G. W, "Improved ship detection using polarimetric SAR data," *Canadian*

- Journal of Remote Sensing*, vol. 31, no. 1, pp. 122-131, 2005.
- [3] Haiyan Li, William Perrie and Yijun He, "Target Detection on the Ocean With the Relative Phase of Compact Polarimetry SAR," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 51, no. 6, pp. 3299-3305, 2013.
- [4] G. Margarit, J. J. Mallorqui and J. M. Rius, "On the usage of GRECOSAR, an orbital polarimetric SAR simulator of complex targets, to vessel classification studies," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens*, vol. 44, no. 12, p. 3517-3526, 2006.
- [5] G. Margarit, J. J. Mallorqui and X. Fabregas, "Single-pass polarimetric SAR interferometry for vessel classification," *IEEE Trans. Geosci Remote Sens*, vol. 45, no. 11, p. 3494-3502, Nov. 2007.
- [6] H. Li, Y. He and W. Wang, "Improving ship detection with polarimetric SAR based on convolution between co-polarization channels," *Sensors*, vol. 9, no. 2, p. 1221-1236, 2009.
- [7] Krivin N.N., Tatarinov V.N. and Tatarinov S.V. , "Innovations in Radar Technologies: Polarization Invariants Parameter Utilization for the Problem of Radar Object Detection and Mapping," in *Proceedings of the First Postgraduate Consortium International Workshop*, Tomsk, Russia, 2011.
- [8] P.T Hung, N.T Thanh and P.M Nghia, "Two-levels threshold detection using polarimetric parameter ellipticity in accordance with Neyman-Pearson criterion," *Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, HVKTQS*, pp. 20-30, 8-2016.
- [9] A. A. Swartz, H. A. Yueh, J. A. Kong, L. M. Novak and R. Shin, "Optimal Polarizations for Achieving Maximum Contrast in Radar Images," *Journal of Geophysical Research*, vol. 93, no. 12, pp. 15,252-15,260, December 10, 1988.
- [10] L.M. Novak, "Optimal Speckle Reduction in Polarimetric SAR Imagery," *IEEE Trans. AES*, March, 1990.
- [11] Ligthart L., Tatarinov V.N., Tatarinov S.N. and Pusone E., "An effective polarimetric detection of small-scale man-made radar objects on the sea surface," *Microwaves Radar and Wireless Communications, MIKON-2002. 14th International Conference on Publication Year*, vol. 2, pp. 677 - 680.



Phạm Trọng Hùng tốt nghiệp đại học Hàng không Mat-co-va, Liên Bang Nga năm 2007, tốt nghiệp Thạc sỹ tại Học viện kỹ thuật quân sự năm 2010. Hiện là giảng viên Học viện Kỹ thuật quân sự. Chuyên nghiên cứu về lĩnh vực radar phân cực, tác chiến điện tử, các hệ thống vô tuyến.



Nguyễn Trung Thành: tốt nghiệp đại học tại Học viện kỹ thuật quân sự năm 2002, tốt nghiệp Thạc sỹ năm 2009 và Tiến sĩ năm 2015 tại La Trobe University, Australia. Hiện là giảng viên Học viện Kỹ thuật quân sự. Chuyên nghiên cứu về lĩnh vực radar, tác chiến điện tử, xử lý tín hiệu số.