

Nghiên cứu thuật toán nâng cao chất lượng lọc, bám nhóm mục tiêu trên biển cho chỉ huy và điều khiển

Võ Xung Hà^{1*}, Nguyễn Trung Kiên², Nguyễn Phùng Bảo³

¹Viện Ra đa, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Số 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam;

²Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Số 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam;

³Viện Tích hợp Hệ thống, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Số 236 Hoàng Quốc Việt, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam;

*Email: vn.microwave@gmail.com

Nhận bài: 09/02/2024; Hoàn thiện: 27/3/2024; Chấp nhận đăng: 27/3/2024; Xuất bản: 22/04/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.94.2024.31-38>

TÓM TẮT

Trong bài báo này, tác giả đề xuất thuật toán nhằm nâng cao chất lượng lọc, bám nhóm mục tiêu biển phục vụ cho công tác chỉ huy và điều khiển. Thuật toán đề xuất dựa trên kết quả xử lý và khai phá các đặc trưng đa điểm chói của mục tiêu dựa trên ảnh ra đa có độ phân giải cao. Thuật toán bao gồm 02 phần: tiền xử lý các ảnh ra đa có độ phân giải cao để khai phá các đặc trưng của mục tiêu (toạ độ, hướng trục thân tàu) và lọc bám quỹ đạo mục tiêu dựa trên các tham số đã được khai phá. Đánh giá hiệu quả của thuật toán thông qua mô phỏng lọc bám quỹ đạo hai mục tiêu di chuyển gần nhau bằng phần mềm Matlab. Kết quả mô phỏng được so sánh với thuật toán thông dụng như GNN và JPDA. Nghiên cứu cho thấy, thuật toán đề xuất kết hợp được ưu điểm và khắc phục được những hạn chế của thuật toán GNN và JPDA.

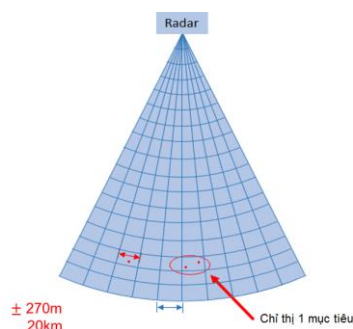
Từ khóa: Nhóm mục tiêu; Ảnh ra đa; Mục tiêu đa điểm chói; Chất lượng lọc, bám.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong công tác chỉ huy và điều khiển các phương tiện trên biển, yêu cầu cần thông tin nhanh và chính xác về quỹ đạo các mục tiêu đặc biệt khả năng lọc bám quỹ đạo các mục tiêu gần hoặc giao cắt nhau. Hình 1 trình bày ví dụ minh họa khả năng phân biệt mục tiêu theo góc phương vị của đài ra đa. Trong trường hợp đài ra đa có độ phân giải theo góc phương vị là $1,5^{\circ}$ và tại cự ly 20 km thì ô quan sát của ra đa là 570 m, có nghĩa là khi 02 mục tiêu thuộc ô quan sát thì ra đa chỉ đưa ra 01 điểm dấu trên màn hình hiển thị [1-3]. Tuy nhiên, trong các đài ra đa hiện đại có độ phân giải cao về cự ly và phương vị sẽ hình thành ảnh mục tiêu ra đa. Khác với mục tiêu chất điểm, ảnh này trải dài trên nhiều ô cự ly và phương vị tạo ra mục tiêu đa điểm chói [8].

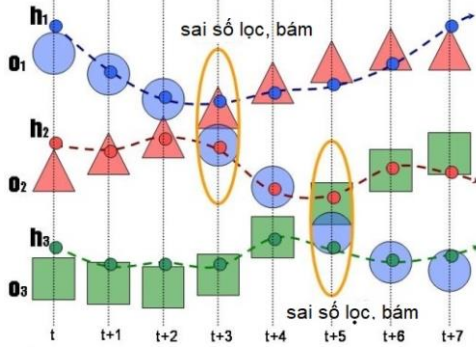
Hình 2 trình bày ví dụ minh họa các vấn đề thường gặp trong quá trình lọc, bám quỹ đạo nhóm mục tiêu gần nhau. Trong trường hợp này nhóm gồm 3 mục tiêu có quỹ đạo thực lần lượt là h_1, h_2, h_3 và các đường lọc, bám quỹ đạo tương ứng là O_1, O_2, O_3 . Tại thời điểm $t+3$ các điểm dấu của mục tiêu nằm trong cửa sóng lọc bám của mục tiêu 1 và 2. Tương tự tại thời điểm $t+5$, các điểm dấu nằm trong cửa sóng lọc bám của mục tiêu 2 và 3. Tại các thời điểm này, nếu chỉ sử dụng dữ liệu đầu vào là toạ độ mục tiêu thì sẽ dẫn đến khó khăn cho bài toán lọc bám quỹ đạo. Hay nói cách khác dễ dẫn đến sự nhầm lẫn giữa các quỹ đạo (O_1 sang O_2 và ngược lại, O_1 sang O_3 và O_3 sang O_2).

Để giải quyết bài toán lọc bám quỹ đạo nhóm mục tiêu có các thuật toán thông dụng như GNN (Global Nearest Neighbor) [4, 5] hay JPDA (Joint Probabilistic Data Association) [6, 7]. Đặc điểm chung của cả hai thuật toán trên là chỉ sử dụng thông tin duy nhất về toạ độ mục tiêu tại thời điểm có dữ

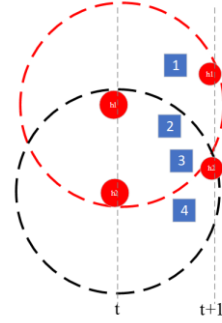


Hình 1. Khả năng phân biệt mục tiêu của đài ra đa [3].

liệu đo (GNN) hoặc kết hợp dữ liệu đo từ các phép đo trước (JPDA). Các thuật toán này được áp dụng trong trường hợp khi các điểm dấu nằm trong cả 2 cửa sóng lọc bám của 2 quỹ đạo khác nhau.



Hình 2. Ví dụ minh họa lọc, bám nhóm mục tiêu biến.



Hình 3. Ví dụ minh họa lọc, bám mục tiêu sử dụng thuật toán GNN, JPDA.

Hình 3 minh họa quá trình hợp nhất quỹ đạo sử dụng thuật toán GNN và JPDA. Tại thời điểm t , các điểm dấu mục tiêu 2, 3 (hình vuông) thuộc cả 2 cửa sóng lọc bám của 2 quỹ đạo h_1 và h_2 . Để xác định điểm dấu thuộc quỹ đạo nào, đối với thuật toán GNN cần tìm giá trị của $Z = \{z_{ij}\}$ sao cho biểu thức (1) có giá trị nhỏ nhất [1]:

$$J = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m C_{ij} z_{ij} \quad (1)$$

Trong đó: n, m là số quỹ đạo và các điểm dấu mục tiêu trong cửa sóng lọc bám và C_{ij} là ma trận chi phí khoảng cách. Ma trận C_{ij} được tính theo biểu thức [1]:

$$C_{ij} = d_{ij} + \log |S_{ij}| \quad (2)$$

Trong đó, d_{ij} là khoảng cách từ điểm dấu thứ j tại thời điểm t với quỹ đạo thứ i (điểm dấu ngoại suy) và S_{ij} là ma trận hiệp phương sai. Để tìm giá trị nhỏ nhất của (1) cần các điều kiện biên [2]:

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^m z_{ij} = 1, \forall j \\ \sum_{j=0}^n z_{ij} = 1, \forall i \end{cases} \quad (3)$$

Điều kiện (3) có nghĩa là, nếu điểm dấu j thuộc quỹ đạo i thì $z_{ij} = 1$, các trường hợp khác $z_{ij} = 0$. Mặt khác, $z_{i0} = 0$ biểu diễn không có điểm dấu nào thuộc quỹ đạo i và $z_{0j} = 0$ biểu diễn rằng điểm dấu j không nằm trong bất kỳ quỹ đạo cho trước nào. Các điều kiện (3) có nghĩa là mỗi kết quả đo chỉ tương ứng với 1 quỹ đạo và mỗi quỹ đạo chỉ có 1 điểm dấu duy nhất. Để tìm được các giá trị của z_{ij} , sử dụng các thuật toán tìm nghiệm tối ưu như: thuật toán Munkres [1], Joker-Volgenent [2], K-nghiệm tối ưu [1].

Với thuật toán JPDA, giả sử xác suất các điểm dấu 1, 2, 3 thuộc quỹ đạo h_1 tương ứng là p_{11}, p_{12}, p_{13} và khoảng cách tương đối giữa quỹ đạo h_1 với các điểm dấu tương ứng d_{11}, d_{12}, d_{13} và trọng số được tính theo (4) [2]:

$$\tilde{d}_1 = \sum_{j=1}^m p_{1j} d_{1j} \quad (4)$$

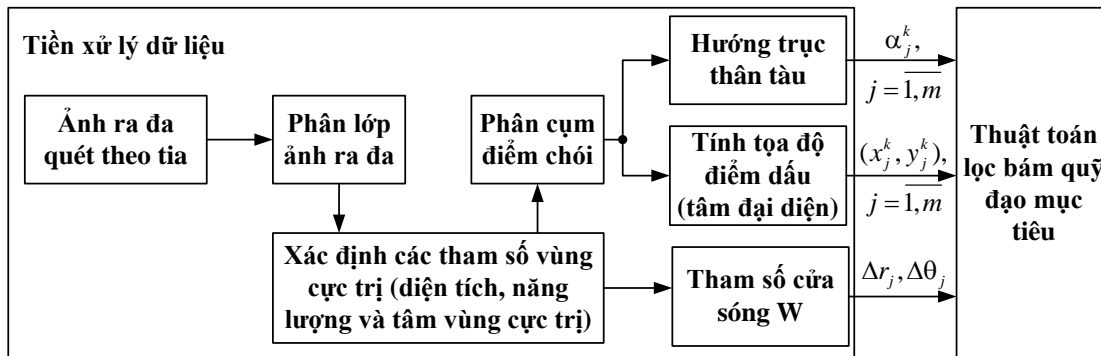
Ở ví dụ trên, vì điểm dấu 2, 3 đều nằm trong cửa sóng bám của cả 2 quỹ đạo h_1 và h_2 , nên thuật toán JPDA yêu cầu các bước tính trọng số (4) với quỹ đạo h_2 cho các điểm dấu 2, 3 và xác suất điểm dấu mục tiêu 1 với quỹ đạo h_2 và điểm dấu mục tiêu 4 với quỹ đạo h_1 .

Hạn chế của lọc bám quỹ đạo mục tiêu nhóm sử dụng các thuật toán GNN là độ chính xác không cao có thể bị mất liên kết điểm dấu-quỹ đạo, còn JPDA là thời gian xử lý tìm các nghiệm tối ưu cho bài toán (4) [1, 2]. Để khắc phục các hạn chế này, nhóm tác giả đề xuất thuật toán mới (GNN-M) là biến thể của thuật toán GNN kết hợp hướng trực thân tàu nhằm mục đích nâng cao chất lượng lọc bám mục tiêu trên biển bằng việc xử lý các ảnh ra đa có độ phân giải cao để khai phá các đặc trưng của mục tiêu đa điểm chói. Cho đến nay, chưa có công trình nghiên cứu lọc bám dựa trên các đặc trưng của mục tiêu đa điểm chói vì quá trình xử lý ảnh ra đa chỉ dùng phương pháp nhị phân, phương pháp này chỉ lấy được duy nhất tọa độ tâm ảnh ra đa mà bỏ qua các đặc trưng như hướng trực thân tàu của mục tiêu.

Thuật toán GNN-M được trình bày chi tiết ở mục 2. Hiệu quả của thuật toán được so sánh với các thuật toán thông dụng như GNN và JPDA được mô phỏng bằng phần mềm Matlab được trình bày ở mục 3. Các kết luận chung được tổng hợp ở mục 4.

2. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG LỌC, BẮM NHÓM MỤC TIÊU

Thuật toán GNN-M được áp dụng lọc bám quỹ đạo mục tiêu trên biển dựa trên việc xử lý các ảnh ra đa và khai phá các đặc trưng của mục tiêu đa điểm chói. Trong phần này, nhóm tác giả sử dụng đặc trưng hướng dọc trực thân tàu. Sơ đồ tổng quan của thuật toán lọc, bám nhóm mục tiêu dựa trên xử lý ảnh ra đa có độ phân giải cao được trình bày trên hình 4. Thuật toán GNN-M được chia thành 2 giai đoạn: giai đoạn thứ nhất là quá trình ước lượng (tiền xử lý dữ liệu) các tham số mục tiêu từ ảnh ra đa; giai đoạn thứ hai là quá trình lọc bám mục tiêu.



Hình 4. Sơ đồ tổng quan của thuật toán GNN-M.

Quá trình ước lượng các tham số của mục tiêu được miêu tả ở bảng 1. Thuật toán ước lượng các tham số mục tiêu được trình bày chi tiết ở bài báo tác giả đã công bố [8]. Trong bài báo [8], các dữ liệu sử dụng để kiểm chứng thuật toán ước lượng các tham số mục tiêu là các dữ liệu thu được từ các đài ra đa Score 3000. Kết quả ước lượng các tham số của mục tiêu được minh họa trên hình 5.

Bảng 1. Thuật toán ước lượng tham số của mục tiêu.

Tham số đầu vào: Ảnh ra đa có độ phân giải cao A_{mn} .

Tham số đầu ra: Tâm đại diện (x_c, y_c) , hướng trục thân tàu α với trục Ox và tham số cửa sóng lọc bám W với từng mục tiêu.

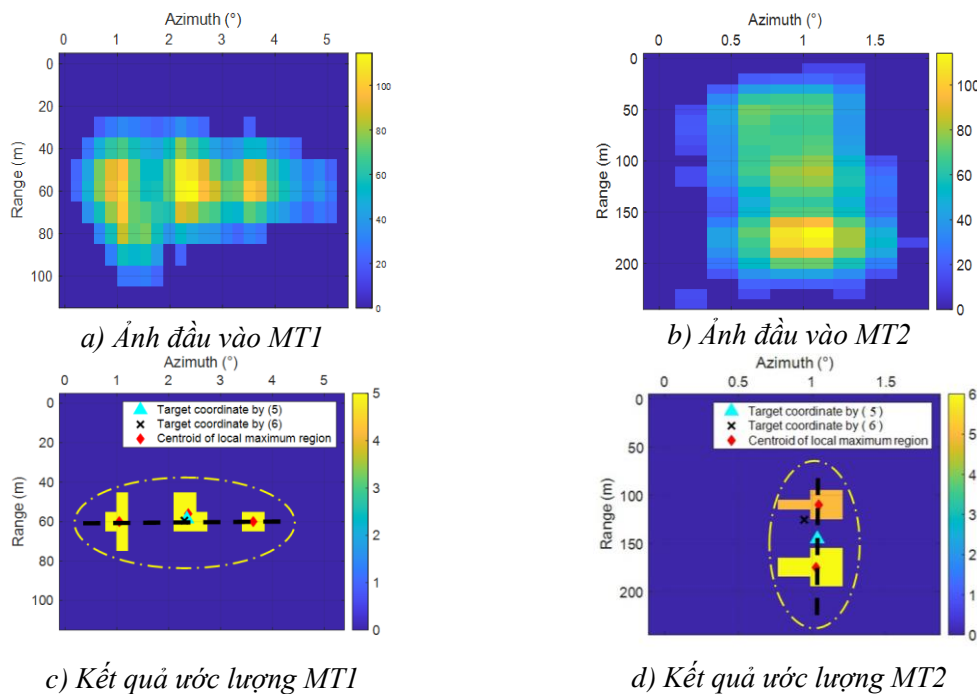
Bước 1: Phân lớp ảnh đầu vào.

Bước 2: Tìm vùng cực trị và xác định các tham số của các vùng cực trị tìm được:

- Tâm vùng cực trị (x_i, y_i) ;
- Diện tích vùng cực trị A_i ;
- Năng lượng phản xạ E_i .

Bước 3: Phân cụm (nhóm) các điểm chói vào các mục tiêu tương ứng theo thuật toán C-means.

Bước 4: Tâm đại diện (x_c, y_c) , hướng trục thân tàu α với trục Ox và tham số cửa sóng lọc bám W với từng mục tiêu.

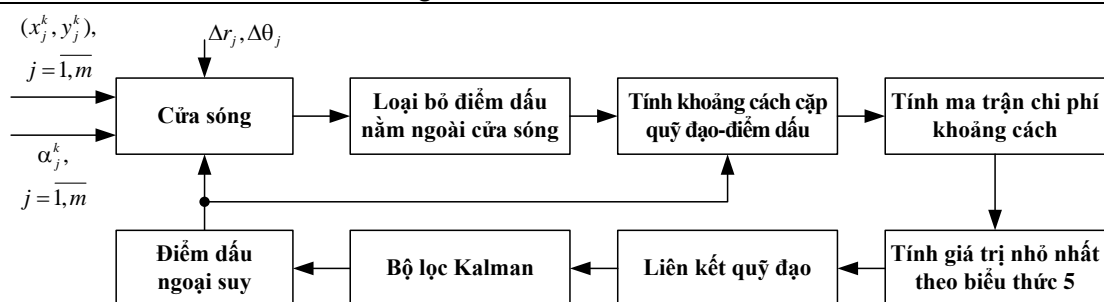


Hình 5. Kết quả ước lượng các tham số mục tiêu [8].

Trên hình 5 cho thấy kết quả ước lượng các tham số của mục tiêu (hình thoi màu đỏ) là tâm đại diện của các vùng cực trị và tâm đại diện của mục tiêu (tam giác màu xanh), ngoài ra còn có diện tích và mức năng lượng của từng vùng cực trị (màu vàng- nâu). Trong trường hợp mục tiêu có từ 02 điểm chói, thuật toán còn ước lượng trục chuyển động của mục tiêu (đường màu đen) đồng thời xác định được cửa sổ bám (elip màu vàng). Trên hình 5c cho thấy mục tiêu đang di chuyển theo phương nằm ngang $\alpha = 0^\circ$ và cửa sổ bám có kích thước $(40 (m) \times 4,1^\circ)$. Tương tự trên hình 5d mục tiêu đang di chuyển theo phương thẳng đứng $\alpha = 90^\circ$ và kích thước cửa sóng lọc bám là $(200 (m) \times 1^\circ)$. Căn cứ vào các kết quả ước lượng tham số mục tiêu trên, nhóm tác giả đề xuất thuật toán mới để nâng cao chất lượng lọc, bám nhóm mục tiêu phục vụ công tác chỉ huy và điều khiển. Sơ đồ tổng quan của thuật toán được thể hiện trên hình 6. Các bước của thuật toán được trình bày ở bảng 2.

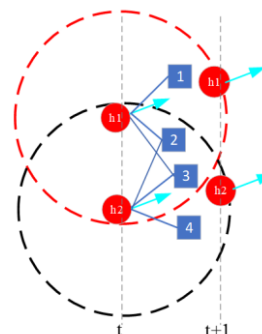
Bảng 2. Lọc bám quỹ đạo mục tiêu nhóm.

Tham số đầu vào: Tham số mục tiêu (x, y, α) , tham số cửa sóng lọc bám W .
Tham số đầu ra: Tọa độ ngoại suy.
Bước 1: Loại bỏ các điểm dấu nằm ngoài phạm vi của sổ lọc bám mục tiêu.
Bước 2: Tính khoảng cách từ các điểm dấu thứ j đến các quỹ đạo thứ i tương ứng d_{ij} theo công thức (2) và ma trận C_{ij} .
Bước 3: Tính góc hợp bởi trục thân tàu và điểm dấu mục tiêu α_{ij} .
Bước 4: Tìm giá trị nhỏ nhất của biểu thức (5).
Bước 5: Liên kết điểm dấu mục tiêu với quỹ đạo tương ứng.
Bước 6: Tính toán các vị trí dự đoán của mục tiêu bằng các bộ lọc bám thông dụng Kalman dựa trên các tham số đầu.
Bước 7: Điều chỉnh tham số cửa sóng.



Hình 6. Sơ đồ thuật toán GNN-M cho lọc bám quỹ đạo mục tiêu nhóm.

Hình 7 là ví dụ minh họa lọc, bám hai mục tiêu di chuyển song song gần nhau (h_1, h_2 , mũi tên). Trên hình vẽ, các điểm dấu mục tiêu 2, 3 (hình vuông) thuộc cả hai cửa sóng lọc bám của h_1, h_2 . Để xác định các điểm dấu mục tiêu đó thuộc quỹ đạo h_1 hay h_2 bằng các thuật toán GNN, JPDA cần giải quyết bài toán tìm giá trị nhỏ nhất của các phương trình (1) và (4). Thuật toán GNN-M có ưu điểm về tốc độ xử lý của thuật toán GNN đồng thời khắc phục được hạn chế của các thuật toán JPDA bằng cách sử dụng tham số hướng trục thân tàu để điều chỉnh tham số cửa sóng lọc bám. Khi đó, chỉ cần thông tin của tọa độ điểm dấu mục tiêu tại thời điểm hiện tại và hướng trục thân tàu có thể hiệu chỉnh hướng phát triển quỹ đạo, liên kết quỹ đạo bằng cách đánh giá khoảng cách của điểm dấu mục tiêu so với quỹ đạo cho trước và hướng trục thân tàu (5).



Hình 7. Ví dụ minh họa lọc, bám nhóm hai mục tiêu.

Từ hình 7, bằng cách sử dụng bước 3 của thuật toán GNN-M: đối với quỹ đạo h_1 điểm dấu 4 sẽ bị loại (nằm ngoài cửa sóng lọc bám), tương tự như vậy đối với quỹ đạo h_2 điểm dấu 1 cũng bị loại bỏ. Đối với quỹ đạo h_1 chỉ còn các điểm dấu 1, 2 và 3. Gọi các góc hợp bởi trục thân tàu h_1 và các điểm dấu lần lượt là $\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}$ và $\alpha_{22}, \alpha_{23}, \alpha_{24}$ là các góc hợp bởi trục thân tàu h_2 với các điểm dấu 2, 3 và 4.

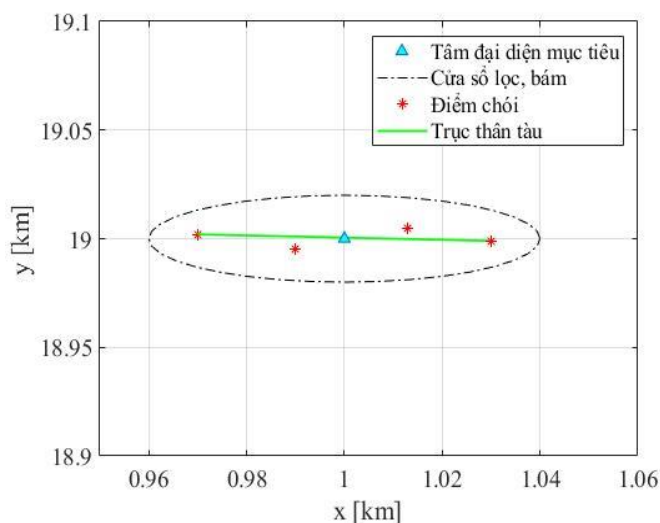
Khoảng cách từ h_1 đến các điểm dấu 1, 2 và 3 là d_{11}, d_{12}, d_{13} và d_{22}, d_{23}, d_{24} tương ứng từ h_2 đến các điểm dấu 2, 3 và 4. Để tìm được các điểm dấu tương ứng với các quỹ đạo mục tiêu có sẵn cần tìm giá trị nhỏ nhất của (5).

$$J = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m C_{ij} \alpha_{ij} \quad (5)$$

Trong đó, C_{ij} được tính theo công thức (2). Từ (5) cho thấy, khi biết được các giá trị a_{ij} có thể tìm được giá trị nhỏ nhất của J và xác định được các điểm dấu tương ứng với các quỹ đạo mục tiêu.

3. SO SÁNH ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA THUẬT TOÁN GNN-M

Để đánh giá hiệu quả của thuật toán GNN-M, nhóm tác giả mô phỏng trường hợp đài ra đa quan sát hai mục tiêu chuyển động như trên hình 8. Đánh giá hiệu quả của thuật toán bằng cách so sánh với các thuật toán lọc bám khác như thuật toán GNN và JPDA. Hình 8 mô phỏng tính chất đa điểm chói của mục tiêu với cửa sóng lọc bám có kích thước các trục là $80(m) \times 20(m)$. Hình 9a biểu diễn vùng giới hạn bởi hai đường màu đỏ, tạo vùng này các tham số đo được từ các đài ra đa có sự chồng lấn nhau do sai số trong quá trình đo bởi đài ra đa.



Hình 8. Mô phỏng đặc trưng đa điểm chói của mục tiêu ra đa biển.

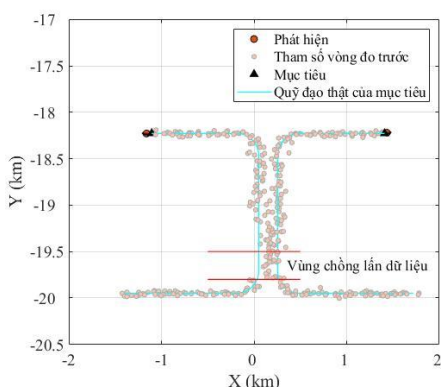
Trường hợp đầu tiên nhóm tác giả sử dụng thuật toán GNN, kết quả lọc bám cho thấy, sau thời điểm chồng lấn các tham số đo đạc, xuất hiện quỹ đạo mới (xanh lá cây) mà trên thực tế chỉ tồn tại 02 mục tiêu. Ngoài ra, thuật toán GNN nhầm lẫn giữa quỹ đạo 1 (đỏ) sang quỹ đạo 02 (xanh lam, hình 9b).

Trong trường hợp sử dụng thuật toán JPDA, kết quả lọc bám có sự sai khác sau khoảng vùng chồng lấn tọa độ. Quỹ đạo mục tiêu 1 (đường màu đỏ) sang thành quỹ đạo của mục tiêu 02 (đường màu xanh lá cây) và ngược lại (hình 9b). Mặt khác khi sử dụng thuật toán GNN-M, có thể phân biệt được 02 quỹ đạo mục tiêu riêng biệt (quỹ đạo 1 đường màu đỏ và quỹ đạo 2 màu xanh hình 9d) và sai số trung bình bình phương khi lọc bám từng quỹ đạo lần lượt là: $RMSE_1 = 57,17$; $RMSE_2 = 39,21$ và thời gian thực hiện các mô phỏng thuật toán GNN, JPDA, GNN-M được mô tả tại bảng 3.

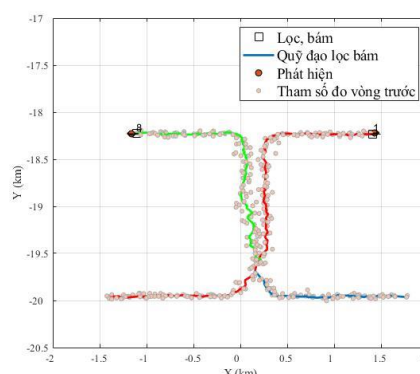
Bảng 3. Bảng so sánh thời gian xử lý.

Thuật toán	GNN	JPDA	GNN-M
Thời gian tính (giây)	22.538	34.569	25.819

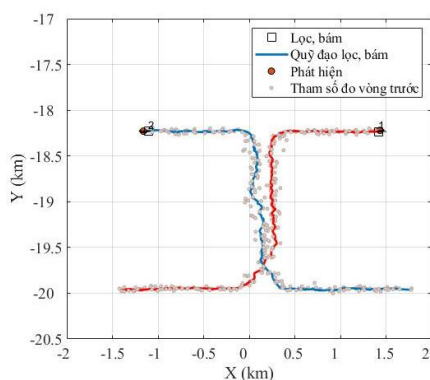
Từ bảng trên cho thấy được rằng, thời gian xử lý của thuật toán GNN là nhanh nhất ($t=22.538$ giây) nhưng kết quả đưa ra có sự nhầm lẫn quỹ đạo và xuất hiện quỹ đạo mới, tương tự như vậy đối với thuật toán JPDA ($t=34.569$ giây). Thuật toán GNN-M cho kết quả chính xác và thời gian xử lý nhanh tương ứng với thuật toán GNN.



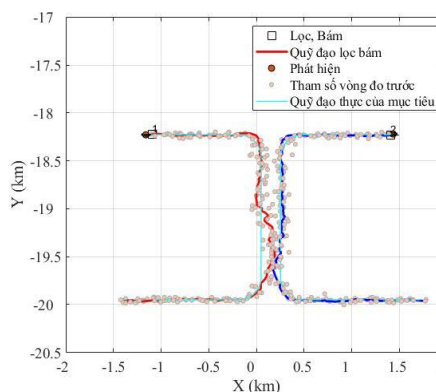
a) Tình huống mô phỏng



b) Thuật toán GNN



c) Thuật toán JPDA



d) Thuật toán GNN-M

Hình 9. Kết quả lọc, bám mục tiêu sử dụng thuật toán GNN, JPDA và GNN-M.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất thuật toán mới GNN-M nhằm nâng cao chất lượng lọc, bám nhóm quỹ đạo mục tiêu biển dựa trên việc xử lý ảnh ra đa có độ phân giải cao. Thuật toán GNN-M dựa trên các đặc trưng của mục tiêu đa điểm chói (toạ độ, hướng trục thân tàu). Kết quả nghiên cứu (hình 9) cho thấy thuật toán GNN-M khắc phục được hạn chế của thuật toán GNN và JPDA đó là xuất hiện quỹ đạo mới và bám nhầm quỹ đạo. Trong khi đó, thuật toán GNN-M có thể phân biệt được 02 quỹ đạo mục tiêu riêng biệt có vùng chông lẩn. Ngoài ra, thời gian xử lý của GNN-M (25,819 giây) cũng tương đương với thuật toán GNN (22,538 giây) và nhanh hơn JPDA (34,569 giây). Như vậy, thuật toán mà nhóm tác giả đã đề xuất thuật toán GNN-M khắc phục các hạn chế của các thuật toán thông dụng GNN và JPDA trong bài toán lọc bám quỹ đạo và nâng cao chất lượng bài toán lọc bám quỹ đạo mục tiêu đa điểm chói trên biển. Hướng nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả ứng dụng thuật toán GNN-M vào bài toán xử lý thời gian thực ở trên các đài ra đa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Blackman, S., and R. Popoli. "Design and Analysis of Modern Tracking Systems". Artech House Radar Library, Boston, (1999).
- [2]. Musicki, D., and R. Evans. "Joint Integrated Probabilistic Data Association: JIPDA." IEEE transactions on Aerospace and Electronic Systems. Vol. 40, Number 3, pp. 1093 –1099, (2004).

- [3]. Werthmann, J. R.. "Step-by-Step Description of a Computationally Efficient Version of Multiple Hypothesis Tracking." In International Society for Optics and Photonics, Vol. 1698, pp. 228 – 301, (1992).
- [4]. Zhou, H.; Huang, H.; Zhao, H.; Zhao, X.; Yin, X. "Adaptive Unscented Kalman Filter for Target Tracking in the Presence of Nonlinear Systems Involving Model Mismatches. *Remote Sens*". 9, 657, (2017).
- [5]. Amirzadeh, A.; Karimpour, A. "An interacting Fuzzy-Fading-Memory-based Augmented Kalman Filtering method for manoeuvring target tracking". *Digit. Signal Process.* 23, 1678–1685, (2013).
- [6]. A´lvarez, M. Rosa-Zurera (EURASIPMember), J. C. Nieto-Borge, and M. P. Jarabo-Amores, "Artificial Neural Network-Based Clutter Reduction Systems for ship size Estimation in Maritime Radars", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, Hindawi Publishing Corporation (2010).
- [7]. Hamza Bounaceur, Ali Khenchaf, Jean-Marc Le Caillec, "Analysis of small sea-surface targets detection performance according to airborne radar parameters in abnormal weather environments", *Sensors*, 22, 3263, (2022).
- [8]. Xung Ha Vo, Trung Kien Nguyen, Phung Bao Nguyen, Van Minh Duong. "A Real-time Processing Algorithm for Multi-Plot Marine Targets Based on Radar Image Decomposition". 2023 12th International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS), Hanoi, Vietnam, pp. 781-786, (2023), doi: 10.1109/ICCAIS59597.2023.10382401.

ABSTRACT

Advanced algorithm for improving the quality of filtering and tracking multiple marine targets for command and control

In this article, an advanced algorithm for improving the quality of filtering and tracking multiple marine targets for command and control based on analysing high-resolution radar images is proposed. The proposed method includes two stages. The first stage of the proposed method is used for estimating target characteristics such as: center coordinates, reflected energy, movement direction and window tracking size. These characteristics are used as inputs for the second stage. The effectiveness of the algorithm is evaluated by simulation of filtering tracking two targets moving close together using MATLAB tool. The simulation results are compared with other methods such as GNN and JPDA. The results show that the proposed algorithm limits the limitations of the GNN and JPDA methods that confuse or lose the trajectory of the above algorithms.

Keywords: Radar image; Complex target; Binary image; Estimated coordinates.