



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0051209

(51)^{2022.01} G01S 13/00

(13) B

(21) 1-2022-04120

(22) 30/06/2022

(45) 25/09/2025 450

(43) 27/03/2023 420A

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

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

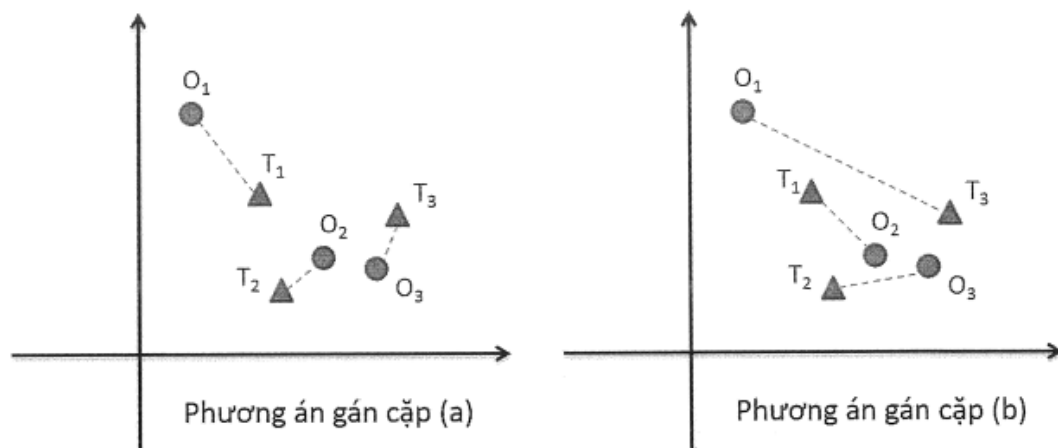
(72) CHU VĂN TẠO (VN); NGUYỄN MẠNH TIỀM (VN); LÊ MẠNH HÀ (VN); ĐÀM MINH TIẾN (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP TỰ ĐỘNG TƯƠNG QUAN MỤC TIÊU BIÊN DỰA TRÊN CÁC ĐẶC TRƯNG THÔNG TIN MỤC TIÊU

(21) 1-2022-04120

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp tự động tương quan thông tin mục tiêu trên biển từ các nguồn thông tin sử dụng các đặc trưng chuyển động vật lý, thông tin định danh (MMSI). Phương pháp bao gồm ba bước: tiền xử lý, đề xuất và kiểm định. Ở bước tiền xử lý, sử dụng hệ bốn lưới kinh vĩ rời rạc để nhanh chóng loại bỏ các cặp mục tiêu có khác biệt lớn về tọa độ địa lý. Ở bước đề xuất, sử dụng khoảng cách Mahalanobis để cho điểm về sự khác biệt của cặp mục tiêu. Gom nhóm các cặp mục tiêu có xung đột về tương quan và sử dụng thuật toán Munkres để giải quyết bài toán xung đột. Ở bước kiểm định, sử dụng ngưỡng và điểm tin cậy tích lũy để đánh giá kết quả đề xuất.



- ▲ Mục tiêu hệ thống
- Mục tiêu nguồn

Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp tự động tương quan thông tin mục tiêu biển từ các nguồn thông tin khác nhau sử dụng các đặc trưng chuyển động vật lý và thông tin định danh. Phương pháp tự động tương quan mục tiêu biển có thể dùng trong hệ thống giám sát mục tiêu trong lĩnh vực vệ tinh, dẫn đường, giao thông vận tải, quân sự.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Tương quan mục tiêu là một trong những vấn đề cơ bản trong vấn đề bám vết mục tiêu của các hệ thống giám sát đa nguồn. Các nguồn dữ liệu ở đây là các cảm biến, ví dụ như radar, cảm biến hồng ngoại, cảm biến sóng âm..., thu thập thông tin từ môi trường và trả về cho hệ thống giám sát một tập các quan sát. Mỗi quan sát, hay còn gọi là mục tiêu nguồn, phản ánh một vật thể mà cảm biến phát hiện. Khi nhận về các mục tiêu nguồn này, hệ thống giám sát sẽ phải giải quyết vấn đề tương quan, tức là gán các mục tiêu nguồn với các mục tiêu hệ thống đang quản lý, hay chính là đánh giá xem mục tiêu nguồn nào với mục tiêu hệ thống nào là của cùng một mục tiêu trên thực tế.

Phương pháp tự động tương quan mục tiêu biển từ nhiều nguồn sử dụng các kỹ thuật đánh giá sự tương đồng của các đặc trưng của mục tiêu biển được trích xuất từ các thông tin kinh độ; vĩ độ; hướng, vận tốc và thông tin định danh mã MMSI. Mã MMSI là một mã định danh chín số được gán cho các tàu bè trên biển theo quy ước trong ngành hàng hải để có thể phân biệt các tàu thuyền với nhau. Phương pháp mới sẽ giúp tối ưu quá trình giám sát quản lý mục tiêu, từ đó phục vụ các nghiệp vụ hàng hải khác như tìm kiếm cứu nạn, cảnh báo va chạm, tuần tra bờ biển.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Từ không gian đặc trưng của mục tiêu trên biển bao gồm các thông tin vật lý (kinh độ, vĩ độ, hướng, vận tốc) và thông tin định danh (mã MMSI), với mỗi cặp mục tiêu nguồn (cung cấp bởi nguồn cảm biến) – mục tiêu hệ thống (đang được quản lý bởi hệ thống giám sát), phương pháp sẽ đánh giá, tính điểm cho sự khác biệt thông tin của các

đặc trưng. Dựa trên điểm khác biệt này, phương pháp sẽ xác định phương án gán cặp mục tiêu tối ưu sao cho tổng điểm khác biệt của các cặp mục tiêu này là nhỏ nhất. Trong sáng chế, việc tìm phương án tối ưu sẽ được chia thành ba bước:

Bước 1: tiền xử lý dữ liệu để giảm thiểu số lượng phương án gán cặp có thể có.

Bước 2: tìm phương án tối ưu dựa trên phương pháp GNN (Global Nearest Neighbor – Láng giềng gần nhất). Sau khi xây dựng thành công phương án gán cặp, các mục tiêu nguồn sẽ được phân loại và kiểm định thêm để đảm bảo kết quả tương quan chính xác.

Bước 3: kiểm định phương án gán cặp để đảm bảo kết quả tương quan chính xác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 minh họa một số phương án gán cặp mục tiêu nguồn – mục tiêu hệ thống;

Hình 2 minh họa phương pháp rời rạc hóa tọa độ mục tiêu trên lưới kinh vĩ;

Hình 3 minh họa kết quả gom nhóm mục tiêu trước khi tìm phương án gán cặp tối ưu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nội dung được mô tả dưới đây cùng với các hình vẽ kèm theo chỉ là một phương án thực hiện sáng chế, trong đó các thuật ngữ được hiểu như sau:

Mục tiêu nguồn: là mục tiêu nhận được từ các nguồn (cảm biến, ra đa, camera...)

Mục tiêu hệ thống: là mục tiêu trên hệ thống hiện tại, được tổng hợp thông tin từ các mục tiêu nguồn.

Tương quan: là việc hợp nhất thông tin của mục tiêu nguồn vào mục tiêu hệ thống khi đã xác định được mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống là cùng một đối tượng trong thực tế.

Giải tương quan: là việc tách mục tiêu nguồn khỏi mục tiêu hệ thống khi đã xác định được mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống là không phải cùng một đối tượng trong thực tế.

Điểm tin cậy: là độ đo sự tin cậy của phương án gán cặp.

Phương pháp tự động tương quan mục tiêu biến dựa trên các đặc trưng thông tin mục tiêu được đề cập trong sáng chế được chia thành ba bước chính:

Bước 1: tiền xử lý; bước này thực hiện tiền lọc bỏ các cặp mục tiêu nguồn – mục tiêu hệ thống có khác biệt lớn về thông tin vật lý không thể hợp nhất (không thể là cùng một mục tiêu trên thực tế).

Bước 2: đề xuất; bước này thực hiện tính điểm khác biệt cho các phương án gán cặp mục tiêu. Tìm phương án gán cặp mục tiêu tối ưu sao cho tổng điểm khác biệt các cặp mục tiêu này là nhỏ nhất. Hình 1 minh họa hai phương án gán cặp mục tiêu cho ba mục tiêu nguồn O_1, O_2, O_3 với ba mục tiêu hệ thống T_1, T_2, T_3 .

Bước 3: kiểm định; bước này thực hiện kiểm định các cặp mục tiêu được đề xuất dựa theo các thông tin nhận được các lần tương quan tiếp theo.

Cụ thể nội dung các bước được thực hiện như sau:

Bước 1: tiền xử lý;

Các thông tin của một mục tiêu biển bao gồm: thông tin tọa độ kinh – vĩ, thông tin hướng, vận tốc và thông tin định danh mã MMSI. Lưu ý không phải mục tiêu nào cũng có thông tin định danh đi kèm, vì nhiều nguyên nhân như cảm biến nguồn không thu thông tin định danh, hoặc mục tiêu tàu không có thiết bị phát định danh, thiết bị phát định danh bị tắt nhằm che giấu thông tin tàu...

Do số lượng mục tiêu trên biển tại Việt Nam là rất lớn có thể lên đến hàng chục nghìn mục tiêu tại một thời điểm, nên việc xây dựng tất cả các phương án gán cặp cho tất cả mục tiêu nguồn với tất cả các mục tiêu hệ thống ở nguồn khác là không hiệu quả. Ta cần lọc bỏ các cặp mục tiêu không thể tương quan thông qua bước tiền xử lý, bao gồm các bước:

- Lọc bằng thông tin tọa độ: thông tin về vị trí của mục tiêu rất hiệu quả khi dùng để xác định mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống không thể tương quan. Rõ ràng nếu hai mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống cách xa nhau thì chúng không thể là một mục tiêu trên thực tế. Tuy nhiên nếu so sánh khoảng cách vị trí của tất cả các cặp mục tiêu, thì số lượng phép toán là rất lớn, trong khi phép toán tính khoảng cách trong hệ tọa độ kinh vĩ cũng là tổ hợp nhiều phép toán phức tạp tốn nhiều tài nguyên máy tính. Để giải quyết nhược điểm này, sáng chế đề xuất thực hiện rời rạc hóa thông tin tọa độ trên lưới kinh vĩ. Cách thức như sau:

- Xây dựng lưới rời rạc kinh vĩ bao gồm các ô với độ rộng kinh độ $\Delta\rho$ và vĩ độ $\Delta\theta$. Độ rộng này là tùy chỉnh sao cho đảm bảo nếu mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống nằm ở hai ô khác nhau thì xác suất chúng là cùng một mục tiêu thực tế thấp. Áp dụng cho mục tiêu biển, dựa trên thực nghiệm sáng chế chọn $\Delta\rho = 0,01^\circ$ và $\Delta\theta = 0,01^\circ$ cho kết quả tốt.
- Tọa độ mục tiêu sẽ được thay bằng chỉ mục ô mà mục tiêu nằm trong, ví dụ với $\Delta\rho = 0,01^\circ$ và $\Delta\theta = 0,01^\circ$, mục tiêu tọa độ $102^\circ 12' 50''$ ($102,2138^\circ$) và $21^\circ 48' 34''$ ($21,8094^\circ$) sẽ thuộc ô (10221; 2180). Hình 2 minh họa lưới rời rạc kinh vĩ và cách thức ánh xạ từ tọa độ mục tiêu sang chỉ mục ô.

$$102,2138 / 0,01 = 10221,38$$

$$21,8094 / 0,01 = 2180,94$$

Các mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống nằm cùng một ô trong lưới rời rạc kinh vĩ (có cùng chỉ mục ô) sẽ được đánh giá có khả năng tương quan. Tuy nhiên việc rời rạc hóa sẽ sinh ra các trường hợp các mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống ở gần nhau nhưng lại nằm ở hai ô liền kề chứ không cùng một ô. Để giải quyết vấn đề này, sáng chế sinh bổ sung thêm các lưới kinh vĩ bằng cách trượt lưới kinh vĩ ban đầu theo kinh độ, theo vĩ độ và theo cả kinh và vĩ độ với độ lệch bằng một nửa độ rộng ô ban đầu ($\Delta\rho/2$ và $\Delta\theta/2$) để được hệ thống bốn lưới kinh vĩ. Chỉ các cặp mục tiêu nằm trong cùng một ô trong một trong bốn lưới kinh vĩ mới có thể tương quan với nhau.

- Loại bỏ các cặp mục tiêu có xung đột thông tin định danh (thông tin định danh khác nhau). Trong trường hợp mục tiêu nguồn hoặc mục tiêu hệ thống không có thông tin định danh thì không tính là xung đột.

Sau khi lọc, số lượng cặp mục tiêu có thể tương quan được giảm đáng kể. Tiếp tục thực hiện bước tiếp theo.

Bước 2: đề xuất. Bước này sẽ đề xuất các cặp mục tiêu nào có thể tương quan sao cho tổng điểm khác biệt của các cặp mục tiêu này là nhỏ nhất. Quá trình đề xuất được gồm các bước sau:

- Tính điểm cho sự khác biệt về thông tin: để có thể xác định xem các cặp mục tiêu nào có thể tương quan, ta cần cho điểm cho từng cặp mục tiêu. Cách tính điểm dễ nhất là sử dụng khoảng cách về vị trí giữa các mục tiêu. Tuy nhiên, cách tính này lại không sử dụng các thông tin về hướng và vận tốc của mục tiêu cũng như thông tin sai số của cảm biến nguồn và sai số của hệ thống. Do vậy, sáng chế đề xuất sử dụng khoảng cách Mahalanobis để làm điểm khác biệt:

$$d(x, y) = \sqrt{(x - y)^T S^{-1} (x - y)}$$

x : véc-tơ trạng thái của mục tiêu nguồn;

y : véc-tơ trạng thái của mục tiêu hệ thống;

$d(x, y)$: khoảng cách Mahalanobis giữa hai véc-tơ x và y ;

Véc-tơ trạng thái một mục tiêu sẽ bao gồm các chiều sau:

$$x = (\text{kinh độ, vĩ độ, hướng, vận tốc})$$

S : ma trận hiệp phương sai của mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống, được tính theo công thức:

$$S = P_{\text{nguồn}} + P_{\text{hệ thống}}$$

$P_{\text{nguồn}}, P_{\text{hệ thống}}$: là các ma trận hiệp phương sai của các sai số kỹ thuật của cảm biến nguồn và của hệ thống giám sát.

- Tìm phương án gán cặp tối ưu. Tham chiếu Hình 1, ta thấy với ba mục tiêu nguồn (O_1, O_2, O_3) và ba mục tiêu hệ thống (T_1, T_2, T_3) có thể xây dựng được rất nhiều phương án gán cặp. Ví dụ tính tổng điểm khác biệt cho phương án:

- Phương án (a): $D_a = d(O_1, T_1) + d(O_2, T_2) + d(O_3, T_3)$

- Phương án (b): $D_b = d(O_1, T_3) + d(O_2, T_1) + d(O_3, T_2)$

Cần tìm phương án tối ưu là phương án có giá trị tổng điểm D nhỏ nhất trong tất cả các phương án. Để tìm phương án tối ưu này, sáng chế đề xuất sử dụng phương pháp GNN (Global Nearest Neighbor – láng giềng gần nhất). GNN là phương pháp tìm phương án gán cặp với giả thiết rằng mỗi mục tiêu nguồn chỉ có thể gán với nhiều nhất một mục tiêu hệ thống, ví dụ khi O_1 đã gán với T_1 thì không thể gán cho T_2 . Các bước thực hiện:

- Gom nhóm: với mỗi mục tiêu nguồn, chỉ có một số mục tiêu hệ thống có thể tương quan với nó. Do vậy, chỉ cần tạo nhóm các cặp mục tiêu có tranh chấp tương quan và đi tìm phương án gán cặp cho từng nhóm. Tham chiếu Hình 3, như minh họa trong hình, có thể gom được hai nhóm ($O_1, O_2, O_3, T_1, T_2, T_3$) và nhóm (O_4, O_5, T_4, T_5) vì các phần tử trong hai nhóm này chỉ có thể tương quan với phần tử khác trong nhóm chứ không thể tương quan với phần tử khác nhóm.
- Sau khi gom nhóm, ta nhận được danh sách các nhóm mục tiêu có tranh chấp về tương quan. Với mỗi nhóm, ta sẽ giải quyết tranh chấp sao cho tổng điểm khác biệt của các cặp mục tiêu được chọn để tương quan là nhỏ nhất, bằng cách xây dựng ma trận điểm: Với m mục tiêu ở nguồn thứ nhất, n mục tiêu ở nguồn thứ hai, ta cần xây dựng ma trận $[m, n]$ có đặc điểm:
 - Giá trị tại ô $[i, j]$ điểm khác biệt giữa thông tin mục tiêu nguồn i với mục tiêu hệ thống j .

Ví dụ: giả sử với nhóm thứ nhất sau khi tính điểm khác biệt cho tất cả các cặp mục tiêu nguồn – mục tiêu hệ thống ta có bảng điểm khác biệt tương ứng:

Mục tiêu hệ thống	Mục tiêu nguồn		
	O_1	O_2	O_3
T_1	5	4	6
T_2	7	2	4
T_3	8	3	2,5

Ma trận điểm khác biệt thu được: $M = \begin{bmatrix} 5 & 4 & 6 \\ 7 & 2 & 4 \\ 8 & 3 & 2,5 \end{bmatrix}$

- Sử dụng phương pháp Kuhn - Munkres để giải quyết bài toán chi phí với ma trận đã xây dựng. Kết quả ta được phương án gán cặp tối ưu.

Bước 3: kiểm định;

Qua kiểm nghiệm thực tế với các hệ thống giám sát mục tiêu biển, phương án gán cặp tối ưu tổng điểm khác biệt trong nhiều trường hợp lại gán sai mục tiêu nguồn với mục tiêu hệ thống, do đặc trưng mục tiêu biển thường xuất hiện trong một khu vực nhỏ với mật độ dày đặc (ví dụ hải cảng, các khu vực đánh bắt cá...), do sai số của cảm biến nguồn, do nhiễu thời tiết... Để hạn chế các lỗi gán sai này, sáng chế đề xuất thêm bước kiểm định. Bước kiểm định sẽ kiểm tra lại kết quả gán cặp trước đó của bước đề xuất và đưa ra kết quả tương quan cuối cùng. Quá trình kiểm định gồm các bước sau:

- Phân loại kết quả gán cặp mục tiêu: căn cứ vào điểm khác biệt của các cặp mục tiêu được đề xuất, các cặp mục tiêu được đề xuất sẽ được phân loại vào ba nhóm:
 - Nhóm thứ nhất – nhóm tương quan chắc chắn: có điểm khác biệt nhỏ hơn ngưỡng điểm tương quan T_q . Cặp mục tiêu trong nhóm này được khẳng định tương quan.
 - Nhóm thứ hai – nhóm tương quan không chắc chắn: có điểm khác biệt lớn hơn ngưỡng điểm tương quan T_q nhưng nhỏ hơn ngưỡng điểm giải tương quan GT_q . Cặp mục tiêu trong nhóm này sẽ được tiếp tục xử lý ở bước tiếp theo.
 - Nhóm thứ ba - nhóm không thể tương quan: có điểm khác biệt lớn hơn ngưỡng điểm giải tương quan GT_q . Cặp mục tiêu trong nhóm này được khẳng định không tương quan.

Đối với mục tiêu biển, dựa trên thực nghiệm, sáng chế chọn $T_q = 0,920191$ và $GT_q = 3,080216$ cho kết quả tốt.
- Xử lý tương quan theo điểm tin cậy tích lũy: đối với các cặp mục tiêu thuộc nhóm tương quan không chắc chắn (nhóm thứ hai), ta tiến hành đánh giá sử dụng điểm tin cậy tích lũy. Cách thức như sau:
 - Cập nhật điểm tin cậy: cho giá trị điểm tin cậy DT_c ban đầu bằng 0. Chọn ngưỡng tin cậy T_c sao cho $GT_q > T_c > T_q$. Trong các lần gửi mục tiêu tiếp theo của cảm biến nguồn, tính điểm khác biệt d của cặp mục tiêu nguồn – mục tiêu hệ thống rồi cập nhật điểm tin cậy mới theo công thức:

$$DT_c = \begin{cases} DT_c + 1 & \text{nếu } d < T_q \\ DT_c + 1 - \frac{d - T_q}{T_c - T_q} & \text{nếu } T_q \leq d < T_c \\ DT_c & \text{nếu } d \geq T_c \end{cases}$$

Theo công thức trên, ta có thể thấy mỗi lần tương quan mới, điểm tin cậy tăng tối đa 1 nếu điểm khác biệt nhỏ hơn ngưỡng tương quan và tăng tối thiểu 0 nếu điểm khác biệt lớn hơn ngưỡng tin cậy.

- Đánh giá điểm tin cậy: sau K lần cập nhật điểm tin cậy, nếu cặp mục tiêu có điểm tin cậy lớn hơn ngưỡng Q, cặp mục tiêu được tương quan, nếu không cặp mục tiêu không được tương quan.

Theo thực nghiệm, sáng chế chọn $T_c = 2,1$, $K = 4$ và $Q = 3$ cho kết quả tốt.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp tự động tương quan mục tiêu biển dựa trên các đặc trưng thông tin mục tiêu, bao gồm các bước:

bước 1: tiền xử lý;

các thông tin của một mục tiêu biển bao gồm: thông tin tọa độ kinh – vĩ, thông tin hướng, vận tốc và thông tin định danh mã MMSI; cụ thể bước này được thực hiện như sau:

lọc bằng thông tin tọa độ, cụ thể:

xây dựng lưới rời rạc kinh vĩ bao gồm các ô với độ rộng kinh độ $\Delta\rho$ và vĩ độ $\Delta\theta$; độ rộng này là tùy chỉnh sao cho đảm bảo nếu mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống nằm ở hai ô khác nhau thì xác suất chúng là cùng một mục tiêu thực tế thấp;

tọa độ mục tiêu sẽ được thay bằng chỉ mục ô mà mục tiêu nằm trong; các mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống nằm cùng một ô trong lưới rời rạc kinh vĩ (có cùng chỉ mục ô) sẽ được đánh giá có khả năng tương quan;

bổ sung thêm các lưới kinh vĩ bằng cách trượt lưới kinh vĩ ban đầu theo kinh độ, theo vĩ độ và theo cả kinh và vĩ độ với độ lệch bằng một nửa độ rộng ô ban đầu ($\Delta\rho/2$ và $\Delta\theta/2$) để được hệ thống bốn lưới kinh vĩ; chỉ các cặp mục tiêu nằm trong cùng một ô trong một trong bốn lưới kinh vĩ mới có thể tương quan với nhau;

lọc bỏ các cặp mục tiêu có xung đột thông tin định danh (thông tin định danh khác nhau); trong trường hợp mục tiêu nguồn hoặc mục tiêu hệ thống không có thông tin định danh thì không tính là xung đột.

bước 2: đề xuất;

bước này sẽ đề xuất các cặp mục tiêu nào có thể tương quan sao cho tổng điểm khác biệt của các cặp mục tiêu này là nhỏ nhất; quá trình đề xuất được gồm các bước sau:

tính điểm cho sự khác biệt về thông tin, sử dụng khoảng cách mahalanobis để làm điểm khác biệt:

$$d(x, y) = \sqrt{(x - y)^T S^{-1} (x - y)}$$

x : véc-tơ trạng thái của mục tiêu nguồn;

y : véc-tơ trạng thái của mục tiêu hệ thống;

$d(x, y)$: khoảng cách mahalanobis giữa hai véc-tơ x và y ;

véc-tơ trạng thái một mục tiêu sẽ bao gồm các chiều sau:

$$x = (\text{kinh độ, vĩ độ, hướng, vận tốc})$$

S : ma trận hiệp phương sai của mục tiêu nguồn và mục tiêu hệ thống, được tính theo công thức:

$$S = P_{\text{nguồn}} + P_{\text{hệ thống}}$$

$P_{\text{nguồn}}, P_{\text{hệ thống}}$: là các ma trận phương sai của các sai số kỹ thuật của cảm biến nguồn và của hệ thống giám sát;

tìm phương án gán cặp tối ưu là phương án có giá trị tổng điểm D nhỏ nhất trong tất cả các phương án, để tìm phương án tối ưu này, sáng chế đề xuất sử dụng phương pháp GNN (global nearest neighbor – láng giềng gần nhất); các bước thực hiện:

gom nhóm: tạo nhóm các cặp mục tiêu có tranh chấp tương quan và đi tìm phương án gán cặp cho từng nhóm;

sau khi gom nhóm, ta nhận được danh sách các nhóm mục tiêu có tranh chấp về tương quan; với mỗi nhóm, ta sẽ giải quyết tranh chấp sao cho tổng điểm khác biệt của các cặp mục tiêu được chọn để tương quan là nhỏ nhất, bằng cách xây dựng ma trận điểm; với m mục tiêu ở nguồn thứ nhất, n mục tiêu ở nguồn thứ hai, ta cần xây dựng ma trận $[m, n]$ có đặc điểm:

giá trị tại ô $[i, j]$ điểm khác biệt giữa thông tin mục tiêu nguồn i với mục tiêu hệ thống j ;

sử dụng phương pháp kuhn - munkres để giải quyết vấn đề chi phí với ma trận đã xây dựng; kết quả tìm được phương án gán cặp tối ưu;

bước 3: kiểm định;

bước kiểm định sẽ kiểm tra lại kết quả gán cặp trước đó của bước đề xuất và đưa ra kết quả tương quan cuối cùng; quá trình kiểm định gồm các bước sau:

phân loại kết quả gán cặp mục tiêu: căn cứ vào điểm khác biệt của các cặp mục tiêu được đề xuất, các cặp mục tiêu được đề xuất sẽ được phân loại vào ba nhóm:

nhóm thứ nhất – nhóm tương quan chắc chắn: có điểm khác biệt nhỏ hơn ngưỡng điểm tương quan T_q ; cặp mục tiêu trong nhóm này được khẳng định tương quan;

nhóm thứ hai – nhóm tương quan không chắc chắn: có điểm khác biệt lớn hơn ngưỡng điểm tương quan T_q nhưng nhỏ hơn ngưỡng điểm giải tương quan GT_q ; cặp mục tiêu trong nhóm này sẽ được tiếp tục xử lý ở bước tiếp theo;

nhóm thứ ba - nhóm không thể tương quan: có điểm khác biệt lớn hơn ngưỡng điểm giải tương quan GT_q ; cặp mục tiêu trong nhóm này được khẳng định không tương quan;

xử lý tương quan theo điểm tin cậy tích lũy: đối với các cặp mục tiêu thuộc nhóm tương quan không chắc chắn (nhóm thứ hai), ta tiến hành đánh giá sử dụng điểm tin cậy tích lũy; cách thức như sau:

cập nhật điểm tin cậy: cho giá trị điểm tin cậy DT_c ban đầu bằng 0; chọn ngưỡng tin cậy T_c sao cho $GT_q > T_c > T_q$; trong các lần gửi mục tiêu tiếp theo của cảm biến nguồn, tính điểm khác biệt d của cặp mục tiêu nguồn – mục tiêu hệ thống rồi cập nhật điểm tin cậy mới theo công thức:

$$DT_c = \begin{cases} DT_c + 1 & \text{nếu } d < T_q \\ DT_c + 1 - \frac{d - T_q}{T_c - T_q} & \text{nếu } T_q \leq d < T_c \\ DT_c & \text{nếu } d \geq T_c \end{cases}$$

theo công thức trên, ta có thể thấy mỗi lần tương quan mới, điểm tin cậy tăng tối đa 1 nếu điểm khác biệt nhỏ hơn ngưỡng tương quan và tăng tối thiểu 0 nếu điểm khác biệt lớn hơn ngưỡng tin cậy.

đánh giá điểm tin cậy: sau K lần cập nhật điểm tin cậy, nếu cặp mục tiêu có điểm tin cậy lớn hơn ngưỡng Q , cặp mục tiêu được tương quan, nếu không cặp mục tiêu không được tương quan.

2. Phương pháp tự động tương quan mục tiêu biển dựa trên các đặc trưng thông tin mục tiêu theo điểm 1, trong đó:

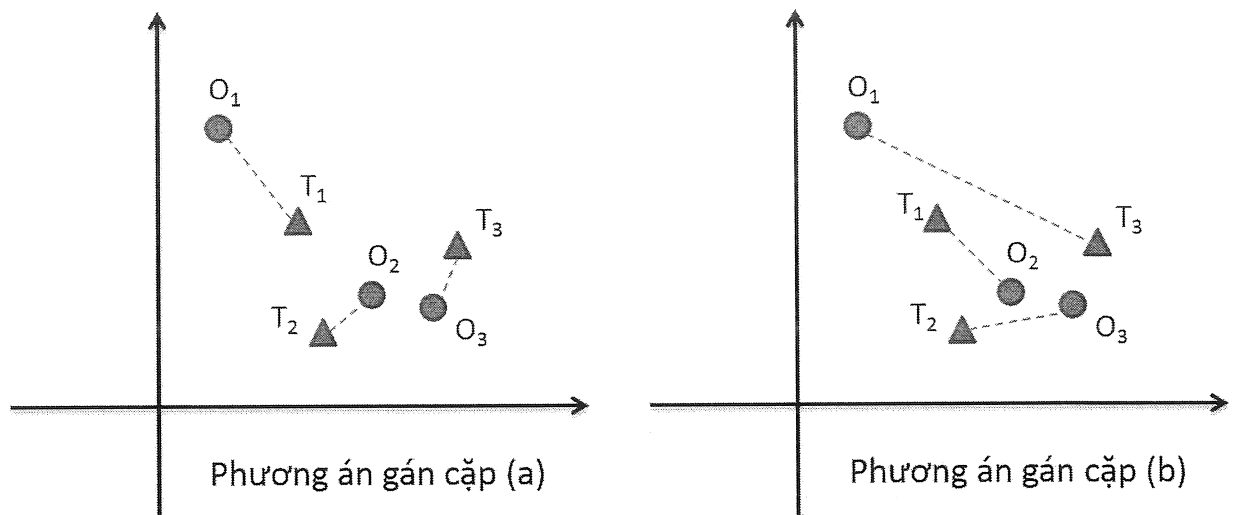
tại bước 1, áp dụng cho mục tiêu biển, dựa trên thực nghiệm sáng chế chọn $\Delta\rho = 0,01^\circ$ và $\Delta\theta = 0,01^\circ$ cho kết quả tốt.

3. Phương pháp tự động tương quan mục tiêu biển dựa trên các đặc trưng thông tin mục tiêu theo điểm 1, trong đó:

tại bước 3, đối với mục tiêu biển, dựa trên thực nghiệm, sáng chế chọn $T_q=0,920191$ và $G_{T_q}=3,080216$ cho kết quả tốt.

4. Phương pháp tự động tương quan mục tiêu biển dựa trên các đặc trưng thông tin mục tiêu theo điểm 1, trong đó:

tại bước 3, theo thực nghiệm, sáng chế chọn $T_c = 2,1$, $K = 4$ và $Q = 3$ cho kết quả tốt.

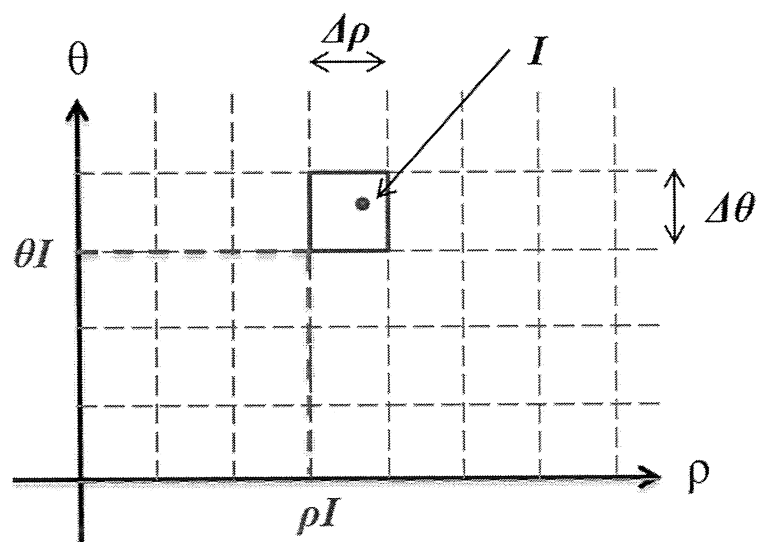


▲ Mục tiêu hệ thống

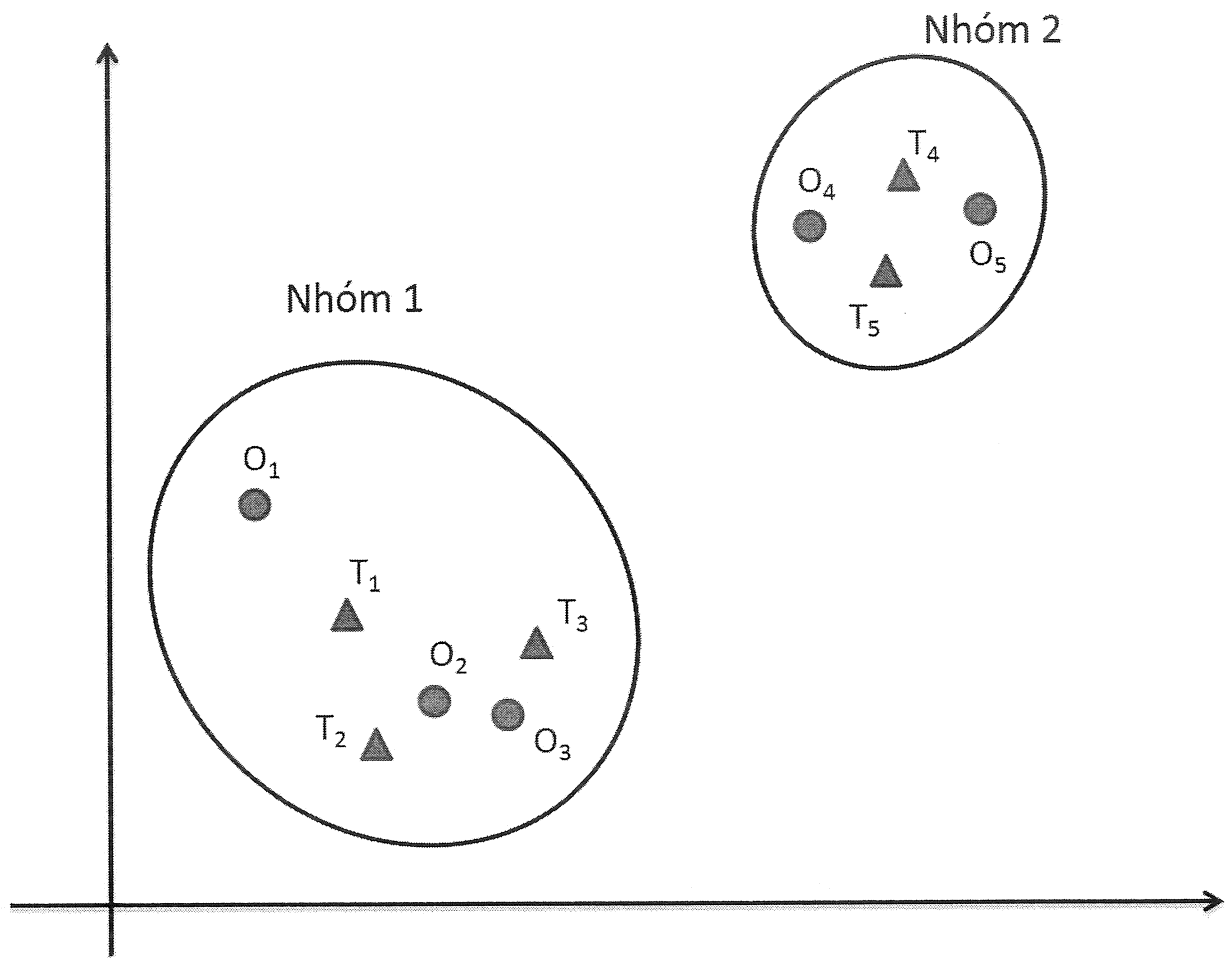
● Mục tiêu nguồn

Hình 1

Tọa độ kinh vĩ của điểm I được chuyển về tọa độ ô trong lưới kinh vĩ rời rạc



Hình 2



Hình 3