



(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)



1-0052738

(51)^{2022.01} G01S 13/00

(13) B

(21) 1-2022-07844

(22) 30/11/2022

(45) 27/10/2025 451

(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

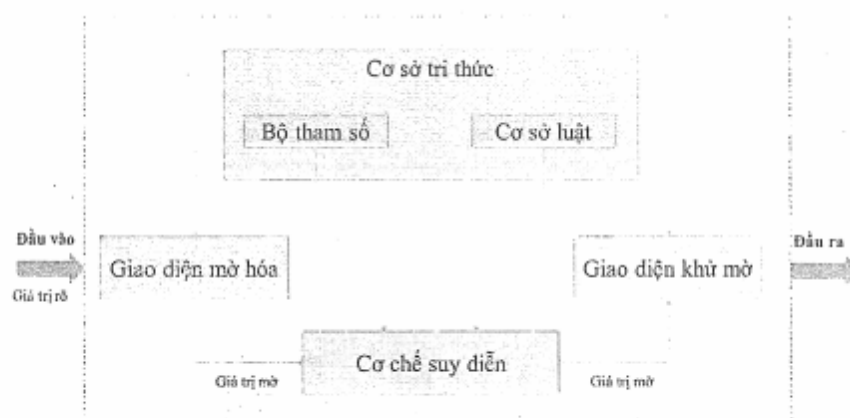
(72) Nguyễn Mạnh Tiềm (VN).

(74) Công ty TNHH NACILAW (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP TỰ ĐỘNG ĐÁNH GIÁ HIỆM HỢA CHO CÁC MỤC TIÊU BAY
DỰA TRÊN CÁC THÔNG TIN ĐẶC TRƯNG

(21) 1-2022-07844

(57) Phương pháp tự động đánh giá hiểm họa mục tiêu bay dựa trên các thông số đặc trưng là quá trình ước lượng mức độ nguy hiểm của một hoặc nhiều mục tiêu bay (máy bay, tên lửa, ...) đối với một hoặc nhiều mục tiêu bảo vệ (căn cứ quân sự, văn phòng chính phủ, bến cảng, máy bay ta, ...) sử dụng các thông tin đặc trưng như khoảng cách tiếp cận gần nhất, thời gian tiếp cận, vận tốc, độ cao, số lượng, nhận dạng địch-ta, kiểu loại mục tiêu, máy hỏi. Phương pháp bao gồm bốn bước: xây dựng cơ sở tri thức mờ với bộ tham số tham gia mô hình mờ và các cơ sở luật mờ; xây dựng giao diện mờ hóa (fuzzification); suy diễn mờ; thực hiện khử mờ (defuzzification).



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp tự động đánh giá hiểm họa cho các mục tiêu bay dựa trên các thông tin đặc trưng chuyển động về vật lý và thông tin định danh. Cụ thể phương pháp tự động đánh giá hiểm họa cho các mục tiêu bay có thể dùng trong các hệ thống theo dõi, giám sát trong các lĩnh vực dẫn đường, giao thông vận tải và quân sự.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các hệ thống theo dõi, giám sát các mục tiêu bay hiện nay việc đánh giá hiểm họa cho các mục tiêu bay là quá trình ước lượng mức độ đe dọa của nó đến các mục tiêu mà hệ thống cần bảo vệ. Hiện nay, việc đánh giá này vẫn dùng phương pháp bán tự động và phương pháp thủ công là chủ yếu. Phương pháp thủ công là cách đánh giá do người vận hành dựa vào yếu tố kinh nghiệm để nhận định và đưa ra đánh giá. Phương pháp bán tự động là phương pháp căn cứ vào một số tham số của mục tiêu kết hợp với kinh nghiệm của người vận hành để đưa ra đánh giá. Cả hai phương pháp này thường thiếu chính xác do không đánh giá được hết các tham số đặc trưng của mục tiêu và không kịp thời cung cấp thông tin cho hệ thống khi yêu cầu tốc độ xử lý gần với thời gian thực.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp thu thập thông tin đặc trưng của mục tiêu bay, sử dụng để đánh giá mức độ đe dọa đến các mục tiêu bảo vệ bao gồm các thông tin vật lý (kinh độ, vĩ độ, hướng, vận tốc), khoảng cách tiếp cận gần nhất, thời gian tiếp cận, độ cao, số lượng, nhận dạng địch-ta, kiểu loại mục tiêu, các tham số này được kỹ thuật logic mờ thực hiện mờ hóa để chuyển từ giá trị định lượng sang giá trị định tính. Sau đó thông qua các phép biến đổi mờ với các toán tử hội mờ, hợp mờ, kéo theo mờ trên cơ sở luật mờ được xây dựng trong sáng chế để đưa ra đánh giá tổng hợp về mức độ nguy hiểm của mục tiêu bay đối với mục tiêu cần bảo vệ.

Phương pháp tự động đánh giá hiểm họa mục tiêu bay sẽ giúp các hệ thống theo dõi, giám sát có thể nhanh chóng, kịp thời tự động đưa ra đánh giá chính xác các mối nguy hiểm tiềm tàng đến các mục tiêu cần bảo vệ. Đặc biệt trong lĩnh vực quân sự, phương pháp này

sẽ tự động tính toán và cung cấp cho người chỉ huy các mối đe dọa từ các mục tiêu bay đến các khu vực cần bảo vệ để nhanh chóng, kịp thời có phương án xử lý.

Cụ thể, để đạt được mục đích trên, phương pháp được đề xuất trong sáng chế bao gồm các bước:

Bước 1: xây dựng cơ sở tri thức mờ với bộ tham số tham gia mô hình mờ và các cơ sở luật mờ. Đây là bước quan trọng, ảnh hưởng quyết định tới sai số mô hình và kết quả đầu ra của phương pháp.

Bước 2: xây dựng giao diện mờ hóa (fuzzification). Thực hiện chuyển đổi các tham số đầu vào dạng định tính lượng thành các giá trị định tính (biến ngôn ngữ).

Bước 3: suy diễn mờ. Thực hiện bước suy diễn mờ dựa trên cơ sở luật mờ và các giá trị đầu vào để đưa ra một giá trị dự đoán ở đầu ra dạng định tính.

Bước 4: thực hiện khử mờ (defuzzification). Thực hiện việc chuyển đổi kết quả suy diễn mờ dạng định tính thành giá trị định lượng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 minh họa cấu trúc mô hình mờ đánh giá hiểm họa mục tiêu bay của sáng chế;

Hình 2 minh họa các tập mờ dùng để định nghĩa các biến ngôn ngữ trong đánh giá hiểm họa mục tiêu bay.

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 bay: là các mục tiêu nhận được từ các nguồn trinh sát (cảm biến, radar, camera...).

Nhận dạng, máy hỏi (IFF): là gán nhãn cho các mục tiêu bay có thể gây ra nguy hiểm cho các khu vực cần bảo vệ. Tại một số đài radar có máy hỏi sẽ phát ra một tần số đối với các mục tiêu bay, và kiểm tra có nhận được tín hiệu phản hồi không.

Kiểu loại mục tiêu: là các kiểu loại máy bay của địch khi tham gia tiến công, bao gồm tiêm kích, cường kích, trực thăng, chỉ huy trên không, huấn luyện, ném bom chiến lược, tên lửa đạn đạo, máy bay không người lái, khinh khí cầu, hàng không dân dụng, vận tải quân sự, tiếp dầu, trinh sát, tác chiến điện tử và mục tiêu không xác định.

Mức độ hiểm họa: là mức độ đe dọa của mục tiêu địch đối với các khu vực cần bảo vệ. Trong sáng chế, sử dụng bốn mức độ hiểm họa gồm: rất cao, cao, trung bình, thấp.

Phương pháp tự động đánh giá hiểm họa cho các mục tiêu bay dựa trên các thông tin đặc trưng trong sáng chế được chia làm bốn bước chính:

Bước 1: xây dựng cơ sở tri thức mờ với bộ tham số tham gia mô hình mờ và các cơ sở luật mờ. Đây là bước quan trọng, ảnh hưởng quyết định tới sai số mô hình và kết quả đầu ra của bài toán.

Bước 2: xây dựng giao diện mờ hóa (fuzzification). Thực hiện chuyển đổi các tham số đầu vào dạng định tính lượng các giá trị định tính (biến ngôn ngữ).

Bước 3: suy diễn mờ. Thực hiện bước suy diễn mờ dựa trên cơ sở luật mờ và các giá trị đầu vào để đưa ra một giá trị dự đoán ở đầu ra dạng định tính.

Bước 4: thực hiện khử mờ (defuzzification). Thực hiện việc chuyển đổi kết quả suy diễn mờ dạng định tính thành giá trị định lượng.

Tham chiếu Hình 1 và Hình 2, cấu trúc mô hình mờ của sáng chế gồm bốn khối, thể hiện chức năng cho bốn bước được đề cập ở trên. Cụ thể nội dung các bước được thực hiện như sau:

Bước 1: xây dựng cơ sở tri thức mờ với bộ tham số tham gia mô hình mờ và các cơ sở luật mờ;

Dữ liệu đầu vào để đánh giá là các tham số về thông tin đặc trưng của mục tiêu gồm khoảng cách tiếp cận gần nhất (CPA), thời gian tiếp cận (TBH), vận tốc (Speed), độ cao (Altitude), số lượng (Quantity), nhận dạng địch-ta (IFF), kiểu loại mục tiêu (Type). Các thông tin này được các đài ra đa hàng không dân dụng (Nội Bài, Đà Nẵng, Tân Sơn Nhất, Quy Nhơn, Cà Mau) và các đài ra đa quân sự (RSP10, RV02, NKVS, RSBN_4NM, RSBN_4NCT, P37, P18M) thu thập và đưa về cho hệ thống.

Xây dựng bộ tham số: xác định các tham số sẽ tham gia vào mô hình mờ để đánh giá mức độ hiểm họa của mục tiêu. Mỗi biến mờ sẽ được biểu diễn bằng một số các giá trị ngôn ngữ nhất định, và các giá trị ngôn ngữ được xác định bởi một tập mờ với các giá trị định lượng quy định cho từng tham số. Việc định nghĩa biến mờ rất quan trọng, nó ảnh hưởng quyết định tới việc hình thành cơ sở luật và sai số mô hình. Để biểu diễn biến ngôn ngữ cho các tham số đầu vào, trong lô-gíc mờ cung cấp các hàm thành viên (membership function), các hàm này sẽ thực hiện việc biến đổi các giá trị đầu vào dạng định lượng thành giá trị định tính cho hệ thống suy luận mờ. Trong sáng chế các hàm thành viên được sử dụng để thực hiện việc biến đổi này bao gồm hàm thành viên dạng hình thang

(trapezoidal membership function), hàm thành viên dạng hình tam giác (triangle membership function), hàm thành viên dạng Z (sigmoidal Z-shape) và hàm thành viên dạng S (sigmoidal S-shape) với công thức tính như sau:

Hàm thành viên dạng hình thang (trapmf):

$$\mu_{Trapmf}(u) = \begin{cases} 0 & , \quad b \leq u \leq a \\ \frac{u-a}{c-a} & , \quad a < u < c \\ 1 & , \quad c \leq u \leq d \\ \frac{b-u}{b-d} & , \quad d < u < b \end{cases}$$

trong đó u là tham số đầu vào, a, b, c, d là các tham số ngưỡng của hàm trapmf.

Hàm thành viên dạng S (smf)

$$\mu_{Smf}(u) = \begin{cases} 0 & , \quad u \leq a \\ 2 \left(\frac{u-a}{b-a} \right)^2 & , \quad u < a \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{u-b}{b-a} \right)^2 & , \quad \frac{a+b}{2} < u < b \\ 1 & , \quad u \geq b \end{cases}$$

trong đó u là tham số đầu vào, a, b là các tham số ngưỡng của hàm smf.

Hàm thành viên dạng Z (zmf)

$$\mu_{Zmf}(u) = \begin{cases} 1 & , \quad u \leq a \\ 1 - 2 \left(\frac{u-a}{b-a} \right)^2 & , \quad u < a \leq \frac{a+b}{2} \\ 2 \left(\frac{u-b}{b-a} \right)^2 & , \quad \frac{a+b}{2} < u < b \\ 0 & , \quad u \geq b \end{cases}$$

trong đó u là tham số đầu vào, a, b là các tham số ngưỡng của hàm zmf.

Hàm thành viên dạng hình tam giác (trimf):

$$\mu_{Trimf}(u) = \begin{cases} 0 & , \quad b \leq u \leq a \\ \frac{u-a}{c-a} & , \quad a < u < c \\ 1 & , \quad u = c \\ \frac{b-u}{b-c} & , \quad c < u < b \end{cases}$$

trong đó u là tham số đầu vào, a, b, c là các tham số ngưỡng của hàm trimf.

Theo thực nghiệm, khoảng giá trị, hàm thuộc và mức rời rạc của các tham số này như bảng 1 sẽ cho kết quả tốt:

Bảng 1: các tham số và phân mức rời rạc

Tham số	Giá trị	Mức rời rạc	Sử dụng hàm thành viên
Khoảng cách tiếp cận gần nhất - CPA (km)	[0,10]	Rất Gần	zmf(2;3)
		Gần	trapmf(2;3;5;6)
		Trung bình	trapmf(5;6;8;9)
		Xa	smf(8;9)
Thời gian tiếp cận - TBH (s)	[0,500]	Rất ngắn	zmf(60;100)
		Ngắn	trapmf(60;100;180;250)
		Trung bình	trapmf(180;250;400;430)
		Dài	smf(400;430)
Vận tốc (Speed) (m/s)	[0,600]	Rất nhanh	smf(410;470)
		Nhanh	trapmf(220;280;410;470)
		Trung bình	trapmf(60;120;220;280)
		Chậm	zmf(60;120)
Độ cao (Altitude) (m)	[0,15000]	Rất cao	smf(10000;12000)
		Cao	trapmf(6000;8000;10000;12000)
		Trung bình	trapmf(1000;3000;6000;8000)
		Thấp	zmf(1000;3000)
Quantity (Chiếc)	[1,15]	Rất nhiều	smf(5;6)
		Nhiều	trapmf(2;3;5;6)
		Trung bình	trimf(1;2;3)
		Ít	trimf(0;1;2)
Nhận diện địch - ta (IFF)	1,2	Loại khác	trimf(0;1;2)
		Địch	trimf(1;2;3)
Kiểu loại mục tiêu (Type)	[0, 15]	Tiêm kích	trimf(0;1;2)
		Ném bom	trimf(1;2;3)
		Trục thăng	trimf(2;3;4)
		Vận tải	trimf(3;4;5)
		Tiếp dầu	trimf(4;5;6)
		Trình sát	trimf(5;6;7)
		Tác chiến điện tử	trimf(6;7;8)
		Chỉ huy trên không	trimf(7;8;9)
		Huấn luyện	trimf(8;9;10)
		Ném bom chiến lược	trimf(9;10;11)
		Tên lửa hành trình	trimf(10;11;12)
		Tên lửa đạn đạo	trimf(11;12;13)
		Không người lái	trimf(12;13;14)
		Khinh khí cầu	trimf(13;14;15)

Tham số	Giá trị	Mức rời rạc	Sử dụng hàm thành viên
		Hàng không dân dụng	trimf(14;15;16)
		Không xác định	trimf(15;16;17)
Mức độ hiểm họa (threat)	[0,1]	Rất cao	smf(0.7;0.8)
		Cao	trapmf(0.4;0.5;0.7;0.8)
		Trung bình	trapmf(0.1;0.3;0.4;0.5)
		Thấp	zmf(0.1;0.3)

Xây dựng cơ sở luật mờ: đây là bước xây dựng hệ luật dựa trên các tham số đầu vào, là tập các luật mờ NẾU-THÌ (IF-THEN) biểu diễn tập các phát biểu hay quy tắc mà con người có thể hiểu được, mô tả hành vi hệ thống. Mỗi luật mờ sẽ được biểu diễn tổng quát như sau:

$$IF (x_1 \text{ is } P_1^i) \text{ AND } \dots \text{ AND } (x_n \text{ is } P_n^i) \text{ THEN } y \text{ is } T^j \quad (w_r)$$

trong đó P_1^i và T^j lần lượt là các giá trị ngôn ngữ được định nghĩa trên các biến đầu vào và đầu ra mô hình. Phần giả thuyết của luật được hình thành từ sự giao nhau giữa các phát biểu dạng ngôn ngữ, $x_1 \text{ is } P_1^i$. Tương ứng với mỗi luật ta có một trọng số (weight) w_r đại diện cho mức độ tin cậy hay độ ảnh hưởng của luật trong cơ sở luật.

Trong sáng chế này, cơ sở luật và trọng số tương ứng được xây dựng như như bảng 2 sẽ cho kết quả tốt:

Bảng 2: bộ cơ sở luật và trọng số

STT	NẾU (IF)	THÌ (THEN) Mức độ hiểm họa=	Trọng số
1	Altitude=Rất cao	Rất cao	1,0
2	Altitude= Cao	Cao	1,0
3	Altitude=Trung bình	Trung bình	1,0
4	Altitude=Thấp	Thấp	1,0
5	Cpa=Rất gần	Rất cao	1,0
6	Cpa=Gần	Cao	1,0
7	Cpa=Trung bình AND Type=NOT Chỉ huy trên không	Trung bình	1,0
8	Cpa=Xa AND Type=NOT Chỉ huy trên không	Thấp	1,0
9	Tbh=Rất ngắn	Rất cao	3,0
10	Tbh=Ngắn	Cao	3,0
11	Tbh=Trung bình	Trung bình	3,0
12	Tbh=Dài AND Type=NOT Chỉ huy trên không	Thấp	3,0
13	Iff=Địch	Rất cao	1,0
14	Iff=Không xác định	Trung bình	1,0

STT	NẾU (IF)	THÌ (THEN) Mức độ hiểm họa=	Trọng số
15	Quantity <=2	Trung bình	1,0
16	Quantity > 2 && Quantity < 5	Cao	1,5
17	Quantity >= 5	Rất cao	2,0
18	Type=Tiêm kích	Cao	1,0
19	Type=Ném bom	Rất cao	1,0
20	Type=Trục thăng	Trung bình	1,0
21	Type=Vận tải	Thấp	1,0
22	Type=Tiếp dầu	Thấp	1,0
23	Type=Trình sát	Cao	2,0
24	Type=Tác chiến điện tử	Cao	1,0
25	Type=Chỉ huy trên không	Rất cao	10,0
26	Type=Huấn luyện	Thấp	1,0
27	Type=Ném bom chiến lược	Rất cao	2,0
28	Type=Tên lửa hành trình	Cao	1,0
29	Type=Tên lửa đạn đạo	Cao	1,0
30	Type=Không người lái	Trung bình	1,0
31	Type=Khinh khí cầu	Thấp	1,0
32	Type=Hàng không dân dụng	Thấp	1,0
33	Type=Unknown	Trung bình	1,0
34	Speed=Trung bình AND Altitude=Rất cao AND Quantity=3 AND Type= Ném bom	Rất cao	2,0
35	Speed=Trung bình AND Altitude=Cao AND Quantity=3 AND Type=Ném bom chiến lược	Rất cao	3,0
36	Speed=Rất nhanh AND Altitude=Rất cao AND Quantity=1 AND Type=Trình sát	Rất cao	1,0
37	Speed=Chậm AND Altitude=Thấp AND Type=Tên lửa hành trình	Cao	1,0

Bước 2: xây dựng giao diện mờ hóa (fuzzification)

Tại bước này, thực hiện đưa các giá trị tham số đặc trưng của mục tiêu sẽ đi qua bộ cơ sở tri thức mờ đã được xây dựng tại bước 1 để thực hiện chuyển đổi các đầu vào dạng định lượng thành các phân mức rời rạc định tính dạng ngôn ngữ.

Kết thúc bước 2 sẽ nhận được tất cả đánh giá dạng định tính cho từng loại tham số đầu vào của mục tiêu.

Ví dụ: thời gian tiếp cận (TBH) là 25 s, giá trị định lượng nhỏ hơn khoảng (30;60) nên giá trị định tính là: rất ngắn với giá trị hàm thuộc là 1,0 (100 % thuộc phạm vi biến ngôn ngữ “Rất ngắn”).

Bước 3: suy diễn mờ;

Đây là bước tổng hợp các đánh giá dạng định tính của các tham số nhận được tại bước 2 thành đánh giá tổng quát cho mục tiêu dựa trên các toán tử mờ.

Bước này có nhiệm vụ thực hiện thủ tục suy diễn mờ dựa trên cơ sở luật mờ được xây dựng tại bước 1 và các giá trị đầu vào sau khi được rời rạc hóa thành giá trị định tính tại bước 2 để đưa ra một giá trị dự đoán ở đầu ra. Với mỗi luật, mô hình thu được ở phần kết luận là một tập mờ (suy diễn được hình thành từ hàm thuộc của giá trị ngôn ngữ phần kết luận kết hợp với giá trị định lượng của phần giả thiết mỗi luật). Sau đó, các tập mờ này được kết hợp với nhau thông qua các toán tử mờ.

Trong sáng chế sử dụng phép toán tích (Product) cho toán tử hội mờ và toán tử kéo theo mờ, còn với toán tử hợp mờ sử dụng kiểu loại tổng (Sum). Các toán tử này có thể đảm bảo tất cả tham số đầu vào của đối tượng đều được đóng góp với trọng số nhất định cho kết quả đầu ra, công thức các toán tử như sau:

Toán tử hội mờ với phép toán tích được tính theo công thức tính sau:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y)$$

Toán tử kéo theo mờ với phép toán tích được tính theo công thức tính sau:

$$\mu_{A \Rightarrow B}(x) = \mu_A(x) \Rightarrow \mu_B(y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y)$$

Toán tử hợp mờ với phép toán tổng được tính theo công thức tính sau:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(y) = \mu_A(x) + \mu_B(y)$$

trong đó, $\mu_A(x)$ là hàm thuộc của tham số đầu vào x, thể hiện độ thuộc của phần tử x thuộc về tập mờ A, $\mu_B(y)$ là hàm thuộc của tham số đầu vào y, thể hiện độ thuộc của phần tử y thuộc về tập mờ B.

Kết thúc bước 3, sẽ nhận được các đánh giá mức độ hiểm họa chung cho tất cả tham số của mục tiêu bay với các % trên các mức độ đánh giá khác nhau (thấp, trung bình, cao, rất cao).

Bước 4: thực hiện khử mờ (defuzzification);

Tại bước này, thực hiện chuyển đổi kết quả suy diễn mờ thành giá trị định lượng của đầu ra. Công đoạn này sử dụng các kỹ thuật khử mờ khác nhau, gồm phương pháp cực đại trung bình (average maximum), phương pháp cực đại trung bình có trọng số, phương pháp trọng tâm ... Tuy nhiên, phổ biến nhất là phương pháp xác định trọng tâm (centroid). Trong

phương pháp trọng tâm (centroid method hay centre of gravity) mọi giá trị tham số đầu vào của đối tượng đều được đóng góp với trọng số nhất định và ảnh hưởng đến giá trị khử mờ.

Theo thực nghiệm, sáng chế chọn phương pháp trọng tâm được sử dụng để khử mờ sẽ cho ra kết quả tốt và ổn định nhất, giá trị định lượng của biến đầu ra được tính toán bằng cách tìm giá trị trọng tâm hàm thuộc của giá trị mờ như sau:

$$\bar{x} = \frac{\int x \cdot \mu_A(x) dx}{\int \mu_A(x) dx}$$

trong đó x là tham số đầu vào, $\mu_A(x)$ là hàm thuộc của tham số đầu vào x .

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp tự động đánh giá hiểm họa cho các mục tiêu bay dựa trên các thông tin đặc trưng, bao gồm các bước:

bước 1: xây dựng cơ sở tri thức mờ với bộ tham số tham gia mô hình mờ và các cơ sở luật mờ;

dữ liệu đầu vào để đánh giá là các tham số về thông tin đặc trưng của mục tiêu gồm khoảng cách tiếp cận gần nhất (CPA), thời gian tiếp cận (TBH), vận tốc (speed), độ cao (altitude), số lượng (quantity), nhận dạng địch-ta (IFF), kiểu loại mục tiêu (type); các thông tin này được các đài ra đa hàng không dân dụng và các đài ra đa quân sự thu thập và đưa về cho hệ thống;

xây dựng bộ tham số: xác định các tham số sẽ tham gia vào mô hình mờ để đánh giá mức độ hiểm họa của mục tiêu; mỗi biến mờ sẽ được biểu diễn bằng một số các giá trị ngôn ngữ nhất định, và các giá trị ngôn ngữ được xác định bởi một tập mờ với các giá trị định lượng quy định cho từng tham số; để biểu diễn biến ngôn ngữ cho các tham số đầu vào, trong lô-gíc mờ cung cấp các hàm thành viên (membership function), các hàm này sẽ thực hiện việc biến đổi các giá trị đầu vào dạng định lượng thành giá trị định tính cho hệ thống suy luận mờ; các hàm thành viên được sử dụng để thực hiện việc biến đổi này bao gồm hàm thành viên dạng hình thang (trapezoidal membership function), hàm thành viên dạng hình tam giác (triangle membership function), hàm thành viên dạng Z (sigmoidal Z-shape) và hàm thành viên dạng S (sigmoidal S-shape) với công thức tính như sau:

hàm thành viên dạng hình thang (trapmf):

$$\mu_{Trapmf}(u) = \begin{cases} 0 & , \quad b \leq u \leq a \\ \frac{u-a}{c-a} & , \quad a < u < c \\ 1 & , \quad c \leq u \leq d \\ \frac{b-u}{b-d} & , \quad d < u < b \end{cases}$$

trong đó u là tham số đầu vào, a, b, c, d là các tham số ngưỡng của hàm trapmf;

hàm thành viên dạng S (smf):

$$\mu_{smf}(u) = \begin{cases} 0 & , & u \leq a \\ 2 \left(\frac{u-a}{b-a} \right)^2 & , & u < a \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{u-b}{b-a} \right)^2 & , & \frac{a+b}{2} < u < b \\ 1 & , & u \geq b \end{cases}$$

trong đó u là tham số đầu vào, a, b là các tham số ngưỡng của hàm smf;

hàm thành viên dạng Z (zmf):

$$\mu_{zmf}(u) = \begin{cases} 1 & , & u \leq a \\ 1 - 2 \left(\frac{u-a}{b-a} \right)^2 & , & u < a \leq \frac{a+b}{2} \\ 2 \left(\frac{u-b}{b-a} \right)^2 & , & \frac{a+b}{2} < u < b \\ 0 & , & u \geq b \end{cases}$$

trong đó u là tham số đầu vào, a, b là các tham số ngưỡng của hàm zmf;

hàm thành viên dạng hình tam giác (trimf):

$$\mu_{Trimf}(u) = \begin{cases} 0 & , & b \leq u \leq a \\ \frac{u-a}{c-a} & , & a < u < c \\ 1 & , & u = c \\ \frac{b-u}{b-c} & , & c < u < b \end{cases}$$

trong đó u là tham số đầu vào, a, b, c là các tham số ngưỡng của hàm trimf;

trong sáng chế, khoảng giá trị, hàm thuộc và mức rời rạc của các tham số này như bảng 1 sẽ cho kết quả tốt:

bảng 2: các tham số và phân mức rời rạc

tham số	giá trị	mức rời rạc	sử dụng hàm thành viên
khoảng cách tiếp cận gần nhất - CPA (km)	[0,10]	rất gần	zmf(2;3)
		gần	trapmf(2;3;5;6)
		trung bình	trapmf(5;6;8;9)
		xa	smf(8;9)
thời gian tiếp cận - TBH	[0,500]	rất ngắn	zmf(60;100)
		ngắn	trapmf(60;100;180;250)
		trung bình	trapmf(180;250;400;430)

tham số	giá trị	mức rời rạc	sử dụng hàm thành viên
(s)		dài	smf(400;430)
vận tốc (speed) (m/s)	[0,600]	rất nhanh	smf(410;470)
		nhanh	trapmf(220;280;410;470)
		trung bình	trapmf(60;120;220;280)
		chậm	zmf(60;120)
độ cao (altitude) (m)	[0,15000]	rất cao	smf(10000;12000)
		cao	trapmf(6000;8000;10000;12000)
		trung bình	trapmf(1000;3000;6000;8000)
		thấp	zmf(1000;3000)
số lượng (quantity) (chiếc)	[1,15]	rất nhiều	smf(5;6)
		nhiều	trapmf(2;3;5;6)
		trung bình	trimf(1;2;3)
		ít	trimf(0;1;2)
nhận diện địch - ta (IFF)	1,2	loại khác	trimf(0;1;2)
		địch	trimf(1;2;3)
kiểu loại mục tiêu (type)	[0, 15]	tiêm kích	trimf(0;1;2)
		ném bom	trimf(1;2;3)
		trục thăng	trimf(2;3;4)
		vận tải	trimf(3;4;5)
		tiếp dầu	trimf(4;5;6)
		trình sát	trimf(5;6;7)
		tác chiến điện tử	trimf(6;7;8)
		chỉ huy trên không	trimf(7;8;9)
		huấn luyện	trimf(8;9;10)
		ném bom chiến lược	trimf(9;10;11)
		tên lửa hành trình	trimf(10;11;12)
		tên lửa đạn đạo	trimf(11;12;13)
		không người lái	trimf(12;13;14)
		khinh khí cầu	trimf(13;14;15)
		hàng không dân dụng	trimf(14;15;16)
		không xác định	trimf(15;16;17)
mức độ hiểm họa (threat)	[0,1]	rất cao	smf(0.7;0.8)
		cao	trapmf(0.4;0.5;0.7;0.8)
		trung bình	trapmf(0.1;0.3;0.4;0.5)
		thấp	zmf(0.1;0.3)

xây dựng cơ sở luật mờ: đây là bước xây dựng hệ luật dựa trên các tham số đầu vào, là tập các luật mờ NẾU-THÌ (IF-THEN) biểu diễn tập các phát biểu hay quy tắc mà con người có thể hiểu được, mô tả hành vi hệ thống; mỗi luật mờ sẽ được biểu diễn tổng quát như sau:

$$IF (x_1 \text{ is } P_1^i) \text{ AND } \dots \text{ AND } (x_n \text{ is } P_n^i) \text{ THEN } y \text{ is } T^j \quad (w_r)$$

trong đó P_1^i và T^j lần lượt là các giá trị ngôn ngữ được định nghĩa trên các biến đầu vào và đầu ra mô hình; phần giả thuyết của luật được hình thành từ sự giao nhau giữa các phát biểu dạng ngôn ngữ, x_1 is P_1^i ; tương ứng với mỗi luật ta có một trọng số (weight) w_i đại diện cho mức độ tin cậy hay độ ảnh hưởng của luật trong cơ sở luật;

trong sáng chế này, cơ sở luật và trọng số tương ứng được xây dựng như như bảng 2 sẽ cho kết quả tốt:

bảng 2: bộ cơ sở luật và trọng số

stt	nếu (if)	thì (then) mức độ hiểm họa=	trọng số
1	altitude=rất cao	rất cao	1,0
2	altitude= cao	cao	1,0
3	altitude=trung bình	trung bình	1,0
4	Altitude=thấp	thấp	1,0
5	cpa=Rất gần	rất cao	1,0
6	cpa=gần	cao	1,0
7	cpa=trung bình AND type=NOT chỉ huy trên không	trung bình	1,0
8	cpa=xa AND type=NOT chỉ huy trên không	thấp	1,0
9	tbh=rất ngắn	rất cao	3,0
10	tbh=ngắn	cao	3,0
11	tbh=trung bình	trung bình	3,0
12	tbh=dài AND type=NOT chỉ huy trên không	thấp	3,0
13	iff=định	rất cao	1,0
14	iff=không xác định	trung bình	1,0
15	Quantity <=2	trung bình	1,0
16	quantity > 2 && quantity < 5	cao	1,5
17	quantity >= 5	rất cao	2,0
18	type=tiêm kích	cao	1,0
19	type=ném bom	rất cao	1,0
20	type=trục thẳng	trung bình	1,0
21	type=vận tải	thấp	1,0
22	type=tiếp dầu	thấp	1,0
23	type=trình sát	cao	2,0
24	type=tác chiến điện tử	cao	1,0
25	type=chỉ huy trên không	rất cao	10,0
26	type=huấn luyện	thấp	1,0
27	type=ném bom chiến lược	rất cao	2,0
28	type=tên lửa hành trình	cao	1,0
29	type=tên lửa đạn đạo	cao	1,0
30	type=không người lái	trung bình	1,0
31	type=khinh khí cầu	thấp	1,0
32	type=hàng không dân dụng	thấp	1,0
33	type=unknown	trung bình	1,0

stt	nếu (if)	thì (then) mức độ hiểm họa=	trọng số
34	speed=trung bình AND altitude=rất cao AND Quantity=3 AND type= ném bom	rất cao	2,0
35	speed=trung bình AND altitude=cao AND quantity=3 AND type=ném bom chiến lược	rất cao	3,0
36	speed=rất nhanh AND altitude=rất cao AND quantity=1 AND type=trinh sát	rất cao	1,0
37	speed=chậm AND altitude=thấp AND type=tên lửa hành trình	cao	1,0

bước 2: xây dựng giao diện mờ hóa (fuzzification);

tại bước này, thực hiện đưa các giá trị tham số đặc trưng của mục tiêu sẽ đi qua bộ cơ sở tri thức mờ đã được xây dựng tại bước 1 để thực hiện chuyển đổi các đầu vào dạng định lượng thành các phân mức rời rạc định tính dạng ngôn ngữ; kết thúc bước 2 sẽ nhận được tất cả đánh giá dạng định tính cho từng loại tham số đầu vào của mục tiêu;

bước 3: suy diễn mờ;

đây là bước tổng hợp các đánh giá dạng định tính của các tham số nhận được tại bước 2 thành đánh giá tổng quát cho mục tiêu dựa trên các toán tử mờ;

với mỗi luật, mô hình thu được ở phần kết luận là một tập mờ (suy diễn được hình thành từ hàm thuộc của giá trị ngôn ngữ phần kết luận kết hợp với giá trị định lượng của phần giả thiết mỗi luật); sau đó, các tập mờ này được kết hợp với nhau thông qua các toán tử mờ;

trong sáng chế sử dụng phép toán tích (product) cho toán tử hội mờ và toán tử kéo theo mờ, còn với toán tử hợp mờ sử dụng kiểu loại tổng (sum); các toán tử này có thể đảm bảo tất cả tham số đầu vào của đối tượng đều được đóng góp với trọng số nhất định cho kết quả đầu ra, công thức các toán tử như sau:

toán tử hội mờ với phép toán tích được tính theo công thức tính sau:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y)$$

toán tử kéo theo mờ với phép toán tích được tính theo công thức tính sau:

$$\mu_{A \Rightarrow B}(x) = \mu_A(x) \Rightarrow \mu_B(y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y)$$

toán tử hợp mờ với phép toán tổng được tính theo công thức tính sau:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(y) = \mu_A(x) + \mu_B(y)$$

trong đó, $\mu_A(x)$ là hàm thuộc của tham số đầu vào x , thể hiện độ thuộc của phần tử x thuộc về tập mờ A , $\mu_B(y)$ là hàm thuộc của tham số đầu vào y , thể hiện độ thuộc của phần tử y thuộc về tập mờ B ;

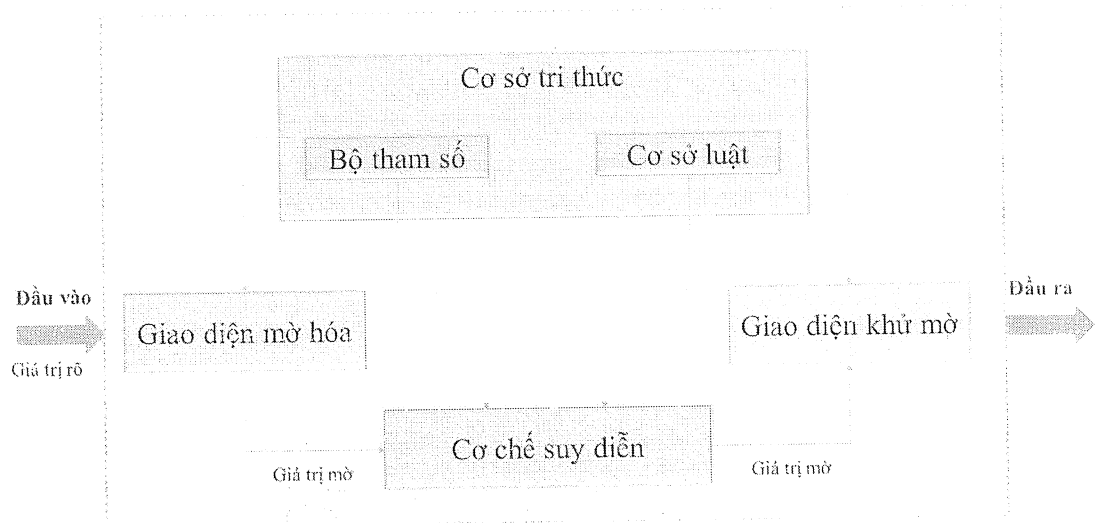
kết thúc bước 3, sẽ nhận được các đánh giá mức độ hiểm họa chung cho tất cả tham số của mục tiêu bay với các % trên các mức độ đánh giá khác nhau (thấp, trung bình, cao, rất cao);

bước 4: thực hiện khử mờ (defuzzification);

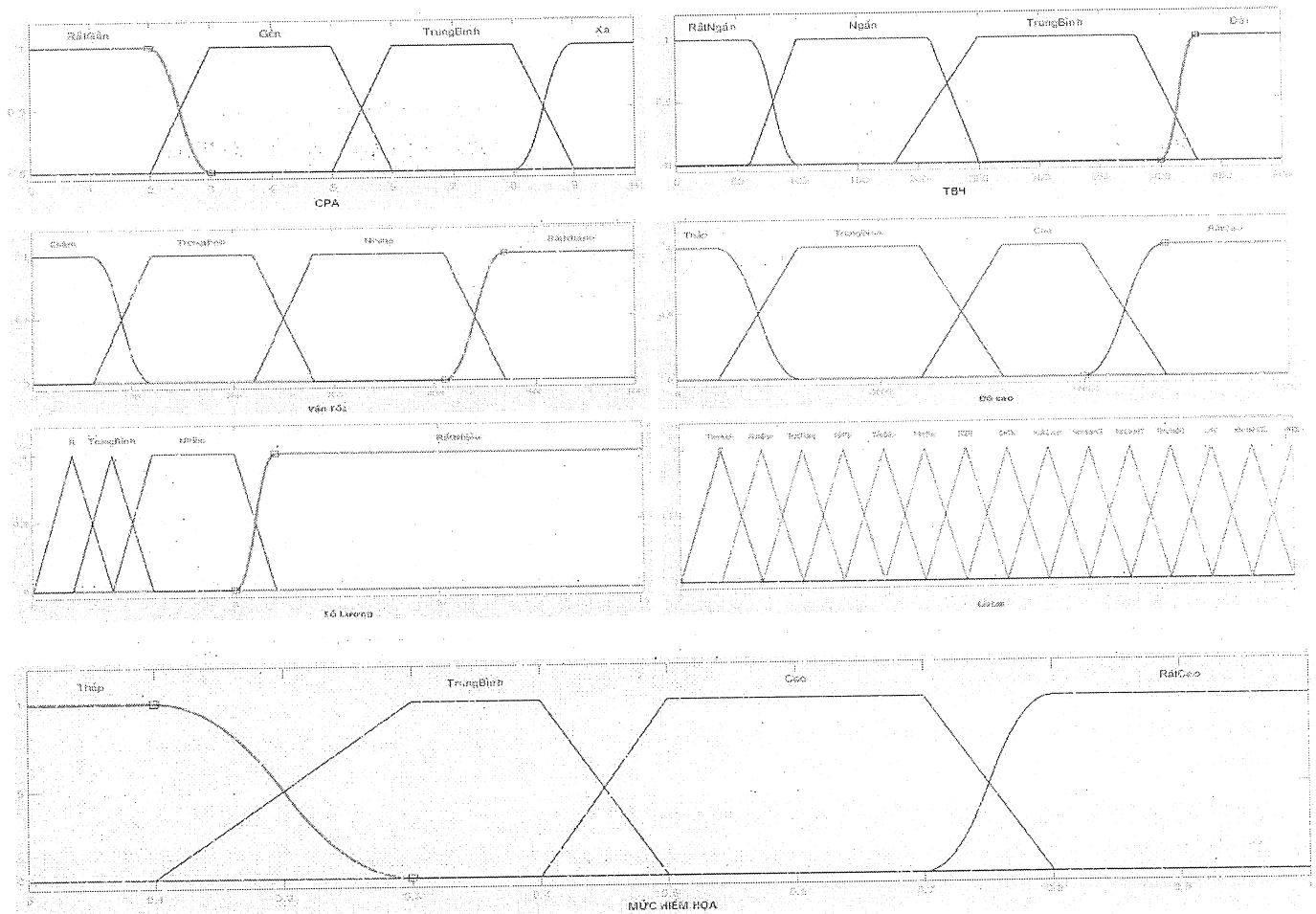
tại bước này, thực hiện chuyển đổi kết quả suy diễn mờ thành giá trị định lượng của đầu ra; bước này sử dụng các kỹ thuật khử mờ khác nhau, gồm phương pháp cực đại trung bình (average maximum), phương pháp cực đại trung bình có trọng số, phương pháp trọng tâm; tuy nhiên, phổ biến nhất là phương pháp xác định trọng tâm (centroid); trong đó, sáng chế lựa chọn phương pháp xác định trọng tâm được sử dụng để khử mờ sẽ cho ra kết quả tốt và ổn định nhất, giá trị định lượng của biến đầu ra được tính toán bằng cách tìm giá trị trọng tâm hàm thuộc của giá trị mờ như sau:

$$\bar{x} = \frac{\int x \cdot \mu_A(x) dx}{\int \mu_A(x) dx}$$

trong đó x là tham số đầu vào, $\mu_A(x)$ là hàm thuộc của tham số đầu vào x .



Hình 1



Hình 2