MÔ HÌNH TOÁN PHÂN CHIA TÊN LỬA ĐỐI HẢI KHI THỰC HIỆN TIẾN CÔNG ĐỒNG THỜI NHIỀU MỤC TIÊU

Phạm Quang Hiếu*, Trần Tuấn Đôn

Tóm tắt: *Bài báo giới thiệu phương pháp xây dựng mô hình toán phân chia Mục tiêu – Tên lửa đối hải khi tiến công đồng thời nhiều mục tiêu và thực hiện mô phỏng để minh chứng cho tính khả thi của mô hình đã xây dựng.*

Từ khóa: Tên lửa đối hải; Phân chia tên lửa; Phân chia mục tiêu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự cải tiến của hệ thống phòng không và khả năng đánh chặn tên lửa trên các tàu chiến tác động không nhỏ đến chiến thuật sử dụng đòn đánh tên lửa đối hải. Hiện nay, các tàu mặt nước chiến đấu hiện đại của Hải quân đều được trang bị các hệ thống vũ khí phòng không có khả năng đánh trả hiệu quả các cuộc tiến công đường không của đối phương, đặc biệt, đối với đội hình tàu (nhóm tàu) thì hiệu quả sử dụng vũ khí phòng không chống trả tên lửa đối hải (TLĐH) rất cao. Để tăng khả năng trúng mục tiêu của TLĐH, thì tiến công đồng thời nhiều TLĐH vào nhiều mục tiêu là một phương pháp chiến thuật có hiệu quả [1-3]. Để thực hiện chiến thuật này, một trong những bài toán quan trọng là tính toán phân chia và chỉ định chính xác đơn vị hỏa lựa nào tiến công mục tiêu nào vào thời điểm nào (phân chia và chỉ định hỏa lực), có nghĩa là tính toán, triển khai lực lượng hợp lý để đạt được xác xuất sát thương mục tiêu lớn nhất [1, 2]. Bài toán này đã được triển khai trong hệ thống chỉ huy bắn của các tổ hợp TLĐH hiện đại (hệ thống БИУС trên tàu, hệ thống АРМ trên xe МБУ). Tuy nhiên, do yếu tố bí mật nên mô hình toán và các thuật toán giải bài toán này không được công bố công khai trong các tài liệu chuyển giao. Vì vậy, nghiên cứu xây dựng mô hình toán phân chia mục tiêu – tên lửa đối hải khi tiến công đồng thời nhiều mục tiêu là vấn đề có ý nghĩa thực tiễn, là cơ sở cho nghiên cứu chuyên sâu trong khai thác, làm chủ vũ khí trang bị hiện đại, và ứng dụng công nghệ vào xây dựng các mô đun hỗ trợ cho công tác của người chỉ huy trong hoạt động tác chiến.

Từ lý luận chiến thuật tiến công đồng thời, bài báo phân tích các ràng buộc đối với mục tiêu mà TLĐH tiến công, các tiêu chí phân chia và sự tiến công phối hợp từ nhiều vị trí hỏa lực, trên cơ sở đó xây dựng mô hình phân chia và chỉ định hỏa lực, đây là cơ sở để giải bài toán bố trí vị trí phóng tên lửa và phân chia hỏa lực trong các hệ thống chỉ huy bắn tên lửa.

2. MÔ HÌNH TOÁN PHÂN CHIA MỤC TIÊU - TÊN LỬA

Xét một hình thái tác chiến gồm có A đơn vị phóng tên lửa (các tàu tên lửa, hoặc xe bệ phóng tự hành) được bố trí ở các vị trí hỏa lực khác nhau để tiến công đồng thời N mục tiêu (tàu). Nếu mỗi đơn vị hỏa lực được trang bị m_a tên lửa thì tổng số tên lửa sử dụng để tiến công là:

$$M = \sum_{a=1}^{A} m_a, M \geq N \tag{1}$$

Việc chỉ định Tên lửa - Mục tiêu được thực hiện theo ma trận [1]:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{\mathrm{M1}} & x_{\mathrm{M1}} & \cdots & x_{MN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Trong đó: $x_{ij} = 1$ tương ứng với tên lửa thứ *i* được chỉ định tiến công mục tiêu thứ *j*; $x_{ij} = 0$ tương ứng với tên lửa thứ *i* không được chỉ định. Như vậy, số lượng tên lửa tối thiểu được chỉ định cho mỗi mục tiêu là L_1^j và số lượng tên lửa tối đa được chỉ định cho mỗi mục tiêu là L_2^j.

Ma trận tiêu thụ bắn *C* và ma trận lợi nhuận bắn *B* của mỗi đơn vị hỏa lực tiến công mỗi mục tiêu có dạng [1]:

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m1} & \cdots & c_{mn} \end{bmatrix};\ B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m1} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Trong đó c_{ij} và b_{ij} tương ứng là tiêu thụ bắn và lợi nhuận bắn mà tên lửa thứ *i* tấn công mục tiêu *j*.

Nếu coi S_b là tổng lợi nhuận bắn và S_c là tổng tiêu thụ bắn, thì bài toán đặt ra là tính toán được ma trận phân chia tên lửa – mục tiêu (2) thỏa mãn yêu cầu: tổng lợi nhuận bắn S_b là lớn nhất và tổng tiêu thụ bắn S_c là nhỏ nhất, đồng thời số lượng tên lửa đối hải tiêu thụ (số tên lửa được chỉ định bắn) phải thỏa mãn điều kiện $L_1^j \le \sum_{i=1}^{M} x_{\mathrm{ij}} \le L_2^j;\ j = 1, 2, ..., N$.

Có nghĩa, ma trận X thỏa mãn điều kiện:

$$J = \begin{cases} MaxS_b = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} b_{ij}x_{ij} \\ MinS_c = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{MN} c_{ij}x_{ij} \\ L_1^j \le \sum_{i=1}^{M} x_{\mathrm{ij}} \le L_2^j;\ j = 1, 2, ..., N \end{cases} \quad (4)$$

Từ biểu thức (4) nhận thấy, để thực hiện phân chia Tên lửa - Mục tiêu (xác định ma trận X) cần phải xác định được mức độ lợi thế khi bắn, điều kiện ràng buộc về hỏa lực và chỉ tiêu chất lượng.

a) Mức độ lợi thế khi bắn

Mức độ lợi thế khi bắn được xác định thông qua ma trận *B* trên cơ sở các yếu tố: khả năng gây thiệt hại cho mục tiêu của đơn vị hỏa lực khi tiến công; mức độ nguy hiểm của mục tiêu; tỉ lệ giữa hiệu suất bắn và tiêu hao bắn; tốc độ bắn.

- Khả năng gây thiệt hại cho mục tiêu của đơn vị hỏa lực, được đặc trưng bởi giá trị xác xuất sát thương mục tiêu của một TLĐH [1]:

$$P = 1 - \left[1 - \frac{P_0}{\omega} Q_{pk}(M)\right]^M \quad (5)$$

$$P_0 = P_{ch}.P_b.P_{td}, Q_{kt}$$

Trong đó: P_0 là xác suất trúng mục tiêu của tên lửa khi không tính đến khả năng phòng không của mục tiêu; P_b là xác xuất tên lửa bắt đúng mục tiêu chỉ định; P_{ch} là xác suất tên lửa chọn đúng mục tiêu chỉ định; P_{td} là xác xuất tên lửa được dẫn trúng mục tiêu chỉ định; Q_{kt} xác xuất tên lửa không bị hỏng trong quá trình bay đến mục tiêu; Q_{pk} là các suất tên lửa không bị đánh chặn bởi hỏa lực phòng không của đối phương.

- Mức độ nguy hiểm của mục tiêu (γ) là một biến phản ánh giá trị định lượng trên cơ sở kiểu (loại) mục tiêu, được biểu diễn bằng một giá trị từ 0 đến 1.

- Tỉ lệ giữa hiệu suất và giá trị tiêu hao bắn được xác định theo biểu thức:

$$e_{ij} = \frac{e_j}{e_j + e_i} \quad (6)$$

Trong đó: e_j là giá trị của tàu thứ *j* và e_i là giá trị của tên lửa thứ *i*.

- Tốc độ bắn là chỉ số đặc trưng cho thời gian được xác định để hoàn thành nhiệm vụ bắn. Giả sử T_{ij} là thời gian bắn mà tên lửa thứ *i* tấn công tàu thứ *j*, thì tốc độ bắn $\dot{T}_{ij}$ được xác định theo biểu thức:

$$\dot{T}_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_{i=1}^{M} T_{ij}} \quad (7)$$

Từ các chỉ số trên thì giá trị b_{ij} của ma trận *B* được xác định như sau:

$$b_{ij} = \begin{bmatrix} w_p & w_\gamma & w_e & w_{\dot{T}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_i & \gamma_j & e_{ij} & \dot{T}_{ij} \end{bmatrix}^T \quad (8)$$

Trong đó: $\begin{bmatrix} w_p & w_\gamma & w_e & w_{\dot{T}} \end{bmatrix}$ là véc tơ trọng số tương ứng theo các chỉ số đánh giá P, γ, e_{ij} và $\dot{T}_{ij}$.

b) Điều kiện ràng buộc về hỏa lực và chỉ tiêu chất lượng

Theo tính năng kỹ thuật và chiến thuật sử dụng TLĐH, khi tổ chức tiến công đồng thời các mục tiêu, thì cần xét đến điều kiện ràng buộc và chỉ tiêu chất lượng trên cơ sở các yếu tố sau:

- Quỹ đạo bay của tên lửa phải đáp ứng được các ràng buộc về hiệu suất riêng của tên lửa gồm: cự ly bay d_{bi}, bán kính quay vòng R_i,... Trong đó, quỹ đạo bay phải có cự ngắn và giảm thiểu việc chuyển hướng quỹ đạo để giảm sai số tản mát của tên lửa và tăng khả năng bắt mục tiêu của tên lửa.

- Các vị trí hỏa lực phải thỏa mãn điều kiện: tên lửa từ các đơn vị phóng khác nhau được phóng ra không cùng một thời điểm, với quỹ đạo bay khác nhau, nhưng đến mục tiêu tại cùng một thời điểm.

- Để tiến công mục tiêu trên toàn bộ góc phương vị và hướng tiến công, nên phân chia số lượng tên lửa càng nhiều càng tốt và tiến công từ các hướng khác nhau trong một đòn

đánh, đồng thời hướng tiến công của các tên lửa không được cắt nhau.

- Đối với cùng một đơn vị hỏa lực, cần có một khoảng thời gian để chuyển tiến công từ mục tiêu này sang mục tiêu khác, do vậy, cần tính đến thời gian chuẩn bị trước cho hai loạt phóng tên lửa.

Như vậy, từ mô hình (4) và các điều kiện ràng buộc trên có thể áp dụng công cụ toán để xác định ma trận phân chia Tên lửa – Mục tiêu (2) thỏa mãn hàm chỉ tiêu chất lượng *J*.

3. THUẬT TOÁN PHÂN CHIA TÊN LỬA - MỤC TIÊU

Từ các mô hình (4) và phân tích trên, thuật toán phân chia Tên lửa - Mục tiêu khi tiến công đồng thời các mục tiêu được thực hiện theo các bước sau:

a) Bước 1:

- Căn cứ vào tình hình, thực hiện phân chia ban đầu, xác định số lượng tên lửa chỉ định bắn cho từng mục tiêu, xác định tham số bắn cho từng tên lửa gồm: thời gian tự bay và hướng tiến công tương ứng.

- Cập nhật ngược quả tính toán tham số bắn đã xác định để thực hiện kiểm tra tính hợp lệ và các điều kiện ràng buộc qua đó lựa chọn các các tên lửa có quỹ đạo bay phù hợp.

- Giả sử số lượng tên lửa được chỉ định phóng từ các vị trí hỏa lực khác nhau là K_a và quỹ đạo tương ứng của từng tên lửa từ điểm phóng đến điểm mở thiết bị tự dẫn là d_{ak}, khi này nhận được ma trận quỹ đạo bay có lợi là:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1K_a} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{A1} & d_{A1} & \cdots & d_{AK_a} \end{bmatrix} \tag{9}$$

b) Bước 2:

Dựa vào tính khả thi của quỹ đạo bay hiện tại và giới hạn số tên lửa được trang bị để loại bỏ các quỹ đạo không phù hợp:

- Nếu quỹ đạo tính toán không thỏa mãn các ràng buộc hoặc kế hoạch tiến công, thì phần tử của ma trận D ở vị trí tương ứng sẽ được chỉ định là không phù hợp.

- Trong quá trình tính toán nếu số lượng tên lửa của đơn vị hỏa lực thứ *a* có giá trị $m_a = 0$, thì tất cả quỹ đạo bay của tên lửa từ vị trí phóng hiện tại trong ma trận (9) được gán giá trị rỗng và cấu trúc một ma trận mới có kích thước $(A-1)\times K_a$.

c) Bước 3:

Phân loại theo mức độ nguy hiểm của mục tiêu hiện tại (dựa vào giá trị γ_j), mức độ lợi nhuận bắn của các vị trí hỏa lực khác nhau (b_{ij}) và thời gian còn lại sau khi phóng tên lửa thứ nhất T_{tr} và tổng tiêu thụ bắn S_c.

- Chọn giá trị cự ly bay tối thiểu trong ma trận *D* làm giá trị khởi tạo, sau đó thiết lập giá trị ngưỡng ΔT_{cb}, ΔS_c, ΔB. Nếu sự sai lệch về một giá trị chỉ số của hai đơn vị hỏa lực không vượt quá giá trị ngưỡng, thì không có đơn vị bắn nào có lợi thế rõ ràng về chỉ số này, khi này phải so sánh giá trị của các chỉ số khác.

- Xác định giá trị $MinS_c = \underset{i=1,...n}{Min} S_c(i)$ và tìm một tập đơn vị K_1 thỏa mãn $MinS_c < MinS_c(i) < \Delta S_c + MinS_c$.

- Tìm tập K_2 từ tập K_1 thỏa mãn ràng buộc về thời gian bắn ΔT_{tr}, nếu tập K_2 là tập rỗng thì loại bỏ tất cả các đơn vị trong tập K_1 đã tìm trước đó và lặp lại công việc cho đến khi K_2 không còn là tập rỗng. Nếu tập K_2 chỉ có duy nhất một đơn vị, thì phân chia mục tiêu cho đơn vị này. Nếu tập K_2 có nhiều hơn một đơn vị, thì thực hiện tiếp theo:

- Tính $MaxB_i, i \in K_2$ và trích xuất tập đơn vị K_3 từ tập K_2 thỏa mãn $MaxB_i - \Delta B_i < B_i < MaxB_i$. Nếu tập K_3 vẫn còn nhiều hơn một đơn vị thì lấy $MinT_{tr} = MinT_{tr}(i), i \in K_3$ và trích xuất tập đơn vị K_4 thỏa mãn $MinT_{tr} < T_{tr}(i) < \Delta T_{tr} + MinT_{tr}$. Nếu tập K_4 có nhiều hơn một đơn vị thì phân chia mục tiêu cho đơn vị trong tập K_4 có nhiều đạn tên lửa nhất.

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Xét hình thái tác chiến gồm 3 đơn vị hỏa lực (gồm 3 tàu, kí hiệu là 2, 1, 3), số tên lửa đối hải trang bị trên mỗi tàu tương ứng là 16, 8, 16, vận động đội hình hàng ngang (tàu số 1 vận động giữa đội hình), chiếm lĩnh vị trí hỏa lực để thực hiện đòn tiến công tên lửa vào 3 mục tiêu (1, 2, 3) gồm 2 tàu hộ vệ (1,3) và 01 tàu đổ bộ (2) đang vận động theo đội hình chữ V, ở cự ly tương ứng theo kế hoạch (bảng 1), giãn cách giữa hai tên lửa được chỉ định phóng trên cùng một đơn vị hỏa lực không nhỏ hơn 3s. Theo tính toán ban đầu nếu sử dụng 26 tên lửa sẽ gây tổn thất nặng nề cho đối phương.

Bảng 1. *Tham số cự ly từ vị trí hỏa lực đến mục tiêu.*

Đơn vị hỏa lực	**Cự ly đến mục tiêu (km)**		
	Mục tiêu 1	**Mục tiêu 2**	**Mục tiêu 3**
1	85	88	85
2	80	90	88
3	92	93	80

Kết quả phân chia trên cơ sở mô hình và thuật giải đề xuất được thống kê trong bảng 2.

Bảng 2. *Kết quả phân chia Tên lửa - Mục tiêu.*

A	**Số tên lửa chỉ định**	**Mục tiêu chỉ định**	**Mức độ lợi thế khi bắn**	**Cự ly bắn** *(km)*	**Thời gian còn lại sau khi bắn tên lửa đầu** *(s)*
Phương án 1					
3	5	2	0,40	93	332
2	4	2	0,40	90	-11
1	6	2	0.40	88	-18
2	6	1	0.61	80	-31
3	5	3	0,61	80	-32
Phương án 2					
1	6	2	0.46	88	314
1	1	1	0,59	85	-11
1	1	3	0,59	85	-14
2	9	1	0.59	80	-29
3	9	3	0.59	80	-29

Phương án 3					
1	2	2	0,52	88	314
1	2	1	0,52	85	-11
1	2	3	0,52	85	-14
2	10	1	0,52	80	-29
3	10	1	0,52	80	-29

Từ kết quả phân chia nhận thấy: trên cùng một đơn vị bắn có thể chỉ định tên lửa cho nhiều mục tiêu, đảm bảo tiến công mục tiêu trên nhiều hướng và các hướng tiến công không cắt nhau. Đồng thời, có thể lựa chọn phương án phân chia để đảm bảo theo yêu cầu nhiệm vụ. Trên cơ sở phương án phân chia có thể xác định được thời điểm chuẩn bị và phóng tên lửa cho từng đơn vị hỏa lực đảm bảo tiến công các mục tiêu đồng thời.

5. KẾT LUẬN

Chỉ định mục tiêu - tên lửa là tổ hợp các bài toán tối ưu, phù hợp với ý định chiến thuật tiến công đồng thời, bài báo phân tích các nguyên tắc cơ bản của bài toán xác định nhiệm vụ bay cho tên lửa đối hải, tiêu chuẩn phân chia tối ưu và phối hợp tiến công mục tiêu từ nhiều vị trí hỏa lực, đề xuất mô hình toán phân chia tên lửa - mục tiêu khi tiến công đồng thời nhiều mục tiêu từ nhiều đơn vị phóng. Thực hiện mô phỏng một hình thái tác chiến giả định, kết quả cho thấy, mô hình đề xuất phù hợp với thực tế chiến thuật sử dụng đòn đánh tên lửa với nhiều ràng buộc, có thể áp dụng thuật toán thông minh để giải quyết bài toán trong thời gian rất ngắn (cho kết quả ngay tức thì sau khi tiếp nhận các dữ liệu ban đầu với cấu hình máy tính vừa phải), đáp ứng nhu cầu thời gian thực, hỗ trợ nhanh cho người chỉ huy ra quyết định thực hiện đòn đánh tên lửa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phạm Quang Hiếu, *"Sử dụng chiến đấu tên lửa đối hải"*, Học viện Hải quân, 2013.

[2]. Hồ Quang Đạo, *"Chiến thuật tàu tên lửa"*, Học viện Hải quân, 1999.

[3]. Kan Ya-bin, Shi Jian-fei, *"Research on Anti-ship Missile Route Program Tactical Decision"*, Journal of the Academy of Equipment Command & Technology, 2005.

ABSTRACT

DISTRIBUTION MATHEMATICAL MODEL FOR ANTI-SHIP MISSILES ATTACKING MULTIPLE TARGETS SIMULTANEOUSLY

The saturation attack is an important tactical method in hight tech war to increase the penetration prbability of missile, so building a mathetical model of the Target – Missile assignment problem in saturation attack to multi-target is necessary. It is basic for solving the prolem of missile launch position diposition and fire distribution. The article prensents a building method the mathetical model of the Target – Missile assignment problem and simulation to prove to practicability of the model.

Keywords: System synthesis; Flight vehicle control; Flight vehicle.

Nhận bài ngày 23 tháng 8 năm 2021
Hoàn thiện ngày 17 tháng 9 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 24 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: Khoa Tên lửa - Pháo tàu, Học viện Hải quân, 30 Trần Phú, Nha Trang, Khánh Hòa.
*Email: hieu.phamquang@gmail.com.