

Nghiên cứu đánh giá hiệu quả bắn của đại đội pháo phòng không 37mm-2N GLLADS

Nguyễn Văn Vũ^{1*}, Phùng Chí Kiên¹, Nguyễn Đình Nguyễn²

¹Viện Tự động hóa KTQS/Viện KH-CN quân sự;

²Trường Sĩ quan Phòng hóa/Bộ Tư lệnh Hóa học.

*Email: nguyenvanvu.ru@gmail.com

Nhận bài: 15/7/2022; Hoàn thiện: 18/8/2022; Chấp nhận đăng: 18/8/2022; Xuất bản: 28/10/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.82.2022.40-49>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một phương pháp tính toán điểm chạm mục tiêu trên cơ sở xác định quỹ đạo bắn đón và quy luật tản mát của đạn pháo phòng không không điều khiển. Với phương pháp này, không cần nhập nhiều dữ liệu rời rạc từ bảng bắn như phương pháp truyền thống mà vẫn mô phỏng được đầy đủ các tình huống huấn luyện, phù hợp với các ứng dụng số của đại đội pháo phòng không 37mm-2N GLLADS hiện nay (PPK 37mm-2N). Phương pháp mô phỏng được đảm bảo toán học chặt chẽ, được kiểm chứng trên Matlab và thử nghiệm thực tế. Phần mềm mô phỏng huấn luyện và đánh giá hiệu quả bắn của PPK 37mm-2N cung cấp công cụ trực quan, giúp đánh giá huấn luyện sử dụng khí tài thực tế tại đơn vị.

Từ khoá: Mô phỏng; Huấn luyện; GLLADS.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, trên thế giới, công nghệ mô phỏng là phương tiện quan trọng trong hoạt động huấn luyện, đào tạo, nghiên cứu, chế thử các loại vũ khí trang bị,... Đại đội PPK 37mm-2N GLLADS là sản phẩm tiên tiến trong nước sử dụng khí tài quang điện tử để định vị mục tiêu, hiện đang được nghiên cứu mô phỏng với mục đích huấn luyện cán bộ chiến sĩ làm quen nhanh với khí tài mới, qua đó giúp đánh giá công tác huấn luyện bộ đội mà không cần triển khai diễn tập phức tạp.

Trong [1], hệ thống mô phỏng mục tiêu bay cho cPPK 37mm-2N đã được xây dựng, nhưng chưa có khả năng mô phỏng đánh giá kết quả bắn của đại đội pháo. Một số nghiên cứu về mô phỏng sự ảnh hưởng của kết cấu một số loại đạn pháo đến quỹ đạo đường đạn [4, 6]; nghiên cứu mô phỏng quy luật tản mát đạn [5] cũng đã được công bố, tuy nhiên, các nghiên cứu đó đều thực hiện theo hướng mô phỏng chế thử, kiểm nghiệm và được xây dựng trong môi trường phần mềm ứng dụng sẵn có, không có khả năng tích hợp chạy trên các thiết bị nhúng. Mặt khác, kết quả nghiên cứu chỉ hướng tới một số loại đạn pháo nhất định, không hướng tới đối tượng PPK 37mm, vốn đang được trang bị số lượng lớn trong nước. Đối với PPK 37mm-2N, cũng đã có nhiều công trình nghiên cứu liên quan, nhưng đa phần dựa trên lý thuyết bảng bắn, lấy đó làm cơ sở tính toán. Các phương pháp này có ưu điểm là dễ thực hiện nhưng phải nhập nhiều dữ liệu rời rạc, không thuận tiện khi xây dựng thuật toán tính toán đường đạn và không đầy đủ các khoảng giá trị.

Bài báo trình bày một phương pháp mô phỏng huấn luyện trên cơ sở xây dựng mô hình toán học cho bài toán bắn đón mục tiêu và vùng tản mát đạn. Từ đó, ứng dụng công nghệ mô phỏng 3D để xây dựng các tình huống diễn tập xạ kích, tích hợp trong phần mềm mô phỏng huấn luyện và đánh giá hiệu quả bắn của PPK 37mm-2N.

2. MÔ HÌNH TOÁN VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI QUYẾT

Hiệu quả bắn PPK phụ thuộc vào nhiều yếu tố, về mặt lý thuyết bắn, hiệu quả bắn chủ yếu là phụ thuộc vào sai số phần tử bắn và độ tản mát đạn bắn. Trong đó, sai số phần tử bắn là yếu tố chủ quan, bị tác động trực tiếp bởi yếu lĩnh, động tác bám bắt mục tiêu và chọn thời điểm khai

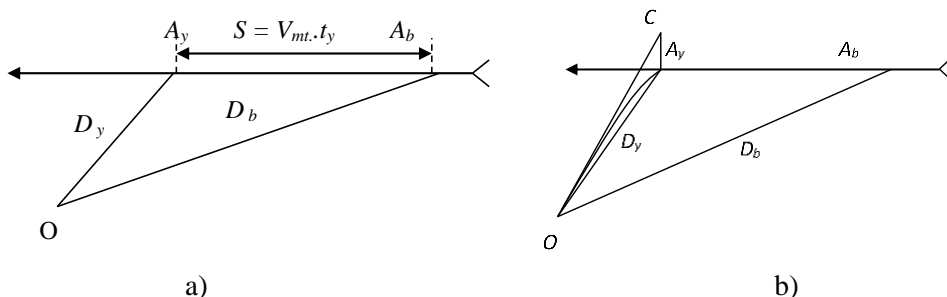
hóa của sỹ quan điều khiển, còn độ tán mát đạn bắn là yếu tố khách quan, đặc trưng bởi sai số ngẫu nhiên tọa độ điểm rơi của đạn.

2.1. Sai số phần tử bắn

Pháo phòng không bắn đạn không điều khiển nên muốn bắn trúng mục tiêu di chuyển thì phải bắn đón vào một điểm ở phía trước, trên đường mục tiêu sẽ bay qua, sao cho đạn và mục tiêu gặp nhau ở một điểm. Để giải quyết bài toán mô phỏng xạ kích mục tiêu cần phải giải quyết hai bài toán sau:

2.1.1. Xác định điểm bắn đón

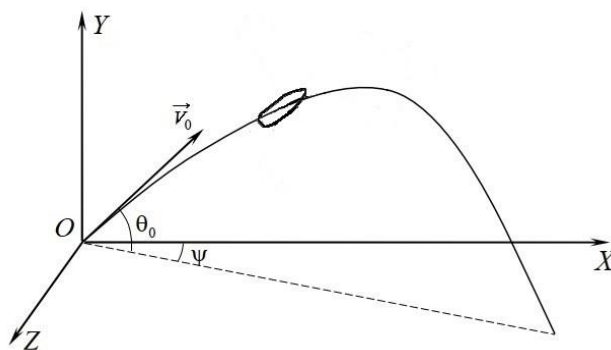
Giả thiết đặt ra là trong hệ tọa độ Descartes với gốc tọa độ O , mục tiêu đang ở vị trí hiện tại là điểm A_b và bay theo quỹ đạo đường thẳng với tốc độ, hướng bay, độ cao không đổi. Muốn đạn trúng mục tiêu phải căn cứ vào phương, chiều, tốc độ vận động và cự ly mục tiêu để bắn vào một điểm A_y ở phía trước đường bay của mục tiêu, sao cho cùng thời gian t_y đạn gặp mục tiêu ở A_y cách A_b một đoạn $S = V_{mt} \cdot t_y$. Ba điểm O, A_b, A_y tạo thành một tam giác, gọi là tam giác bắn đón (hình 1.a). Điểm A_y gọi là điểm bắn đón [2].



Hình 1. Tam giác bắn đón (a), tam giác đường đạn (b).

2.1.2. Xác định quỹ đạo đường đạn

Đầu đạn bay trong không gian chịu tác động của nhiều ngoại lực, trong đó chủ yếu là trọng lực nên có quỹ đạo đường cong. Muốn cho đạn gặp mục tiêu ở A_y phải nâng nòng pháo lên một góc phù hợp, tức là, hướng nòng pháo vào điểm C cao hơn A_y để bắn (hình 1.b). Ba điểm O, A_y, C tạo thành một tam giác gọi là tam giác đường đạn. Để xác định được điểm C , ta cần xác định được quỹ đạo đường đạn trong tọa độ không gian (hình 2).



Hình 2. Quỹ đạo đường đạn trong hệ tọa độ Descartes Oxyz.

Trong hình 2 biểu diễn véc tơ vận tốc đầu nòng của đạn \vec{V}_0 , góc bắn tà θ_0 , góc bắn phương vị ψ . Giả sử giá trị góc bắn phương vị $\psi = 0$, có hệ phương trình tổng quát mô tả chuyển động của khối tâm đạn pháo được xác định như sau:

$$\begin{cases} \frac{dV}{dt} = -a_k - g \sin \theta \\ \frac{d\theta}{dt} = -\frac{g}{V} \cos \theta \\ \frac{dy}{dt} = V \sin \theta \\ \frac{dx}{dt} = V \cos \theta. \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: V - Vận tốc đạn bay, a_k - Gia tốc do lực cản không khí, g - Gia tốc trọng trường; θ - Góc bắn tà; x, y - Tọa độ của tâm đạn trong hệ trục tọa độ mặt đất;

Lực cản không khí tác dụng lên đạn được xác định bằng phương trình khí động lực học [8]:

$$F_c = \frac{1}{2} \rho_y \cdot V^2 \cdot S \cdot C_x(M) \quad (2)$$

Với ρ_y là mật độ không khí tại độ cao y ; $S = \frac{\pi d^2}{4}$ - Tiết diện ngang của đạn, d - Cỡ đạn, q - Khối lượng đạn; $C_x(M)$ là hàm hệ số lực cản không khí phụ thuộc vào M (số Mach).

$$\Rightarrow a_k = \frac{F_c}{q} = \frac{\rho_y \cdot V^2 \cdot \pi d^2 \cdot C_x(M)}{8q} \quad (3)$$

Lực cản không khí tác dụng lên đạn còn bị ảnh hưởng bởi hình dáng, kết cấu của loại đạn. Bằng thực nghiệm người ta xác định được hệ số hình dạng đạn bằng tỉ số lực cản không khí tác dụng lên nó chia cho lực cản không khí tác dụng lên khối đạn mẫu có kích thước tiêu chuẩn. Một trong những công trình nghiên cứu thực nghiệm được ứng dụng rộng rãi trong các lý thuyết bắn đạn pháo của F.E. Dzerzhinsky [9]:

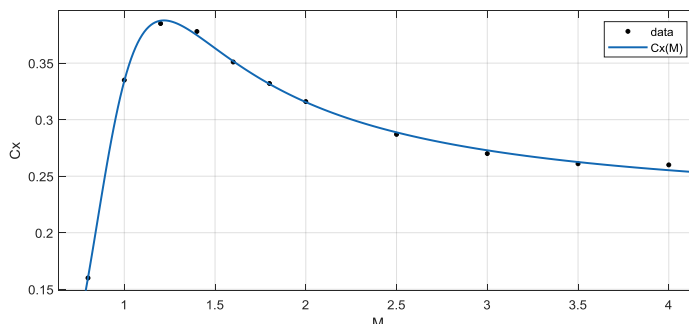
$$i = \frac{C_x(M)}{C_x(M)_{43}} \quad (4)$$

Với i là hệ số hình dạng đạn; $C_x(M)_{43}$ là hàm hệ số lực cản được xác định bằng định luật 1943. Thay (4) vào (3), tính được giá trị gia tốc a_k :

$$a_k = \frac{\pi \cdot \rho_y \cdot id^2}{8q} \cdot V^2 \cdot C_x(M)_{43}. \quad (5)$$

Các giá trị hàm số $C_x(M)_{43}$ ở dưới dạng rời rạc [9], không thể hiện được đầy đủ các giá trị theo thời gian đạn bay thực tế và khó khăn trong việc nhập dữ liệu và tính toán đường đạn của máy tính số. Để thuận tiện cho việc xây dựng thuật toán mô phỏng quỹ đạo đường đạn, ta tìm phương trình xấp xỉ hệ số lực cản không khí C_x phụ thuộc vào tham số M . Đối với khoảng giá trị $0,8M$ có thể coi như giá trị hệ số lực cản không khí không đổi $C_x(M)_{43} = 0,158$. Đối với khoảng giá trị lớn hơn $0,8M$, các giá trị C_x biến đổi phi tuyến. Sử dụng công cụ Curve Fitting trong Matlab để xác định hàm $C_x(M)_{43}$. Kết quả thu được thể hiện ở hình 3 và công thức xấp xỉ hệ số lực cản không khí (6).

$$\begin{cases} C_x(M)_{43} = 0,158, M \leq 0,8 \\ C_x(M)_{43} = \frac{0,215M^2 - 0,237M + 0,073}{M^2 - 1,7M + 0,85}, M > 0,8. \end{cases} \quad (6)$$



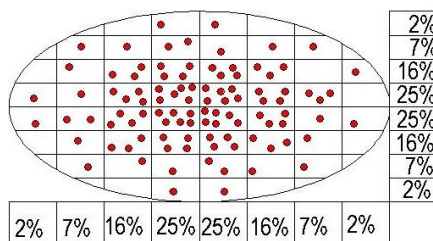
Hình 3. Đồ thị biểu diễn hệ số lực cản phụ thuộc vào tỉ số vận tốc đạn.

Như vậy, từ công thức (1), (5), (6), ta xác định được quỹ đạo đạn bay trong hệ tọa độ Oxyz và xác định được điểm ngắm bắn C tương ứng với thời gian t_y . Bản chất của sai số phân tử bắn là sai số trong tính toán tam giác bắn đón và tam giác đường đạn. Để đánh giá được sai số phân tử bắn ta xác định độ lệch đường ngắm bắn thực tế OC' so với đường ngắm bắn theo tính toán lý thuyết OC .

2.2. Độ tản mát đạn bắn

Tàn mát đạn bắn do sai số ngẫu nhiên trong quá trình bắn gây ra. Mỗi một điểm chạm của đạn trên một mặt phẳng nào đó được gọi là một phân lượng ngẫu nhiên. Quy luật phân bố của phân lượng ngẫu nhiên đặc trưng cho tàn mát điểm chạm của đạn gọi là quy luật tàn mát điểm chạm. Giả sử, quy luật này tuân theo quy luật phân bố chuẩn.

Mỗi khoảng lệch tàn mát ứng với một sai số trung gian [11], nên có hệ số phụ thuộc vào vị trí trong lưới tàn mát như hình 4.



Hình 4. Biểu diễn lưới tàn mát đạn.

Tính từ trung tâm tàn mát ra ta có:

- + Khoảng lệch thứ nhất chiếm 50% số đạn, mỗi bên 25%.
- + Khoảng lệch thứ hai chiếm 32% số đạn, mỗi bên 16%.
- + Khoảng lệch thứ ba chiếm 14% số đạn, mỗi bên 7%.
- + Khoảng lệch thứ hai chiếm 4% số đạn, mỗi bên 2%.

Hệ số tàn mát đã chỉ rõ xác suất xuất hiện số đạn ở các phạm vi. Khi xác định được hệ số tàn mát ta sẽ tính được xác suất trúng mục tiêu trên các phạm vi, bằng cách nhân xác suất của một khoảng lệch tầm và một khoảng lệch hướng với nhau. Để tính được xác suất trúng mục tiêu, thường sử dụng lưới tàn mát và bảng tàn mát của các loại pháo. Kỹ thuật xác định độ tản mát đạn bắn dựa trên phương pháp thử nghiệm thống kê. Bằng cách lặp lại các phát bắn với sự phân bố ngẫu nhiên các yếu tố ảnh hưởng đến quỹ đạo đường đạn, thu được tập hợp các điểm rơi của đạn trên mặt đất có hình dạng elip. Phương pháp này cho độ tin cậy cao khi số lượng thử nghiệm đủ lớn (rất tốn kém). Nghiên cứu này sử dụng phương pháp Monte Carlo để xác định các đại lượng đặc trưng tàn mát của đạn pháo không điều khiển bao gồm độ lệch chuẩn về tâm (σ_x) và về hướng (σ_z) theo công thức [7].

$$\begin{cases} \sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^2} \\ \sigma_z = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (z_i - m_z)^2} \end{cases} \quad (7)$$

Trong đó:

- n là số phát bắn trong một loạt bắn;
- x_i, z_i là tọa độ điểm rơi của đạn tại phát bắn thứ i ;
- m_x, m_z là tọa độ trung bình điểm rơi của đạn trong một loạt bắn.

$$m_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, m_z = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i, \quad (8)$$

Theo lý thuyết xác suất, nếu biến ngẫu nhiên x tuân theo quy luật phân phối chuẩn thì hàm phân phối xác suất có dạng:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt \quad (9)$$

Giả sử sai số trung gian về tầm là E_x và về hướng là E_z . Theo tính chất của hàm phân phối $\Phi(x)$, xác suất phân bố lượng đạn trong khoảng lệch thứ nhất (hình 4) được tính theo công thức:

$$P\left(\left|\frac{x - m_x}{\sigma_x}\right| < \frac{E_x}{\sigma_x}\right) = 2\Phi\left(\frac{E_x}{\sigma_x}\right) - 1 = \frac{1}{2} \Rightarrow \Phi\left(\frac{E_x}{\sigma_x}\right) = 0,75 \quad (10)$$

Từ (8) và (9), tính được giá trị sai số trung gian về tầm E_x ; giá trị sai số trung gian về hướng E_z cũng tính tương tự:

$$E_x = 0,675\sigma_x; \quad E_z = 0,675\sigma_z \quad (11)$$

Như vậy, dựa vào các thông số mục tiêu như kích thước, tốc độ, cự ly, độ cao, góc bắn pháo, thời gian đạn bay, sử dụng lý thuyết tán mát đạn pháo ta có thể tính được xác suất bắn trúng mục tiêu cho mỗi phát bắn và cho cả loạt bắn.

3. MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

3.1. Số liệu đầu vào

Các thông số của đạn PPK 37mm-2N và các đại lượng tiêu chuẩn sử dụng trong mô phỏng kiểm chứng được trình bày dưới bảng 1.

Bảng 1. Số liệu đầu vào mô phỏng.

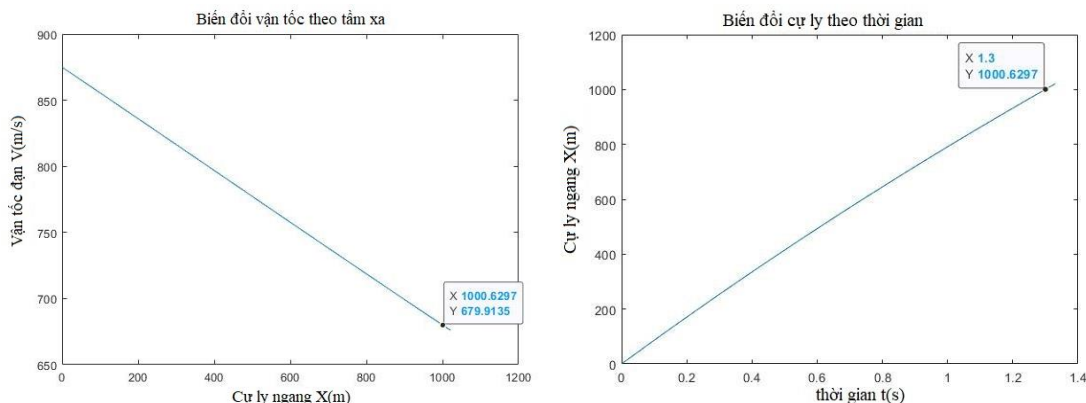
TT	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị đo	Giá trị
1	Cỡ đạn	d	mm	37
2	Trọng lượng	q	kg	0,73
3	Sơ tốc đạn	V_0	m/s	875
4	Hệ số hình dạng đạn	i	-	1,12
5	Gia tốc trọng trường	g	m/s^2	9,81
6	Mật độ không khí tại mực nước biển	ρ_0	kg/m^3	1,206
7	Vận tốc âm thanh	V_a	m/s	343,2

3.2. Kết quả tính toán, mô phỏng

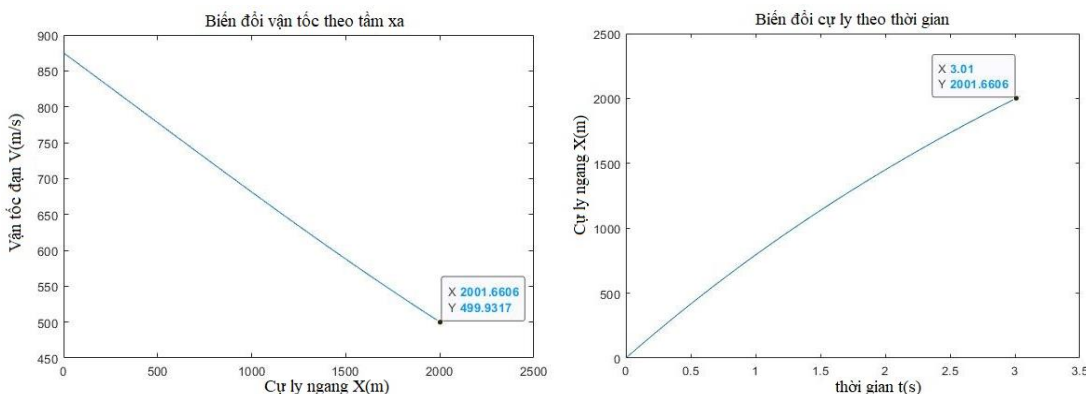
Bài báo sử dụng các giải thuật đã trình bày ở trên để tính toán trong môi trường Matlab, sau đó đối chiếu kết quả tính toán với bảng bắn, bảng tản mát của PPK 37mm hiện có làm dữ liệu so sánh đối chứng và đánh giá.

Bước 1: Tính toán thông số quỹ đạo đường đạn

Sử dụng thuật toán Runge-Kutta để giải hệ phương trình quỹ đạo đường đạn (1). Kết quả tính toán thông số quỹ đạo đạn trong điều kiện bắn khác nhau thể hiện ở hình 5 và hình 6.



Hình 5. Thông số quỹ đạo đạn khi bắn ở độ cao 200 m, cự ly 1000 m, góc bắn 196 ly giác.



Hình 6. Thông số quỹ đạo đạn khi bắn ở độ cao 200 m, cự ly 2000 m, góc bắn 113 ly giác.

Từ những kết quả tính toán lập bảng so sánh kết quả (bảng 2) với bảng bắn:

Bảng 2. Vận tốc và thời gian chạm của đạn theo tính toán và theo bảng bắn.

STT	Thông số tại điểm chạm	Đơn vị	Điều kiện bắn góc bắn $\theta = 196$ ly giác, cự ly 1000 m		Sai lệch	Điều kiện bắn góc bắn $\theta = 113$ ly giác, cự ly 2000 m		Sai lệch
			Tính toán	Bảng bắn		Tính toán	Bảng bắn	
1	Vận tốc đạn	m/s	680	683	0,44%	500	504	0,8%
2	Thời gian	s	1,3	1,31	0,8%	3,01	3,04	0,7%

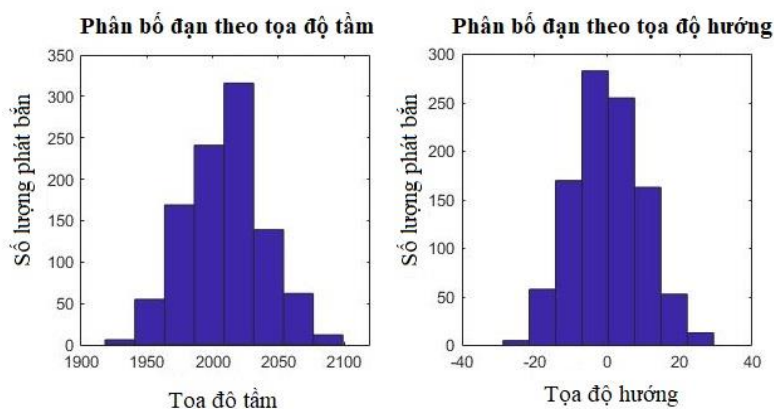
Nhận xét: Tuy thay đổi điều kiện bắn khác nhau nhưng kết quả tính toán các thông số quỹ đạo của đạn với thông số trong bảng bắn nằm trong sai lệch cho phép, từ đó, có thể khẳng định tính đúng đắn của thuật toán mô phỏng quỹ đạo đường đạn PPK 37mm-2N.

Bước 2: Mô phỏng tản mát đạn

Chọn số lượng phát bắn trong một loạt bắn là 1000 phát. Điều kiện bắn là ở độ cao 200 (m), cự ly 2000 (m), góc bắn 113 (ly giác). Kết quả phân bố lượng đạn rơi theo tọa độ tầm và hướng được thể hiện ở bảng 3 và hình 7.

Bảng 3. Phân bố lượng đạn theo các khoảng chia lưới tầm mát.

STT	Tầm mát tầm		Tầm mát phương vị	
	Giá trị khoảng lệch (m)	Tần số	Giá trị khoảng lệch (m)	Tần số
1	1930,4÷1950,2	6	(-25,36)÷(-18,95)	5
2	1950,2÷1969,9	55	(-18,95)÷(-12,53)	58
3	1969,9÷1989,6	169	(-12,53)÷(-6,11)	170
4	1989,6÷2009,4	241	(-6,11)÷0,314	283
5	2009,4÷2029,1	316	0,314÷6,73	255
6	2029,1÷2048,8	139	6,73÷13,16	163
7	2048,8÷2068,5	62	13,16÷19,58	53
8	2068,5÷2088,3	12	19,58÷25,99	13
$m_x = 2009,4$ (m)			$m_z = 0,314$ (m)	
$\sigma_x = 29,23$ (m)			$\sigma_z = 9,51$ (m)	
$E_x = 19,73$ (m)			$E_z = 6,42$ (m)	



Hình 7. Quy luật tầm mát đạn pháo 37mm.

Nhận xét: Từ kết quả ở bảng 3 và hình 7 có thể khẳng định quy luật phân bố điểm rơi của đạn PPK 37mm-2N tuân theo quy luật phân bố chuẩn, phù hợp với giả thiết ở mục 2.2.

3.3. Kiểm chứng trong điều kiện huấn luyện thực tế

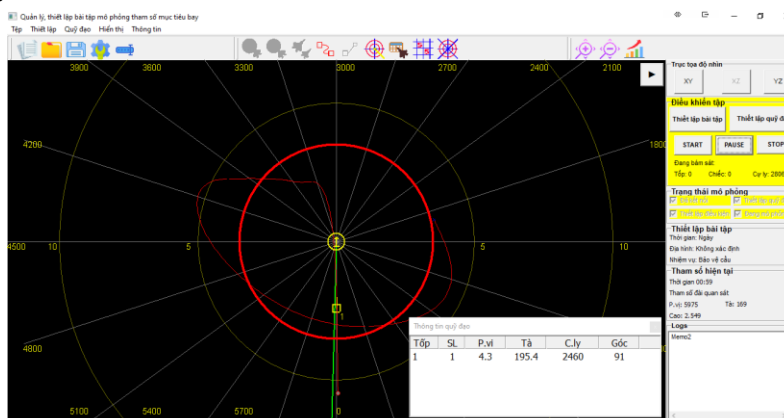
Từ kết quả giải quyết bài toán tính sai số phần tử bắn và tầm mát đạn, nhóm tác giả xây dựng thuật toán cho phần mềm mô phỏng, đánh giá kết quả bắn của đại đội PPK 37mm-2N cải tiến. Phần mềm này cho phép sĩ quan chỉ huy có thể huấn luyện và tự đánh giá kỹ năng diễn tập dựa vào các yếu tố như sai số bám sát mục tiêu của sĩ quan điều khiển, sai số bám sát các khẩu đội pháo với phần tử bắn, lượng bắn đón, thời gian đạn bay ở thời điểm bắn, độ tầm mát theo lý thuyết của đạn pháo 37mm. Kết quả so sánh tọa độ bám bắt mục tiêu tại thời điểm xạ kích trong điều kiện huấn luyện mô phỏng và kết quả đo đạc thực tế (dữ liệu ghi lưu) tại đơn vị đại đội 74, trung đoàn 280, sư đoàn 361, Quân chủng Phòng không – Không quân, được thể hiện trong bảng 4:

Bảng 4. Dữ liệu tính toán từ phần mềm mô phỏng và dữ liệu đo đạc thực nghiệm.

STT	Đối tượng đánh giá	Tọa độ điểm xạ kích trong huấn luyện mô phỏng (ly giác)		Tọa độ điểm xạ kích đo đạc thực nghiệm (ly giác)		Sai số đánh giá (ly giác)	
		Tầm	Hướng	Tầm	Hướng	Tầm	Hướng
1	Sỹ quan điều khiển	437	1718	437	1719	0	1
2	Kíp trắc thủ pháo 1	500	1813	501	1813	1	0
3	Kíp trắc thủ pháo 2	480	1850	481	1851	1	1
4	Kíp trắc thủ pháo 3	442	1833	442	1832	0	1
5	Kíp trắc thủ pháo 4	531	1795	530	1794	1	1
6	Kíp trắc thủ pháo 5	507	1763	508	1764	1	1
7	Kíp trắc thủ pháo 6	517	1749	517	1748	0	1

Sai lệch giữa các tham số của mục tiêu được tính toán mô phỏng và đo đạc thực nghiệm là rất nhỏ (nhỏ hơn 1 ly giác). Để thuận tiện cho việc đánh giá ảnh hưởng các sai lệch này lên xác suất tiêu diệt mục tiêu, nhóm tác giả lựa chọn giải pháp liên tục thu thập số liệu sai số bám sát khẩu đội pháo với phần tử bắn chỉ định từ đó tính toán điểm tới của đạn tại thời điểm hết thời gian đạn bay theo tính toán. Vị trí điểm tới của đạn, kết hợp với xác suất phân bố, kích thước vùng tản mát đạn sẽ tạo thành vùng phân bố xác suất đạn trong không gian trong mỗi viên đạn trong loạt bắn. Đồng thời mục tiêu bay vẫn được mô phỏng quỹ đạo bay liên tục trong giai đoạn bắn. Thuật toán đánh giá kết quả bắn liên tục kiểm tra khả năng va chạm của mục tiêu với vùng phân bố xác suất đạn trong không gian ở trước và sau thời điểm đạn bay t_y của phát bắn đó. Cơ sở dữ liệu trên máy tính sẽ lưu trữ xác suất trúng mỗi viên đạn của cả 6 khẩu đội pháo cho cả loạt bắn, từ đó tính ra xác suất trúng đạn của mỗi khẩu đội trong cả loạt bắn và xác suất trúng đạn của tất cả các khẩu đội trong từng đợt bắn 6 khẩu đồng thời và cả loạt bắn.

Hình 8 thể hiện giao diện của phần mềm thiết lập, quản lý bài tập và đánh giá kết quả mô phỏng huấn luyện.



Hình 8. Giao diện phần mềm thiết lập và quản lý bài tập huấn luyện.

Kết quả mô phỏng các tình huống xạ kích mục tiêu được thể hiện trên hình 9.



Hình 9. Mô phỏng vùng tản mát đạn trong một số tình huống xạ kích.

Nhận xét: Phương pháp đề xuất đã đánh giá xác suất mục tiêu bị trúng đạn trong quá trình luyện tập, đồng thời ghi nhận số liệu hai sai lệch ảnh hưởng là sai lệch bám sát mục tiêu của sĩ quan điều khiển trên đài quan sát và sai lệch bám sát pháo với góc bắn đón của kíp trực thủ. Từ những dữ liệu nhận được có thể sử dụng trong huấn luyện, chỉnh sửa thao tác cho lần tiếp theo.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở nghiên cứu thuật toán tính toán điểm chạm mục tiêu của quá trình bắn pháo phòng không sử dụng đạn không điều khiển, nhóm tác giả đã xây dựng phương pháp đánh giá chất lượng huấn luyện bắn dựa trên sai số phần tử bắn liên quan đến kỹ năng xác định phần tử mục tiêu của sĩ quan điều khiển và sai số tản mát đạn bắn. Đối chiếu kết quả mô phỏng quỹ đạo bay của đạn pháo với bảng bắn và độ tản mát so với luật phân bố chuẩn cho thấy, thuật toán mô phỏng đủ tin cậy, thử nghiệm thực tế đạt kết quả tốt. Thuật toán thể hiện được ưu điểm so với phương pháp nhập dữ liệu bảng bắn truyền thống để xác định quỹ đạo bắn đón, phù hợp với các ứng dụng máy tính số của các đại đội PPK 37mm-2N cải tiến hiện nay, giúp nâng cao chất lượng huấn luyện, tiết kiệm chi phí và giảm độ hao mòn cho các khí tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phùng Chí Kiên, “Nghiên cứu xây dựng hệ thống mô phỏng phục vụ huấn luyện đại đội PPK 37mm-2N tác chiến ngày và đêm”, Báo cáo tổng hợp kết quả thực hiện đề tài, Viện Tự động hóa KTQS, tr 19-24, (2017).
- [2]. Viện Tự động hóa KTQS, “Đại đội PPK 37 mm - 2N tác chiến ngày và đêm”, Tài liệu kỹ thuật tổng hợp, Hà Nội, (2005).
- [3]. Học viện PK-KQ, “Bình khí pháo phòng không ZU23mm-2N”, NXB Quân đội, (2004).
- [4]. Mai Quang Huy, “Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số kết cấu đạn pháo đến chỉ tiêu tản mát”, Luận án TSKT, Học viện KTQS, (2004).

- [5]. Nguyễn Đức Thuận, Lê Hùng Phong, Hoàng Thế Dũng, Hoàng Việt Trung, Lê Tuấn Anh, “Xác định các đặc trưng tán mát của đạn phản lực không điều khiển bằng mô phỏng ngẫu nhiên”, Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, Số 69, tr 13-20, (2020).
- [6]. Đỗ Văn Minh, Trần Thế Hùng, Phạm Văn Tập, “Nghiên cứu lực cản khí động của đầu đạn sử dụng cần ổn định bằng phương pháp mô phỏng số”, Journal of Science and Technique, 16(02).
- [7]. ГОСТ 20058–80. “Динамика летательных аппаратов в атмосфере”.– Москва: Издательство стандартов. – 52 с, (1981).
- [8]. Королев С. А., Русяк И. Г., Тененев В. А. [и др.] “Исследование влияния динамических характеристик подвижного носителя на кучность стрельбы”, Интеллектуальные системы в производстве. –№ 3. – С. 103–109, (2018).
- [9]. Шапиро Я.М. “Внешняя баллистика”. М.: Оборонгиз, (1946).
- [10]. Шеннон Р. “Имитационное моделирование систем искусство и наука”. Москва, Мир, 1978, 420 с.
- [11]. Вентцель, Е. С. “Теория вероятностей” Е. С. Вентцель. – Москва: Кнорус. – 664 с, (2010).
- [12]. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. “Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий”. Москва, Наука, 279 с, (1976).

ABSTRACT

Researching and evaluating the effectiveness of firing command of anti-aircraft artillery company 37mm-2N GLLADS

The article presents a method to calculate the target hit point based on determining the trajectory of the interception and the scattering of anti-aircraft artillery shells. With this method, there is no need to enter as much discrete data from the firing table as the traditional method, but still fully simulate the training situations, suitable for the digital applications of the current GLLADS 37mm-2N anti-aircraft artillery company. The simulation method is guaranteed to be mathematically rigorous and evaluated on Matlab as well as in practice. The PPK 37mm-2N's training simulation and firing evaluation software provides a visual tool to help evaluate training using actual weapons at the company.

Keywords: Simulation; Training; GLLADS.