

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ XỬ LÝ ẢNH TRONG QUÁ TRÌNH QUY CHỈNH THƯỚC NGẮM CƠ KHÍ CHO MỘT SỐ VŨ KHÍ CỖ NÒNG 40 MM BẰNG THIẾT BỊ LASER TRÊN CƠ SỞ HỌC MÁY

APPLICATION OF IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY IN THE CALIBRATION PROCESS OF MECHANICAL SIGHTS FOR SOME 40MM WEAPONS USING LASER DEVICES BASED ON MACHINE LEARNING

Đỗ Văn Sĩ^{1,*}, Nguyễn Hữu Chiến¹, Vũ Văn Thế¹, Bùi Mạnh Cường¹, Vương Anh Tuấn¹,
Nguyễn Mạnh Hùng²

¹Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Trường Sĩ quan Kỹ thuật Quân sự

*Email: vansihvkt@gmail.com

TÓM TẮT

Hiện nay, nhiều đơn vị, nhà máy gặp khó khăn trong quá trình quy chỉnh thước ngắm cơ khí do chịu ảnh hưởng trực tiếp từ thị lực của công nhân và chiến sĩ trong đơn vị. Điều này có thể dẫn đến những nhầm lẫn và sai số cho sản phẩm. Trong thời kỳ cách mạng công nghiệp 4.0, công nghệ xử lý ảnh đang được sử dụng rộng rãi và có ứng dụng hữu ích trong nhiều lĩnh vực. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu đưa công nghệ xử lý ảnh vào quá trình quy chỉnh thước ngắm cơ khí cho một số loại vũ khí có cỡ nòng 40mm có sử dụng thiết bị laser để tạo ảnh nhằm giúp quá trình quy chỉnh được nhanh chóng và chính xác.

Từ khóa: Quy chỉnh; Thước ngắm; Laser.

ABSTRACT

Currently, many units and factories face challenges in the calibration process of mechanical sights due to the direct influence of the workers' and soldiers' vision. This can lead to errors and inaccuracies in the final product. In the era of Industry 4.0, image processing technology is being widely adopted and has proven to be highly beneficial across various fields. In this paper, the research team integrates image processing technology into the calibration process of mechanical sights for certain 40mm caliber weapons. By utilizing laser-based imaging devices, this approach enhances the speed and accuracy of the calibration process.

Keywords: Calibration; Sight; Laser.

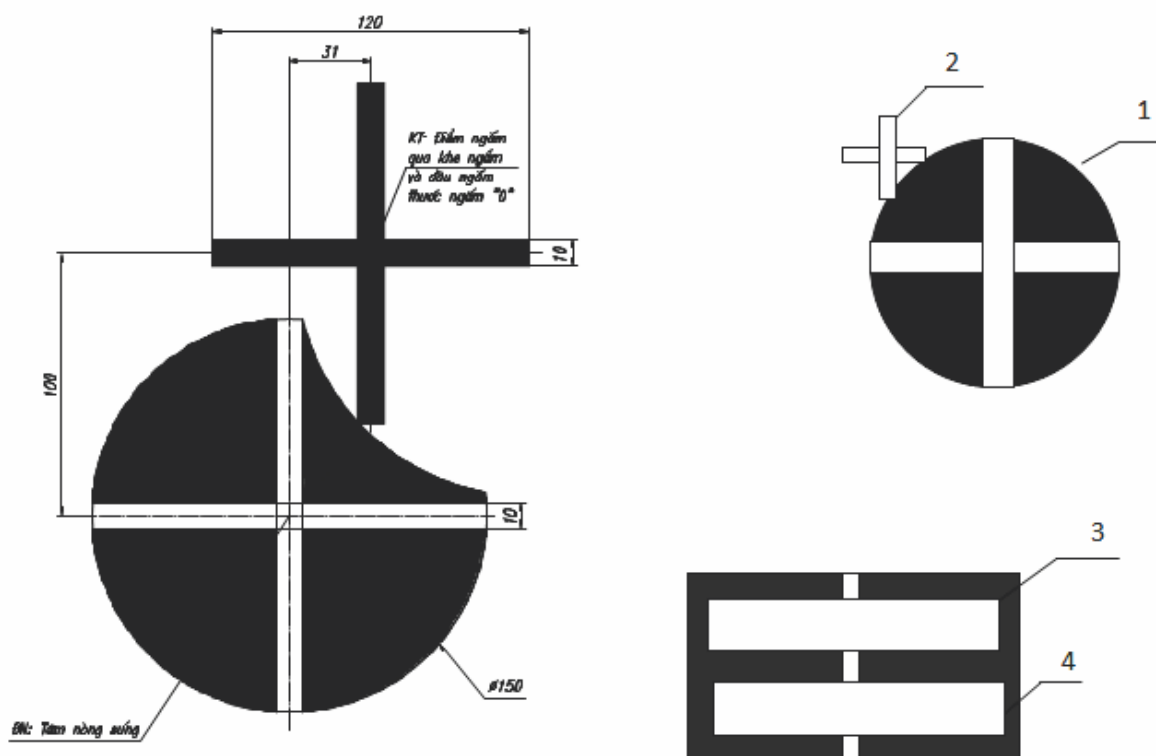


1. TỔNG QUAN

Trong trang bị vũ khí bộ binh hiện nay của quân đội, có nhiều loại vũ khí với cỡ nòng 40mm nhằm tiêu diệt sinh lực và phương tiện, trang bị kỹ thuật của địch (B40, SCT7-B41, SPL40,...). Trong quá trình sửa chữa, chế tạo các vũ khí trang bị này, hệ thống thước ngắm cơ khí của vũ khí cần được quy không, quy chính. Đối với các loại súng pháo nói chung, quy chính là việc làm thường xuyên, cần thiết sau mỗi lần tháo lắp, sửa chữa hoặc trước khi đi bắn để đảm bảo độ chính xác bắn [1-4]. Bản chất của việc quy chính với súng pháo là đồng bộ trục nòng súng pháo với đường ngắm cơ bản của thiết bị ngắm.

Hiện nay, với súng cỡ nòng 40mm như SPL40 hoặc SCT7, phương pháp quy chính theo bia quy chính được sử dụng để quy chính cho thước ngắm cơ khí: bia quy chính (hình 1) với các điểm dấu đã được thiết kế sẵn theo tiêu chuẩn, đặt cách đầu nòng súng 15m. Sau đó tiến hành điều chỉnh trục nòng súng và đường ngắm cơ bản của súng vào điểm chuẩn tương ứng trên bia [4].

Quá trình quy chính nếu sử dụng bằng kính hiệu chỉnh, người hiệu chỉnh quan sát trực tiếp bằng mắt qua hệ thống thấu kính quang học có thể gây khó chịu cho mắt khi làm việc trong thời gian dài, đồng thời có thể dẫn tới sai số khi quan sát. Quá trình quy chính bằng chỉ căng đầu nòng cũng có nguy cơ tạo ra những ảnh hưởng như trên.

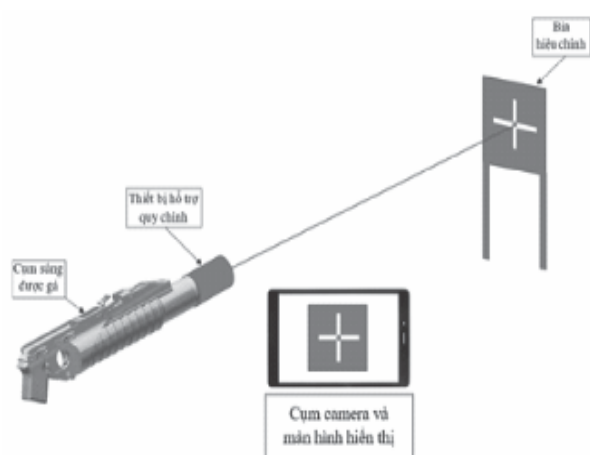


Hình 1. Bia quy chính cho súng SPL40 và SCT7 cỡ nòng 40 mm [4]:

1 - Đường ngắm trục nòng súng; 2 - Kính ngắm quang học; 3 - Đầu ngắm phụ; 4 - Đầu ngắm chính

2. QUY CHÍNHH THUỐC NGẮM SỬ DỤNG THIẾT BỊ HỖ TRỢ

Thiết bị trợ giúp quy chính cho súng cỡ nòng 40mm (TBHTQC-40) bao gồm các bộ phận chính như sau:



Hình 2. Sơ đồ bố trí thiết bị hỗ trợ quy chính thước ngắm cho súng cỡ nòng 40mm

- Nguồn phát laser cùng hệ thấu kính điều tiêu;
- Camera và thấu kính phóng đại đi cùng màn hình quan sát và nguồn nuôi.

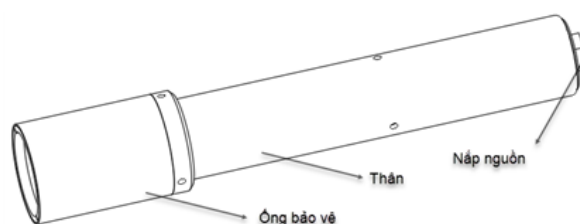
Theo giải pháp này, thiết bị sử dụng hệ thấu kính cùng nguồn tia laser gắn đồng trục vào đường đầu nòng. Hệ thống camera cùng thấu kính phóng đại và màn hình quan sát được lắp đặt tại đầu đường cho phép dễ dàng quan sát vết tia laser trên bia hiệu chuẩn, do đó dẫn đến quá trình quy chính trực quan và nâng cao độ chính xác. Người hiệu chuẩn có thể quan sát trực tiếp vết tia laser để lại trên bia hoặc quan sát qua màn hình gắn trực tiếp trên đầu đường, đảm bảo quá trình hiệu chuẩn diễn ra nhanh chóng và chính xác. Sơ đồ hệ thống được biểu diễn như trên hình 4.

3. CÁC BỘ PHẬN CỦA THIẾT BỊ HỖ TRỢ QUY CHÍNH

Thiết bị TBHTQC-40 được thiết kế gồm hai bộ phận chính: bộ phận cơ khí cùng với đèn laser kết hợp hệ quang và bộ phận camera quan sát kết hợp với màn hình hiển thị. Các bộ phận được bố trí gọn gàng và đóng gói trong hòm hộp bảo quản phù hợp.

3.1. Bộ phận cơ khí

Bộ phận cơ khí của thiết bị TBHTQC-40 được chế tạo có tâm trục trùng với đường laser và trùng với đường tâm trục của nòng súng, đảm bảo phù hợp với nòng súng trong quá trình gá lắp quy chính súng. Phần quang học bố trí bên trong của bộ phận cơ khí có tác dụng đảm bảo tia laser từ nguồn phát có trục tia trùng với trục của hệ cơ khí của thiết bị. Yêu cầu của hệ thống cơ là đảm bảo độ đồng tâm của trục hệ cơ với trục nòng súng phóng lựu SPL40. Căn cứ vào tài liệu thiết kế súng phóng lựu SPL40 của Viện Vũ khí, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, và cấu tạo của súng chống tăng SCT7, nhóm nghiên cứu thiết bị đã xây dựng hệ cơ khí cho thiết bị TBHTQC-40 như trên hình 3 bao gồm: thân, ống bảo vệ, nắp nguồn.



Hình 3. Thiết bị hỗ trợ quy chính 40mm

Hệ thống cơ khí được thiết kế có phần thân có kích thước tương ứng với cỡ nòng 40mm và chiều dài thân phù hợp để trọng tâm của thiết bị nằm sâu bên trong đoạn nòng súng, tránh hiện tượng gây mô-men với điểm treo súng trên giá, khắc phục hiện tượng gây vồng

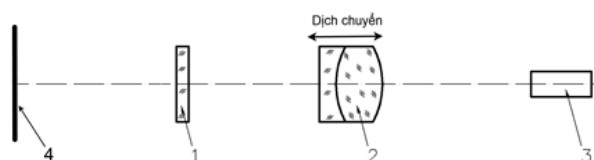
nòng súng xuống theo phương thẳng đứng so với điểm treo súng, hạn chế sai số trong quá trình quy chính. Ngoài ra, các bộ phận như nguồn nuôi laser và nguồn phát laser cũng như hệ quang học.

3.2. Hệ thống quang học

Trong thiết bị hỗ trợ quy chính TBHTQC-40 có hai hệ thống quang học, một hệ thống quang học dùng để điều chỉnh kích thước vết chùm laser trên bia quy chính và một hệ quang học dùng để quan sát bia quy chính có vết chùm tia laser.

Đối với hệ quang điều chỉnh kích thước vết chùm tia laser cần phải đảm bảo cho kích thước của vết chùm laser trên bia nhỏ hơn 5 mm, vết sáng phải quan sát được bằng mắt thường ở khoảng cách tới 100 m. Hệ quang này bao gồm một thấu kính có thể thay đổi được

vị trí để tạo ảnh của nguồn phát laser tại cách khoảng cách khác nhau. Với khoảng cách ảnh tới vị trí quan sát lớn hơn 10 m, cần phải thiết kế hệ thấu kính có tiêu cự lớn, đảm bảo thông quang tốt đối với ánh sáng màu đỏ của tia laser. Thông số ban đầu của thấu kính được lựa chọn là thấu kính ghép đôi mật tiếp, đường kính thông quang là 31 mm, tiêu cự dài 120 mm. Việc tối ưu các thông số hệ quang được thực hiện trên phần mềm Zemax, các thông số thấu kính được thể hiện trên bảng 1.



Hình 4. Sơ đồ thiết kế hệ quang điều chỉnh vết chùm tia laser trên bia quy chính:

1 - Kính bảo vệ; 2 - Cụm kính điều tiêu;
3 - Nguồn phát laser; 4 - Bia quy chính

Bảng 1. Thông số hình học của thấu kính điều tiêu

Thông số	Bán kính R1	Khoảng cách d1	Bán kính R2	Khoảng cách d2	Bán kính R3
Giá trị	61.35 mm	2 mm	35.08 mm	12.2 mm	35.08 mm
Vật liệu		TF5		K8	

Sử dụng công thức (1) để tính vị trí đặt nguồn phát laser. Các thông số được thể hiện qua sơ đồ trên hình 4.

Tính toán sơ bộ vị trí đặt hệ thấu kính theo công thức:

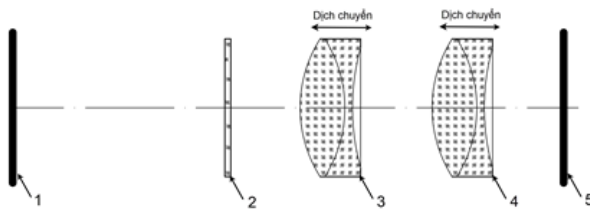
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \quad (1)$$

Trong đó: f là tiêu cự của hệ thấu kính; d là khoảng cách từ thấu kính tới nguồn phát tia

laze; d' là khoảng cách từ bia tới hệ thấu kính.

Đối với hệ quang quan sát bia cần phải đảm bảo có thể thu được ảnh của bia (bao gồm vết chùm tia laser và các dấu quy chính) để hiển thị lên màn hình, hình ảnh hiển thị lên màn hình cần đảm bảo độ to và độ sắc nét. Các thông số hệ quang cần đảm bảo: có khả năng phóng to/thu nhỏ, có khả năng điều tiêu, có khẩu độ lớn và trường nhìn rộng phù hợp với loại camera và màn hình có độ phân giải cao. Sơ đồ nguyên lý của hệ quang quan sát được thể hiện trên hình 5.

Theo sơ đồ trên hình 5, khi muốn phóng to hay thu nhỏ ảnh mục tiêu cần quan sát (ở đây chính là mặt bia quy chính 1), cần dịch chuyển thấu kính 3, do vậy ảnh thu được của bia sẽ ở đằng trước hoặc phía sau mặt cảm biến 5, để ảnh thu được rõ nét nhất thì cần phải điều chỉnh thấu kính 4 để đưa ảnh của bia quy chính về nằm trên mặt cảm biến 5.



Hình 5. Sơ đồ hệ quang quan sát bia quy chính:
1 - Bia quy chính; 2 - Kính bảo vệ;
3 - Thấu kính Zoom; 4 - Thấu kính điều tiêu;
5 - Cảm biến thu ảnh của camera

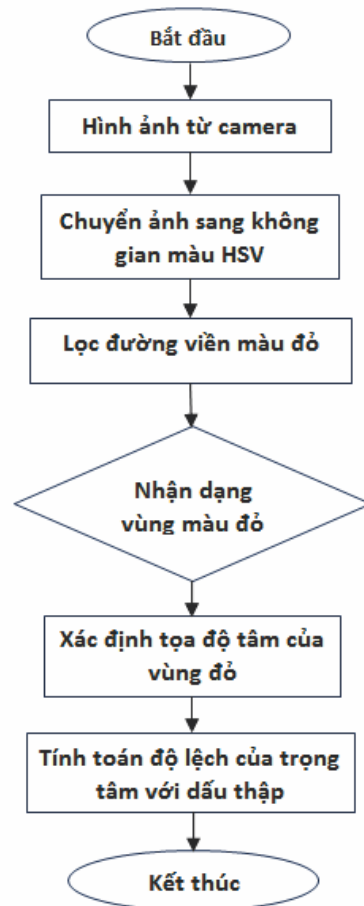
Hệ quang quan sát bia quy chính được lựa chọn thương mại, có các thông số chính như: Khẩu độ 1:1.6; Đường kính đồng tử ra 1/3", tiêu cự có thể thay đổi từ 5 đến 100 mm để có thể quan sát rõ các vật nhỏ ở những cự ly từ rất gần cho đến 100m.

4. XỬ LÝ ẢNH TRONG QUÁ TRÌNH QUY CHÍNH

Trong quá trình quy chính sử dụng thiết bị TBHTQC-40, bộ phận camera sẽ được kết nối trực tiếp với máy tính. Ảnh thu được từ camera, phản ánh điểm chạm của tia laser từ đầu nòng súng, được đưa vào máy tính và xử lý bằng phần mềm xử lý ảnh nhằm xác định độ lệch của trọng tâm vết đỏ với tọa độ trọng tâm của dấu chữ thập [5-11].

Nguyên lý xử lý dữ liệu trong quá trình xử lý ảnh như sau: Hệ thống xử lý ảnh được sử dụng để xác định độ lệch của điểm chạm tia laser so với dấu chữ thập. Quá trình này được

thể hiện như trên sơ đồ hình 6 bao gồm các bước [5]:



Hình 6. Sơ đồ khối quá trình xử lý ảnh

* Bước 1: Nhận hình ảnh từ camera

Hình ảnh được chụp từ camera phản ánh điểm chạm của tia laser trên mục tiêu. Ảnh kỹ thuật số thực chất là một ma trận các giá trị số biểu diễn cường độ ánh sáng của từng điểm ảnh (pixel). Mỗi ảnh số có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận các điểm ảnh, trong đó:

- Ảnh RGB có ba kênh màu: Red (R), Green (G), Blue (B) tương ứng với ba ma trận:

$$I(x,y) = [R(x,y) \quad G(x,y) \quad B(x,y)] \quad (2)$$

Trong đó: $R(x,y)$, $G(x,y)$, $B(x,y)$ là giá trị màu đỏ, màu xanh lá và xanh dương tại vị trí pixel (x,y) , thường có giá trị từ 0 đến 255.

- Ảnh grayscale chỉ có một kênh, biểu diễn cường độ sáng.

Sau khi nhận ảnh, hệ thống sẽ chuyển đổi sang không gian màu thích hợp để xử lý.

* Bước 2: Chuyển đổi sang không gian màu HSV

Không gian màu HSV (Hue – Màu sắc, Saturation – Độ bão hòa, Value – Độ sáng) giúp xác định màu sắc chính xác hơn so với RGB.

- Giá trị Hue (H) được sử dụng để phát hiện màu đỏ của tia laser.

- Giá trị Saturation (S) giúp loại bỏ nhiễu do vùng sáng không liên quan.

- Giá trị Value (V) hỗ trợ xử lý ảnh trong điều kiện ánh sáng thay đổi.

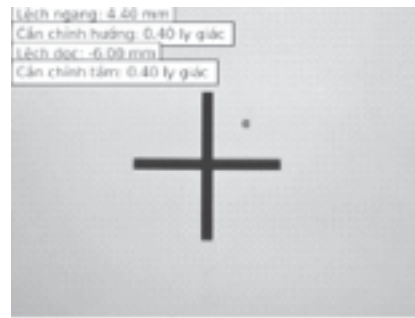
* Bước 3: Lọc đường viền màu đỏ

- Sử dụng phép lọc ngưỡng (thresholding) để xác định các vùng có màu đỏ dựa trên giá trị H.

Áp dụng các phép toán hình thái học (morphological operations) như:

+ Dilation (giãn nở): Làm nổi bật vùng màu đỏ.
+ Erosion (co lại): Loại bỏ nhiễu.

- Kết quả của bước này là một ảnh nhị phân chỉ chứa vùng màu đỏ cần quan tâm.



Hình 7. Hình ảnh điểm chạm tia laser trên bia sau khi xử lý ảnh

* Bước 4: Nhận dạng vùng màu

- Sử dụng thuật toán phát hiện đường viền (Contour Detection) để xác định các vùng màu đỏ.

- Nếu không có vùng màu đỏ nào được phát hiện, có thể tia laser không xuất hiện trên mục tiêu.

- Nếu có nhiều vùng màu đỏ, hệ thống sẽ chọn vùng có diện tích lớn nhất để tiếp tục xử lý.

* Bước 5: Xác định tọa độ tâm của vùng đỏ

- Sau khi xác định vùng màu đỏ, ta tính trọng tâm (X_c, Y_c) bằng công thức:

$$X_c = \frac{\sum x_i}{N}, \quad Y_c = \frac{\sum y_i}{N} \quad (3)$$

Với, (x_i, y_i) là tọa độ của các điểm ảnh thuộc vùng màu đỏ.

Trọng tâm này sẽ được sử dụng để so sánh với dấu chữ thập.

* Bước 6: Tính toán độ lệch so với dấu chữ thập

- Giả sử dấu chữ thập có tọa độ cố định (X_t, Y_t) , ta tính độ lệch:

$$\Delta X = X_c - X_p, \Delta Y = Y_c - Y_t \quad (4)$$

- Nếu $\Delta X = 0$ và $\Delta Y = 0$, điểm chạm của tia laser trùng với dấu chữ thập.

- Nếu ΔX hoặc ΔY khác 0, có thể cần điều chỉnh hệ thống để hiệu chỉnh sai số.

* Bước 7: Kết thúc

Sau khi tính toán độ lệch, hệ thống có thể xuất kết quả ra màn hình hoặc gửi dữ liệu để điều chỉnh thiết bị ngắm bắn.

Kết thúc quá trình xử lý ảnh, độ lệch tính theo ly giác giữa trọng tâm của vết laser (chính là điểm giao của trục nòng súng với bia) với tâm chữ thập trên bia quy chính được tìm ra và hiển thị bằng con số trên màn hình hoặc hiển thị bằng âm thanh qua loa máy tính, thuận tiện cho quá trình điều chỉnh tầm và hướng của nòng súng về đúng với tâm chữ thập trên bia (xem hình 7).

5. KẾT LUẬN

Ứng dụng kết quả khoa học công nghệ đưa vào trong thực tế kỹ thuật đang trở thành xu thế tất yếu nhằm đẩy nhanh quá trình hiện đại hóa quân đội. Bộ thiết bị trợ giúp quy chính TBHTQC-40 góp phần giảm bớt thời gian tiến hành quy chính, giảm bớt nhân công đồng thời tăng độ chính xác cho quá trình quy chính do hạn chế các nguyên nhân chủ quan từ yếu tố con người gây sai số. Kết quả thực nghiệm trên súng SPL40 cho thấy, bộ thiết bị trợ giúp quy chính thước ngắm cơ khí TBHTQC-40 nhỏ gọn, tính linh hoạt cao, thao tác đơn giản, trực quan, kích thước phù hợp với súng SPL40, và cho độ chính xác cao trong quá trình quy chính. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để nhóm tác giả tiếp tục hoàn thiện về nguyên lý và ứng dụng cho

các loại súng pháo tương đương trong tương lai.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài thường xuyên cấp Học viện được phê duyệt trong năm học 2024-2025, mã số đề tài 24.TXM.03. Tác giả xin cảm ơn Học viện Kỹ thuật Quân sự đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ♦

Ngày nhận bài: **01/3/2025**

Ngày phản biện: **12/3/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. “Súng phóng lựu kẹp nòng 40mm SPL40 – Thuyết minh kỹ thuật và hướng dẫn sử dụng”. Nhà máy Z125, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, năm 2022.
- [2]. Trương Tư Hiếu, Uông Sỹ Quyền, “Trang bị điển hình vũ khí bộ binh”. Học viện Kỹ thuật Quân sự, năm 2003.
- [3]. Cục Quân khí, Tổng cục Kỹ thuật, “Bài giảng Quân khí viên, Tập 1 – Súng pháo khí tài (lục quân)”. NXB. Quân đội Nhân dân, năm 2001.
- [4]. L. M. Bá, N. T. Thủy, “Nhập môn xử lý ảnh”. Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2008.
- [5]. A. K. Jain, “Fundamentals of Digital Image Processing”. Vol. 3, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1989.
- [6]. R.C. Gonzalez, and R. E. Woods, “Digital Image Processing”. Vol. 2, Prentice Hall, 2002.
- [7]. Nguyễn Quốc Trung, “Xử lý tín hiệu và lọc số”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
- [8]. Võ Đức Khánh, Hoàng Văn Kiêm, “Giáo trình xử lý ảnh số”. NXB. Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [9]. Prateek Joshi, “OpenCV with Python By Example”. Packt Publishing, 2015.
- [10]. OpenCV, Open source Computer Vision library. In <http://opencv.willowgarage.com/wiki>, 2009.
- [11]. Tài liệu về Xử lý ảnh với OpenCV: <http://docs.opencv.org/>