

Một phương pháp đánh giá hiệu quả ngụy trang bằng mô phỏng máy tính

Trần Tiến Bảo¹, Nguyễn Anh Tuấn^{1*}, Vũ Hữu Khánh¹,
Nguyễn Ngọc Sơn¹, Lê Đình Hùng²

¹Viện Vật lý Kỹ thuật, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

²Bộ Tư lệnh Thủ đô Hà Nội.

*Email: tuanvn.vn@gmail.com

Nhận bài: 05/6/2023; Hoàn thiện: 03/8/2023; Chấp nhận đăng: 08/8/2023; Xuất bản: 25/10/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.90.2023.119-126>

TÓM TẮT

Những năm gần đây, việc đầu tư nghiên cứu, ứng dụng các họa tiết ngụy trang kiểu mới, có hiệu quả ngụy trang cao hơn thể hiện vai trò của ngụy trang ngày càng quan trọng, được quan tâm đầu tư nghiên cứu và phát triển. Bài báo trình bày một phương pháp đánh giá hiệu quả ngụy trang bằng mô phỏng máy tính dựa trên ảnh họa tiết, phong nền và sử dụng các chỉ số đánh giá độ tương đồng của hình ảnh như CSI, RMSE,... Trên cơ sở sử dụng 5 mẫu họa tiết ngụy trang và 2 hình ảnh phong nền đặc trưng là rừng núi và đô thị, các kết quả mô phỏng tính toán trên Matlab đã làm rõ sự tương quan giữa hai chỉ số đánh giá CSI và RMSE, đồng thời làm rõ sự khác biệt về hiệu quả ngụy trang của các mẫu họa tiết trên từng phong nền. Với sự đơn giản trong tính toán mô phỏng, độ tin cậy cao, phương pháp này làm cơ sở cho việc đánh giá, lựa chọn họa tiết phù hợp với từng địa hình trong quá trình nghiên cứu ứng dụng, hay hỗ trợ đưa ra lựa chọn tối ưu khi mua sắm các bộ trang phục ngụy trang của nước ngoài để sử dụng tại nước ta.

Từ khóa: Phong nền; Họa tiết ngụy trang; Hiệu quả ngụy trang; CSI; RMSE; Matlab.

1. MỞ ĐẦU

Đến nay, các quốc gia trên thế giới đã không ngừng nghiên cứu, phát triển và áp dụng nhiều loại họa tiết ngụy trang như Woodland, ERDL (Engineer Research & Development Laboratories), đa địa hình, họa tiết số,... (hình 1) lên các phương tiện ngụy trang [1].



a. Họa tiết Woodland.

b. Họa tiết ERDL.

c. Họa tiết đa địa hình.

d. Họa tiết số.

Hình 1. Các mẫu họa tiết ngụy trang phổ biến trên thế giới hiện nay.

Ở nước ta, nhiều mẫu trang phục, lưới, sơn ngụy trang,... không ngừng được nghiên cứu, thử nghiệm và áp dụng vào thực tế. Các mẫu họa tiết liên tục được nghiên cứu, cải tiến theo xu hướng phát triển của thế giới cũng như nâng cao hiệu quả ngụy trang trong quá trình sử dụng. Hiện nay, trang phục ngụy trang hiện hành đang sử dụng mẫu họa tiết ERDL với các màu sắc chủ đạo khác nhau cho từng lực lượng có nghiệp vụ khác nhau. Để đánh giá hiệu quả ngụy trang của các mẫu họa tiết, các nhà nghiên cứu đã tiếp cận theo 2 hướng chủ yếu gồm: đánh giá định tính thông qua trực quan của mắt người và đánh giá định lượng dựa trên mô phỏng máy tính. Một số nghiên cứu trong nước gần đây đã kết hợp cả 2 phương pháp đánh giá định tính và định lượng dựa trên phương pháp đánh giá đa tiêu chí TOPSIS [2]. Tuy nhiên, một số vấn đề còn tồn tại như sau:

+ Phong nền có phạm vi rộng lớn và không đồng nhất về màu sắc, độ tương phản. Do đó, để so sánh sự tương đồng của họa tiết ngụy trang của đối tượng áp dụng với phong nền, cần tiến

hành đánh giá trên nhiều vị trí khác nhau của phong nền mới có thể có kết quả đánh giá chính xác, tin cậy về mức độ hiệu quả ngụy trang của họa tiết;

+ Phương pháp đánh giá đa tiêu chí TOPSIS đưa ra kết quả xếp hạng thứ bậc mức độ hiệu quả ngụy trang, do đó, chỉ phù hợp để tìm ra họa tiết có hiệu quả nhất, khó áp dụng để đánh giá sự khác nhau về mức độ hiệu quả ngụy trang giữa các loại họa tiết;

+ Đánh giá dựa trên người quan sát không tránh khỏi các sai sót phát sinh từ yếu tố chủ quan, bị chi phối bởi trạng thái tâm sinh lý của người quan sát, tiêu tốn chi phí thời gian và công sức.

Một số nghiên cứu của nước ngoài gần đây sử dụng các chỉ số như CSI [6-9] để đánh giá hiệu quả ngụy trang vùng nhìn thấy, tuy nhiên, các nghiên cứu vẫn còn hạn chế như:

+ Chỉ sử dụng duy nhất 01 ảnh phong nền, với số lượng mẫu khá ít và không lấy ngẫu nhiên để đánh giá mô phỏng, làm mất đi tính khách quan và không sát thực tế;

+ Các chỉ số Universal Image Quality Index (UIQI), Multi-Feature Camouflage Fused Index (MF-CFI) [10] khai thác hiệu quả với dữ liệu ảnh xám, trong khi ảnh các họa tiết và phong nền là ảnh màu và thực tế màu sắc có ảnh hưởng lớn đến ngụy trang vùng nhìn thấy.

Từ đó, nhóm tác giả đề xuất phương pháp lấy mẫu ảnh của họa tiết và ảnh các vị trí ngẫu nhiên trên phong nền, tiến hành đánh giá mức độ hiệu quả ngụy trang của các bộ trang phục thông qua mô phỏng máy tính dựa trên các chỉ số đánh giá như CSI, RMSE [2-5]. Bài báo trình bày cơ sở khoa học các chỉ số đánh giá hiệu quả ngụy trang và phương pháp thu thập mẫu ở mục 2, và trình bày kết quả mô phỏng, tính toán hiệu quả ngụy trang của các mẫu họa tiết ở mục 3.

2. CHỈ SỐ TƯƠNG ĐỒNG NGUY TRANG VÀ LẤY MẪU ẢNH

2.1. Chỉ số tương đồng ngụy trang CSI

Chỉ số tương đồng ngụy trang CSI (Camouflage Similarity Index) khai thác các tham số gồm độ sáng tối, các kênh màu trong hệ màu CIELab để tiến hành đánh giá mức độ tương đồng màu sắc ngụy trang của ảnh họa tiết với ảnh phong nền [2, 6-9]. Hệ màu CIELab được xây dựng dựa trên khả năng cảm nhận màu sắc của mắt người, các giá trị Lab mô tả tất cả các màu mà mắt của một người bình thường có thể nhìn thấy được. Thông thường, hình ảnh thu được dựa trên các thiết bị chụp ảnh và hiển thị trên các màn hình, máy tính, máy chiếu thuộc hệ màu RGB (viết tắt của ba màu cơ bản Đỏ-Red, Xanh lá cây-Green, Xanh da trời-Blue). Để tính toán chỉ số CSI, ảnh ở hệ màu RGB cần được chuyển sang hệ màu CIELab theo một số phép biến đổi do Ủy ban chiếu sáng quốc tế quy định. Trên hệ màu CIELab, chỉ số CSI được tính theo công thức (1) và (2) [2, 6]:

$$CSI = \frac{\Delta E_{bc}}{\Delta E_{\max}} \quad (1)$$

$$\Delta E_{bc} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^{MN} \sqrt{(L_{bi} - L_{ci})^2 + (a_{bi} - a_{ci})^2 + (b_{bi} - b_{ci})^2} \quad (2)$$

$$\Delta E_{\max} = \max_{0 \leq i \leq MN} \sqrt{(L_{bi} - L_{ci})^2 + (a_{bi} - a_{ci})^2 + (b_{bi} - b_{ci})^2}$$

Các giá trị L_{bi} , a_{bi} , b_{bi} là giá trị trên hệ màu Lab của điểm ảnh thứ i của ảnh phong nền, L_{ci} , a_{ci} , b_{ci} là giá trị trên hệ màu CIELab của điểm ảnh thứ i của ảnh họa tiết ngụy trang, M, N là kích thước của ảnh. Giá trị CSI nằm trong khoảng từ 0 đến 1 và đạt tốt nhất bằng 0 nếu ngụy trang kết hợp hoàn hảo với phong nền, CSI càng nhỏ thì hiệu quả ngụy trang càng cao và ngược lại.

2.2. Sai số toàn phương trung bình RMSE

Ngoài chỉ số CSI, để có sự đánh giá khách quan và kiểm chứng chỉ số CSI, bài báo sử dụng thêm giá trị sai số toàn phương trung bình RMSE. RMSE có thể được áp dụng để đánh giá sai số toàn phương trung bình của các giá trị mức xám của các thành phần trên hệ màu RGB của ảnh

giữa ảnh họa tiết ngụy trang và ảnh phong nền [7], từ đó đánh giá được sự tương đồng giữa họa tiết và phong nền. RMSE của ảnh họa tiết và ảnh phong nền được tính theo công thức (3) sau [7]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (Rb_{ij} - Rc_{ij})^2 + (Gb_{ij} - Gc_{ij})^2 + (Bb_{ij} - Bc_{ij})^2} \quad (3)$$

Trong đó, Rb_{ij} , Gb_{ij} , Bb_{ij} là mức xám R, G, B của điểm có tọa độ (i,j) của ảnh phong nền. Rc_{ij} , Gc_{ij} , Bc_{ij} là mức xám R, G, B của điểm có tọa độ (i,j) của ảnh họa tiết; M, N là kích thước của ảnh. Giá trị RMSE thấp hơn mang lại độ tương đồng của ngụy trang cao hơn, và ngược lại.

2.3. Thu thập các mẫu họa tiết ngụy trang

Sử dụng 05 mẫu họa tiết trên trang phục ngụy trang hiện hành của nước ta, với biên dạng giống nhau nhưng màu sắc chủ đạo khác nhau đã được chuẩn hóa theo tiêu chuẩn cơ sở “Vải chéo in loang K20” [11], đánh số thứ tự từ 1 đến 5 như hình 2. Thao tác trên phần mềm Adobe Photoshop cắt thành các ảnh có cùng định dạng “.jpg” và kích thước giống nhau là 50 x 170 điểm ảnh (tỷ lệ với mục tiêu người 0,5m x 1,7m).

	Xanh côm		Xanh côm		Xanh hoà bình		Xanh nước biển		Xanh nước biển
	Xanh ô liu		Xanh ô liu		Xanh đậm		Xanh đương		Xanh đương
	Nâu đậm		Nâu nhạt		Cỏ úa		Nâu vàng		Ghi nhạt
	Xanh đen		Xanh lá cây		Xanh đen		Xanh đen		Tím than

a. Họa tiết số 1. b. Họa tiết số 2. c. Họa tiết số 3. d. Họa tiết số 4. e. Họa tiết số 5.

Hình 2. Các mẫu họa tiết sử dụng để đánh giá hiệu quả ngụy trang.

2.4. Thu thập và lấy mẫu ảnh phong nền

Ảnh phong nền cũng là đối tượng quan trọng để đánh giá hiệu quả ngụy trang. Mỗi loại phong nền có các đặc trưng về màu sắc, độ sáng tối, kết cấu khác nhau. Phong nền rừng núi sẽ khác với phong nền đô thị, hơn nữa, mỗi họa tiết ngụy trang khó có thể phù hợp với nhiều loại phong nền khác nhau [3-5]. Trong bài báo này, nhóm tác giả sử dụng 2 ảnh phong nền làm đại diện cho các phong nền tiêu biểu lần lượt là rừng núi và đô thị được chụp bằng máy ảnh Sony a6400, ảnh màu RGB có định dạng “.jpg” với cùng kích thước là 3840 x 2160 điểm ảnh như hình 3.

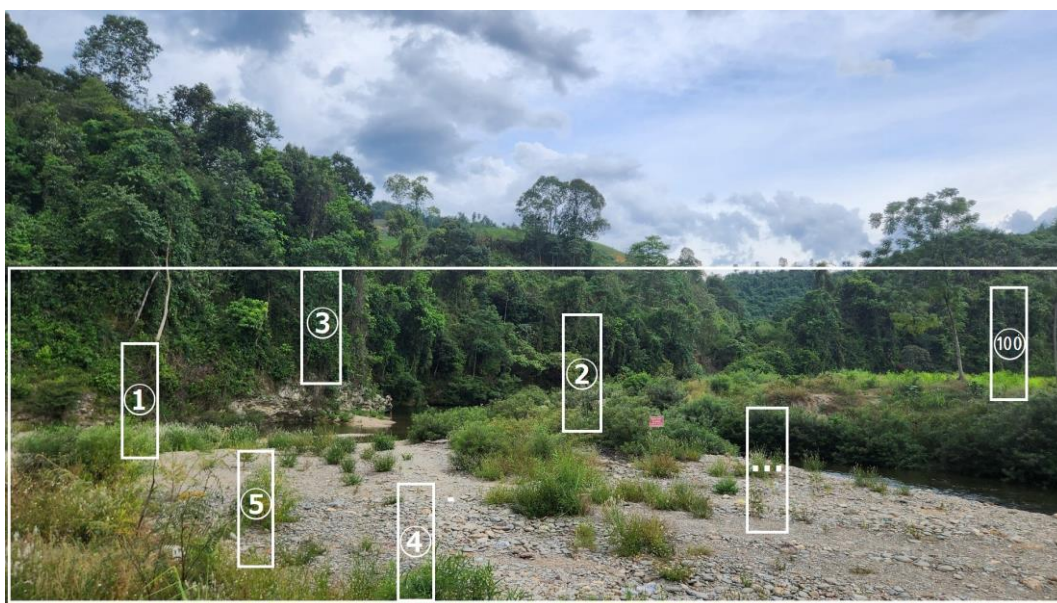


a. Phong nền rừng núi.

b. Phong nền đô thị.

Hình 3. Ảnh phong nền rừng núi và đô thị sử dụng để đánh giá hiệu quả ngụy trang.

Trên mỗi ảnh phong nền, lựa chọn các vị trí ngẫu nhiên để so sánh với mẫu họa tiết. Để đảm bảo tính sát thực, vị trí lấy mẫu được giới hạn trong khung hình chữ nhật nằm ngang của ảnh (đây là khu vực mà trên thực tế người lính có thể tiếp cận) như hình 4. Không làm mất tính tổng quát, nhóm tác giả sử dụng hàm “randomWindow2d” của Matlab để lựa chọn 100 vị trí ngẫu nhiên, tại mỗi vị trí tiến hành cắt các hình ảnh cùng kích thước với kích thước của ảnh họa tiết (50 x 170 điểm ảnh) và sử dụng các ảnh này để tính toán chỉ số CSI, RMSE với các ảnh họa tiết ở hình 2.

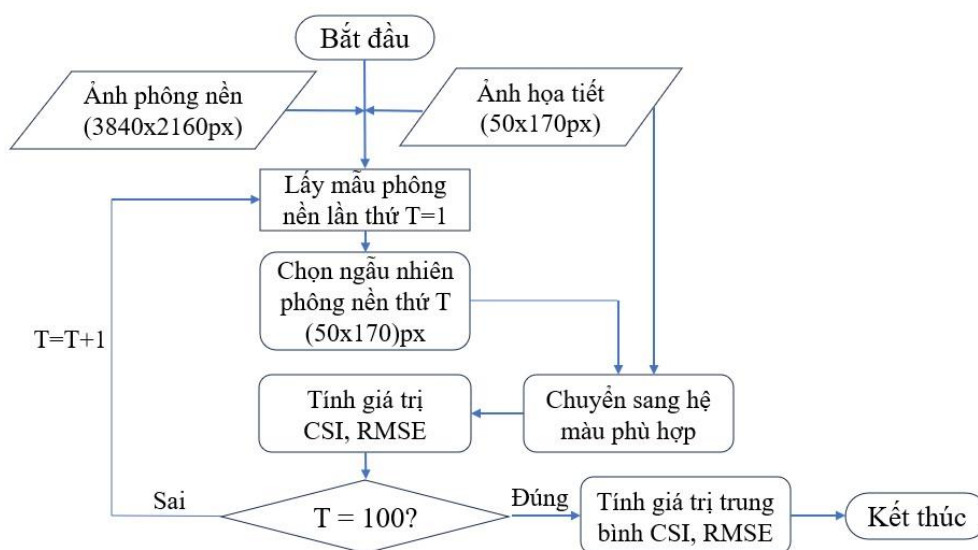


Hình 4. Minh họa khu vực lấy mẫu và các vị trí lấy mẫu ngẫu nhiên trên ảnh phong nền.

3. MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phương pháp, công cụ mô phỏng

Sử dụng phần mềm Matlab R2022a cài đặt trên máy tính hệ điều hành Windows 11 để thực hiện tính toán các chỉ số CSI, RMSE theo lưu đồ thuật toán được mô tả như hình 5.



Hình 5. Lưu đồ thuật toán.

Các bước thực hiện như sau:

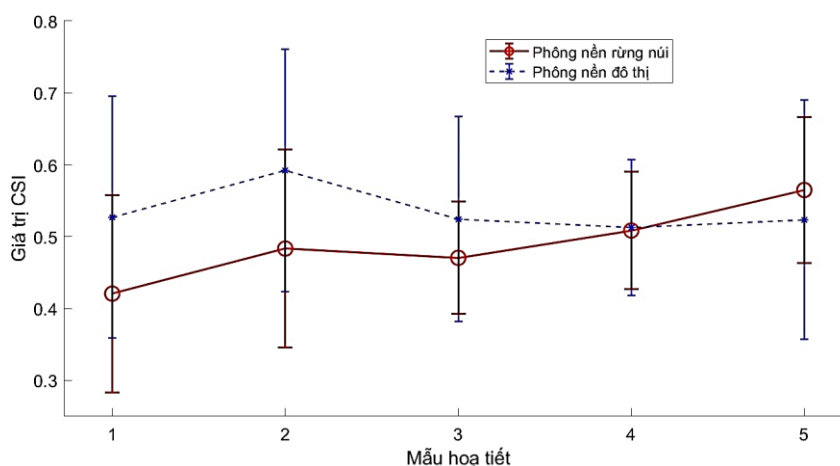
- + Thu thập 05 ảnh họa tiết nguy trang, và 02 ảnh phong nền;
- + Chuẩn hóa ảnh họa tiết cùng kích thước (50 x 170 điểm ảnh) với cùng định dạng ảnh “.jpg”;
- + Thực hiện lặp lại 100 lần, mỗi lần chọn ngẫu nhiên 1 vị trí trên ảnh phong nền với kích thước lấy mẫu (50x170 điểm ảnh), và tính toán chỉ số CSI và RMSE của ảnh họa tiết và vị trí lấy mẫu;
- + Tính giá trị trung bình của CSI và RMSE.

3.2. Kết quả tính toán chỉ số CSI và phân tích

Theo công thức (1), (2) và (3) kết hợp với lưu đồ tính toán ở hình 5, tính được giá trị CSI với giá trị được tô nền đậm là giá trị tương ứng phong nền rừng núi, theo bảng 1 và hình 6 sau:

Bảng 1. Giá trị CSI giữa ảnh họa tiết và ảnh 100 vị trí ngẫu nhiên của phong nền.

Họa tiết	Phong nền	Giá trị CSI			
		Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Đồi núi	0,2833	0,5695	0,4206	0,0600
	Đô thị	0,3578	0,7404	0,5271	0,0894
2	Đồi núi	0,3457	0,6472	0,4833	0,0656
	Đô thị	0,4235	0,7740	0,5920	0,0768
3	Đồi núi	0,3922	0,5864	0,4705	0,0387
	Đô thị	0,3816	0,7482	0,5242	0,0755
4	Đồi núi	0,4270	0,5889	0,5084	0,0374
	Đô thị	0,4185	0,6499	0,5127	0,0480
5	Đồi núi	0,4634	0,7192	0,5648	0,0520
	Đô thị	0,3572	0,6519	0,5236	0,0548



Hình 6. Giá trị CSI giữa ảnh họa tiết và vị trí ảnh trên phong nền.

Hình 6 là đồ thị khoảng giá trị và giá trị trung bình CSI của từng mẫu họa tiết so với 100 vị trí ngẫu nhiên trên ảnh phong nền đã chọn ở hình 4. Trục tung là chỉ số CSI, trục hoành là các mẫu họa tiết của trang phục nguy trang như đã nêu ở hình 1. Chỉ số CSI được tính cho từng cặp ảnh họa tiết với ảnh các vị trí của phong nền, do đó có sự thay đổi và tạo nên khoảng giá trị dọc theo đồ thị với điểm phía dưới là giá trị nhỏ nhất, điểm phía trên là giá trị lớn nhất, và giá trị trung bình ở chính giữa khoảng giá trị CSI được nối với nhau thành các đường nét liền và nét đứt. Ta thấy:

- + Chỉ số CSI giữa họa tiết nguy trang và các phong nền khác nhau là hoàn toàn khác nhau, điều đó cho thấy rằng với một dạng họa tiết nguy trang chỉ có hiệu quả nguy trang trên một loại phong nền địa hình nhất định, khó có thể có hiệu quả nguy trang trên nhiều phong nền khác nhau.

+ Đối với phong nền rừng núi, có thể thấy rằng họa tiết số 1 có hiệu quả nguy trang cao nhất, tiếp theo là họa tiết số 2, 3, 4 và họa tiết số 5 là kém hiệu quả nhất. Điều này tương đối phù hợp nếu đánh giá bằng trực quan, bởi họa tiết số 1 có các màu chủ đạo là xanh côm, xanh ô liu, xanh đậm và nâu đất, đây là các màu chủ đạo khá tương đồng với phong nền của rừng núi. Họa tiết số 2 cũng có các màu sắc khá giống với các màu sắc của họa tiết số 1, về tổng thể tông màu xanh, có độ sáng, không có màu sẫm do đó đạt hiệu quả thấp hơn họa tiết số 1. Các họa tiết số 3, 4, 5 với tông màu chủ đạo là xanh da trời, xanh nước biển nên không đạt độ tương đồng với phong nền rừng núi.

+ Đối với phong nền đô thị, có thể thấy rằng kết quả gần như ngược lại so với phong nền rừng núi, cụ thể họa tiết số 4 có hiệu quả nhất, tiếp đến là họa tiết số 3, 5, 1 và họa tiết số 2 là kém hiệu quả nhất. Về mặt trực quan, có thể thấy rằng phong nền đô thị mặc dù có sự xuất hiện của cây xanh, tuy nhiên về tổng thể thì màu sắc và độ sáng có tính chất hỗn hợp, các màu chủ đạo thường là các mảng màu xám và trắng của nền đường, của bê tông, tường gạch,... Do đó, với phong nền đô thị thì họa tiết số 4, 5 có hiệu quả nguy trang cao hơn so với các họa tiết số 1 và 2.

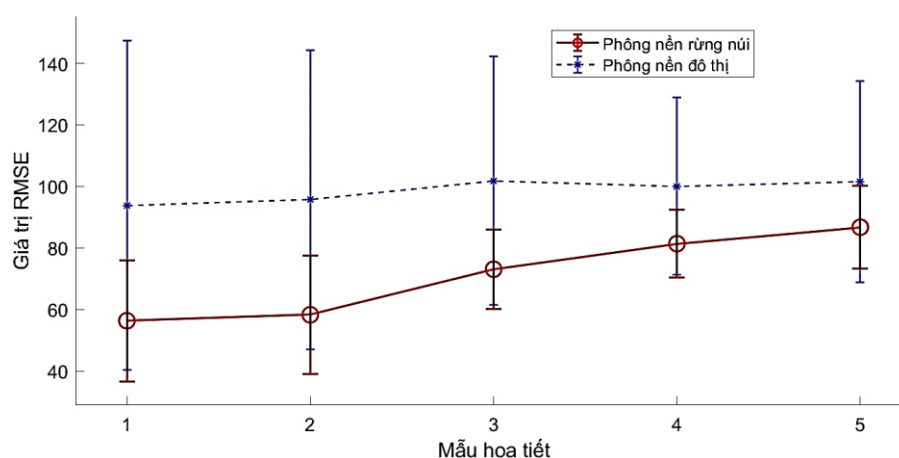
+ Về biên độ của khoảng giá trị CSI, ở phong nền rừng núi thì họa tiết số 3, 4 có biên độ giá trị nhỏ, trong khi đó họa tiết số 1, 2 có biên độ giá trị lớn. Ở phong nền đô thị, họa tiết số 4 có biên độ giá trị nhỏ nhất.

3.3. Kết quả tính toán chỉ số RMSE và phân tích

Tương tự với tính chỉ số CSI, kết quả tính RMSE được trình bày ở bảng 2 và đồ thị ở hình 7, với giá trị RMSE được tô nền đậm là giá trị tương ứng phong nền rừng núi.

Bảng 2. Giá trị RMSE giữa ảnh họa tiết và ảnh 100 vị trí ngẫu nhiên của phong nền.

Họa tiết	Phong nền	Giá trị RMSE			
		Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Đồi núi	36,6312	104,9074	56,3188	18,7533
	Đô thị	40,2606	171,0213	93,7715	34,9420
2	Đồi núi	39,0175	92,6351	58,2557	14,9489
	Đô thị	47,0274	162,5380	95,6858	30,8545
3	Đồi núi	60,2373	93,8340	73,0672	7,8040
	Đô thị	61,3818	156,6357	101,7917	25,1550
4	Đồi núi	70,4549	96,1935	81,3792	5,7281
	Đô thị	71,1671	142,3635	100,0623	18,0498
5	Đồi núi	73,1738	108,3361	86,7180	9,1925
	Đô thị	68,7141	135,8872	101,4986	15,9619



Hình 7. Giá trị RMSE giữa ảnh họa tiết và vị trí ảnh trên phong nền.

Hình 7 là đồ thị khoảng giá trị và giá trị trung bình RMSE của từng mẫu họa tiết so với 100 vị trí ngẫu nhiên trên ảnh phong nền đã chọn ở hình 4. Trục tung là giá trị RMSE, trục hoành là các mẫu họa tiết như đã nêu ở hình 1. Giá trị RMSE được tính cho từng cặp ảnh họa tiết với ảnh các vị trí của phong nền, và giá trị trung bình ở chính giữa khoảng giá trị được nối với nhau thành các đường nét liền và nét đứt như hình 7. Dựa trên đồ thị RMSE ta có thể nhận xét như sau:

+ Kết quả tính toán RMSE tương đồng với kết quả tính toán chỉ số CSI giữa họa tiết nguy trang và các phong nền khác nhau, cho thấy hiệu quả của các họa tiết nguy trang với phong nền khác nhau là hoàn toàn khác nhau.

+ Đối với phong nền rừng núi, có thể thấy rằng họa tiết số 1 có hiệu quả nhất, tiếp theo là họa tiết số 2,3,4. Hai họa tiết số 1 và 2 có giá trị RMSE rất nhỏ và tương đối gần nhau. Kết quả này tương đồng với các kết quả phân tích thông qua chỉ số CSI.

+ Đối với phong nền đô thị, mức độ chênh lệch giá trị RMSE trung bình giữa các họa tiết là không thực sự rõ ràng, tuy nhiên, khoảng giá trị RMSE có biên độ lớn.

Như vậy, thông qua việc tính toán các giá trị CSI và RMSE giữa ảnh họa tiết và ảnh phong nền cho thấy các kết quả đánh giá mức độ hiệu quả nguy trang là tương đồng nhau. Các kết quả mô phỏng tính toán đã làm rõ họa tiết số 1, 2 có hiệu quả tốt nhất trên phong nền rừng núi, và các họa tiết có hiệu quả gần giống nhau trên phong nền đô thị. Vì giá trị CSI nằm trong phạm vi $[0, 1]$ trong khi RMSE có khoảng giá trị khá lớn, do đó sử dụng chỉ số RMSE sẽ khó khăn trong việc đánh giá sự chênh lệch về mức độ hiệu quả nguy trang của các họa tiết, cụ thể là trong phong nền đô thị.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày phương pháp đánh giá hiệu quả nguy trang của các họa tiết nguy trang so với 2 phong nền tiêu biểu là rừng núi và đô thị thông qua mô phỏng máy tính. Bằng việc xây dựng các mẫu ảnh họa tiết và mẫu ảnh các vị trí của phong nền rừng núi và đô thị, tiến hành tính toán các chỉ số CSI và RMSE để đánh giá định lượng mức độ tương đồng giữa ảnh họa tiết và ảnh phong nền, từ đó, đánh giá được hiệu quả nguy trang của họa tiết. Kết quả mô phỏng cho thấy:

+ Chỉ số CSI là công cụ tin cậy trong đánh giá hiệu quả nguy trang vùng nhìn thấy thông qua hình ảnh, đặc biệt là đối với các mẫu họa tiết có cùng kết cấu nhưng khác nhau về màu sắc.

+ Mỗi loại họa tiết nguy trang chỉ có hiệu quả nguy trang với một phong nền, khó có thể có hiệu quả nguy trang với nhiều phong nền khác nhau.

+ Cần có sự đánh giá, lựa chọn các họa tiết nguy trang phù hợp với từng phong nền cụ thể thông qua các phương pháp đánh giá tin cậy để có hiệu quả nguy trang cao nhất.

+ Sự cần thiết phải nghiên cứu, áp dụng các phương thức nguy trang thông minh có thể tự thay đổi kiểu họa tiết thích nghi với nhiều phong nền.

Kết quả của bài báo làm cơ sở bước đầu trong việc áp dụng các phương pháp đánh giá hiệu quả nguy trang thông qua mô phỏng máy tính, có tính chất định lượng phục vụ đánh giá, nghiệm thu sản phẩm nguy trang trong quá trình nghiên cứu phát triển và thiết kế chế tạo. Trong thời gian tới, cần mở rộng nghiên cứu, áp dụng các chỉ số đánh giá, phương pháp khác để tiếp tục xây dựng và hoàn thiện các bộ công cụ đánh giá hiệu quả nguy trang có độ tin cậy và hiệu quả.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí của Sở Khoa học và Công nghệ Hà Nội, sự phối hợp của Bộ Tư lệnh Thủ đô Hà Nội để hoàn thiện các nội dung của bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. J. R. Rao, "Introduction to camouflage and deception," Defence research & development organisation, Ministry of Defence, New Delhi, (1999).
- [2]. Đ. X. Doanh và cộng sự, "Phương pháp đánh giá đa tiêu chí ứng dụng trong lĩnh vực nguy trang," Tạp chí Nghiên cứu khoa học và công nghệ quân sự, Số Đặc san Hội thảo Quốc gia FEE 2022, tr. 154-163, (2022).

-
- [3]. A. O. Ramsley, "Camouflage patterns – effects of size and color," NXB PN, tr. 5-21, (1979).
- [4]. T. R. O'Neill, "Dual-tex 2: Field evaluation of dual-tex gradient pattern," USMA, West Point, N.Y. City, pp. 1-13, (1977).
- [5]. M. Friskovec *et al.*, "Design and evaluation of a camouflage pattern for the Slovenian urban environment," J. of Imaging Science and Technology, Vol. 020507, tr. 1-11, (2010).
- [6]. C. Lin *et al.*, "Developing a similarity index for static camouflaged target detection," The Imaging Science Journal, Vol. 62, no. 6, pp. 337-341, (2013).
- [7]. Y. T. Prasetyo *et al.*, "Assessing Indonesian Military Camouflage using Camouflage Similarity Index (CSI) Algorithm," MSIE 2020, doi: 10.1145/3396743.3396775.
- [8]. H C. J. Lin *et al.*, "Optimization of color design for military camouflage in CIELAB color space," Color Research & Application, vol.44, no. 3, pp. 367–380, (2019).
- [9]. Y. T. Prasetyo, "Evaluating Existing China Military Camouflage Designs using Camouflage Similarity Index(CSI)," Proceedings of the 5th International Conference on Industrial and Business Engineering - ICIBE2019, (2019).
- [10]. X. Yang *et al.*, "MF-CFI: A fused evaluation index for camouflage patterns based on human visual perception," Defence Technology, Vol 17, Issue 5, pp. 1602-1608, (2021).
- [11]. Tiêu chuẩn cơ sở "Vải chéo CVC in loang K20", TCQS 554:2020/TCHC.

ABSTRACT

A method to evaluate camouflage effectiveness by computer simulation

In recent years, the investment in research and application of new camouflage patterns with higher camouflage efficiency has shown the increasingly important role of camouflage. This paper presents a method to evaluate the effectiveness of camouflage by computer simulation based on images of camouflage patterns and backgrounds and using the similarity evaluation indexes of images such as CSI, RMSE, etc. On the basis of using 5 camouflage patterns and 2 typical background images of mountains and urban areas, the computational simulation results on Matlab have clarified the difference in the camouflage efficiency of the patterns. With simplicity in simulation calculation and high reliability, this method serves as a basis for evaluating and selecting camouflage patterns suitable for each terrain during application research and the consideration of purchasing camouflage systems from abroad for use in our country.

Keywords: Background; Camouflage pattern; Camouflage assessment; CSI; RMSE; Matlab.