

## Phương pháp đánh giá đa tiêu chí ứng dụng trong lĩnh vực ngụy trang

Đỗ Xuân Doanh\*, Trần Tiến Bảo, Nguyễn Thành Lâm, Nguyễn Anh Tuấn

Viện Vật lý Kỹ thuật/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

\*Email: xuandoanh.mipt@gmail.com

Nhận bài: 30/8/2022; Hoàn thiện: 24/11/2022; Chấp nhận đăng: 28/11/2022; Xuất bản: 23/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.FEE.2022.154-163>

### TÓM TẮT

*Ngụy trang đã có một lịch sử lâu đời trong quá trình tiến hóa của nhân loại và phát triển nhanh chóng kể từ đầu thế kỷ XX cùng với công nghệ điện tử và quang học. Ở Việt Nam, ngoài cách tiếp cận truyền thống, ngụy trang hiện đại đã thu hút các nhà nghiên cứu trong và ngoài quân đội. Tuy nhiên, việc đánh giá hiệu quả ngụy trang vẫn đang ở giai đoạn đầu với việc thiếu các tiêu chí chính thức và tài liệu tham khảo. Trong bài viết này, chúng tôi đề xuất phương pháp đánh giá hiệu quả ngụy trang trong quang phổ ánh sáng nhìn thấy ứng dụng thuật toán đa tiêu chí, kết hợp với phương pháp đánh giá trực quan bằng mắt người để so sánh, đánh giá. Kết quả mô phỏng trên máy tính cho thấy phương pháp đánh giá đa tiêu chí có độ tin cậy cao, cho kết quả tương đồng với phương pháp đánh giá trực quan.*

**Từ khóa:** Ngụy trang vùng nhìn thấy; Hoa văn; Phong nền; Thuật toán đa tiêu chí TOPSIS; Matlab.

### 1. MỞ ĐẦU

Ngụy trang và nghi trang đã có lịch sử lâu đời từ thời cổ đại. Con người đã học cách sao chép cách thực vật và động vật ẩn mình và áp dụng những kỹ thuật này cho các hoạt động khác nhau, đặc biệt là trong chiến tranh. Sự phát triển của các phương pháp và kỹ thuật ngụy trang đã đạt được nhiều thành tựu đáng kể. Tuy nhiên, với những tiến bộ trong vật lý quang học, điện tử và công nghệ quân sự kể từ đầu thế kỷ 20, việc ngụy trang và nghi trang đã trở nên phức tạp hơn về mặt công nghệ và chiến lược [1]. Do các khía cạnh quân sự của vấn đề này, mỗi quốc gia hoặc mỗi quân đội luôn giữ bí mật về các kỹ thuật và công nghệ ngụy trang, nghi trang của họ, do đó, thực tế cho thấy rất khó để tiếp cận các công nghệ cũng như truy cập tài liệu tham khảo về chủ đề này. Điều này gây khó khăn cho các nhà nghiên cứu quan tâm đến lĩnh vực này. Ngoài cách tiếp cận ngụy trang và nghi trang luôn được giữ bí mật, việc đánh giá các công nghệ này lại càng là một vấn đề khó tiếp cận hơn nữa, và không có tiêu chí công khai nào để đánh giá hiệu quả ngụy trang. Vấn đề này không chỉ xảy ra ở Việt Nam mà thực tế ở nhiều quốc gia khác trên thế giới [1].

Ở nước ta, trong những năm gần đây, mối quan tâm đến ngụy trang và nghi trang đã tăng lên trong quá trình phát triển công nghệ quân sự. Một số nghiên cứu liên quan đến chủ đề này chủ yếu tập trung vào việc xem xét vật liệu ngụy trang, đưa ra một số gợi ý về các đặc tính lý hóa, đặc tính nhiệt và hồng ngoại cũng như các yêu cầu liên quan đến đặc tính của radar. Một nghiên cứu khác được thực hiện bởi các nhà nghiên cứu thuộc Viện Khoa học và Công nghệ quân sự nhằm nghiên cứu chế tạo các bộ trang phục ngụy trang ảnh nhiệt ứng dụng cho người lính, đã đạt được một số thành tựu nhất định [2]. Tuy nhiên, nhìn chung các công trình nghiên cứu này cơ bản không quan tâm đến nghiên cứu ngụy trang vùng nhìn thấy mà chỉ tập trung ngụy trang vùng hồng ngoại, ảnh nhiệt. Dẫn đến, quá trình nghiệm thu sản phẩm, đánh giá các hiệu quả ngụy trang được thực hiện một cách tương đối đơn giản, phụ thuộc nhiều vào yếu tố chủ quan, thiếu phương pháp đánh giá bài bản, khoa học và thuyết phục. Việc đánh giá hiệu quả ngụy trang cần phải được đánh giá trên phương diện trực quan (định tính) và cả đánh giá dựa trên phần mềm máy tính hay các phương tiện đo (định lượng) thông qua các mô hình toán học.

Phương pháp đánh giá hiệu quả ngụy trang truyền thống áp dụng phương pháp thí nghiệm hiện trường và quan sát hiện trường bị ảnh hưởng rất nhiều bởi yếu tố chủ quan của người quan sát, đòi hỏi nhiều nhân lực, vật lực và thời gian [3]. Để giải quyết những vấn đề này, nhiều nhà

nghiên cứu đã thực hiện các nghiên cứu áp dụng các mô hình toán, phần mềm để đánh giá một cách khoa học. Tiêu biểu là mô hình đánh giá chỉ số tương đồng nguy trang (Camouflage Similarity Index-CSI) [4], phân tích biểu đồ xám [5], hay so sánh các điểm nổi bật giữa mục tiêu và phông nền do Schoene và cộng sự đề xuất [6]. Các phương pháp này thường sử dụng một chỉ số duy nhất để đánh giá hiệu quả nguy trang nên chỉ có thể áp dụng trong một số trường hợp nhất định mà không thể nhận được kết quả đánh giá đáng tin cậy cho hầu hết các trường hợp. Một số phương pháp mới được Wang và cộng sự [7-10] đề xuất sau này dựa trên lý thuyết tập hợp gần đúng sai, hay dựa trên công nghệ khôi phục hình ảnh, nhưng việc xác định nhanh các tham số mô hình và chất lượng phục hồi hình ảnh sẽ ảnh hưởng đến kết quả đánh giá và ảnh hưởng của trọng số của các chỉ số đánh giá đến việc đánh giá kết quả không được xem xét làm cho các phương pháp này tỏ ra hạn chế. Yu và cộng sự [11] đề xuất mô hình đánh giá hiệu quả nguy trang dựa trên mạng nơron lan truyền ngược, phương pháp này yêu cầu một số lượng dữ liệu mẫu đáng tin cậy, nhưng thường khó có được dữ liệu mẫu chất lượng cao. Để giải quyết các vấn đề tồn tại của các phương pháp nêu trên, Wang và cộng sự [12] đã đề xuất một phương pháp đánh giá đa tiêu chí bằng cách sử dụng phương pháp điểm lý tưởng TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution). Phương pháp này dựa trên một số tiêu chí đặc trưng của hình ảnh của phông nền và hoa văn nguy trang như: độ sáng, màu sắc, kết cấu, hình dạng, đặc điểm vùng ranh giới để đánh giá trên TOPSIS. Tuy nhiên, có một số hạn chế như:

- Tiêu chí về màu sắc không sử dụng chỉ số CSI mặc dù đây là một trong những tiêu chí đánh giá tin cậy về độ tương đồng màu sắc, và độ tương đồng nguy trang khi đánh giá các mẫu hoa văn nguy trang với phông nền.

- Kết quả kiểm nghiệm chỉ thực hiện trên một bộ ảnh dữ liệu. Trong đó, các hoa văn về cơ bản là hoa văn dạng số do đó kết cấu của các hoa văn có nhiều điểm tương đồng. Điều này làm mất đi tính ý nghĩa của chỉ số kết cấu khi đưa vào đánh giá. Trên thực tế, các hoa văn dạng mảng màu loang (Disruptive Pattern Material - DPM), hoa văn dạng lá (Engineer Research & Development Laboratories -ELDR) hay hoa văn đa địa hình (Multi-Terrain Pattern - MTP) cũng được sử dụng phổ biến.

- Kết quả đánh giá thông qua TOPSIS không được so sánh, kiểm chứng với kết quả đánh giá trực quan của nhóm chuyên gia, do đó, không làm rõ được sự tương quan của các phương pháp đánh giá cũng như độ tin cậy của phương pháp đánh giá thông qua TOPSIS.

Để giải quyết những hạn chế nêu trên, bài báo tiếp cận theo hướng sau :

- Phương pháp đánh giá phải là sự kết hợp giữa 2 hướng tiếp cận thông qua đánh giá trực quan của nhóm chuyên gia và đánh giá định lượng thông qua TOPSIS.

- Sử dụng chỉ số CSI là một tiêu chí đánh giá của TOPSIS. Chỉ số này có thể thay thế cho tiêu chí Đặc điểm vùng ranh giới mà Wang sử dụng.

- Đánh giá trên 2 bộ ảnh phông nền và hoa văn khác nhau, tổng hợp kết quả 2 hướng tiếp cận để làm kết quả đánh giá chung.

Bài báo sẽ tập trung trình bày nội dung phương pháp đánh giá hiệu quả nguy trang vùng nhìn thấy dựa trên ảnh chụp bằng trực quan và bằng chương trình Matlab ở mục 2, các kết quả và phân tích được trình bày ở mục 3.

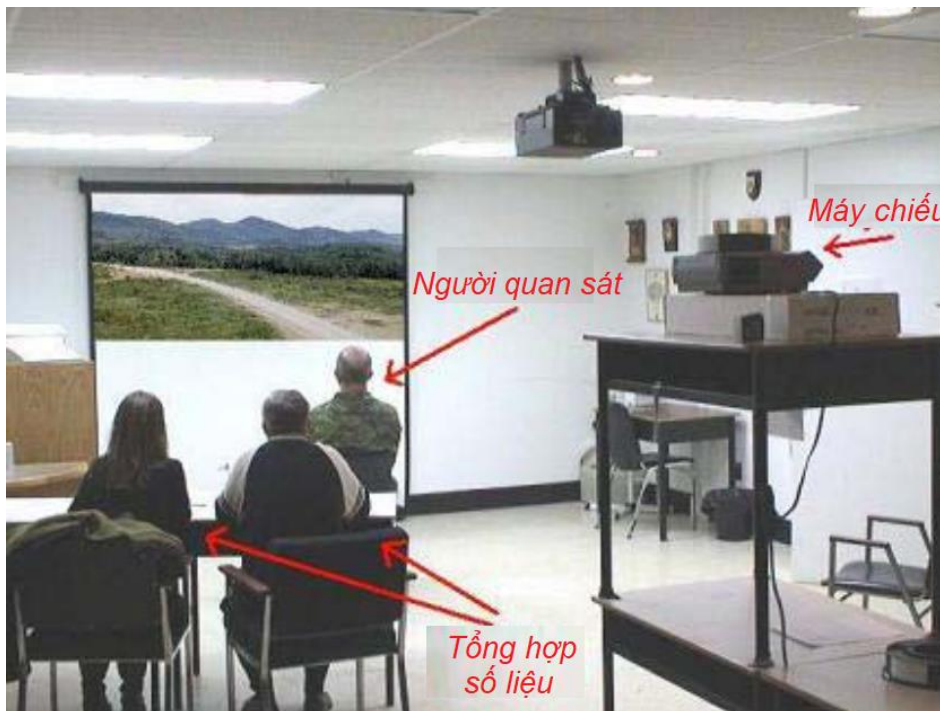
## **2. NỘI DUNG CẦN GIẢI QUYẾT**

### **2.1. Xây dựng phương án đánh giá**

Để đánh giá hiệu quả nguy trang của các sản phẩm nguy trang hoặc các họa tiết nguy trang trong vùng ánh sáng nhìn thấy, nhóm nghiên cứu tiến hành so sánh các mẫu họa tiết hoặc mẫu sản phẩm ấy với một phông nền mục tiêu mà có thể áp dụng các họa tiết nguy trang đang so sánh.

#### *2.1.1. Sử dụng đánh giá định tính bằng trực quan của người quan sát*

Việc so sánh đối chiếu có thể thực hiện theo hai cách. Cách thứ nhất, quan sát trực tiếp - khi đó, các mẫu nguy trang ấy được đem đặt trực tiếp vào phòng nền mục tiêu, sau đó, triển khai sự quan sát bằng một lực lượng quan sát viên. Cách thứ hai, quan sát gián tiếp thông qua hình ảnh - tức các mẫu nguy trang ấy được đặt trong phòng nền mục tiêu, sau đó, sử dụng một máy ảnh để chụp lại sự hòa hợp của các mẫu với phòng nền, hoặc chụp riêng ảnh của các sản phẩm và phòng nền, tạo ra các bộ ảnh của các họa tiết và phòng nền, sau đó, tiến hành đánh giá sử dụng người quan sát các bức ảnh và ghi lại tính hòa hợp tương đối của các họa tiết với các phòng nền. Khi tiến hành đánh giá, lượng người đánh giá phải đảm bảo đủ lớn, theo tài liệu đã được giải mật của NATO, số quan sát viên cần thiết là không nhỏ hơn 10 [3]. Yêu cầu này nhằm đảm bảo về xử lý số liệu thống kê có độ tin cậy và cũng đảm bảo về chi phí về hậu cần và nhân lực đáp ứng được.



**Hình 1.** Quan sát hình ảnh chụp phòng nền và đối tượng để đánh giá hiệu quả nguy trang [3].

Việc ghi chép đánh giá hiệu quả nguy trang được thực hiện thông qua các phiếu đánh giá. Trước khi đánh giá, người thực hiện đánh giá cần được cung cấp đầy đủ về phương pháp đánh giá, cách thức ghi kết quả đánh giá, và phải đảm bảo rằng sự đánh giá của họ không phụ thuộc vào sự đánh giá của các quan sát viên khác. Việc tổng kết các kết quả đánh giá riêng lẻ của các quan sát viên sẽ cho ra kết quả về hiệu quả nguy trang của sản phẩm hoặc họa tiết nguy trang cần nghiên cứu.

### 2.1.2. Sử dụng đánh giá định lượng bằng phương pháp đánh giá đa tiêu chí TOPSIS

Phương pháp liên kết tập mờ TOPSIS là một phương pháp thường được sử dụng trong phân tích quyết định đa tiêu chí, còn được gọi là phương pháp khoảng cách giải pháp tốt và xấu. Nguyên tắc cơ bản của phương pháp TOPSIS là xếp hạng ưu và nhược điểm của các lược đồ đánh giá khác nhau theo mức độ gần gũi của chúng với các lược đồ lý tưởng [12]. Đầu tiên, các giải pháp lý tưởng tích cực PIS (Positive Ideal Solution) và các giải pháp lý tưởng tiêu cực NIS (Negative Ideal Solution). Giải pháp được chọn là giải pháp có khoảng cách ngắn nhất từ PIS và khoảng cách xa nhất với NIS. Giả sử có  $m$  đối tượng,  $n$  tiêu chí đánh giá. Các tiêu chí đánh giá của các đối tượng được trình bày thành ma trận  $X=[x_{ij}]_{mn}$ . Có thể tóm tắt phương pháp này thông qua các bước sau:

*Bước 1 : Chuẩn hóa dữ liệu nghiên cứu :*

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n) \quad (1)$$

*Bước 2: Tính giá trị Entropy, giá trị khác biệt Entropy và trọng số Entropy:*

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad (1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n) \quad (2)$$

Quy ước:  $0 \ln 0 \equiv 0$ . Khi đó, giá trị khác biệt Entropy là:

$$G_j = 1 - E_j \quad (1 \leq j \leq n) \quad (3)$$

Trọng số Entropy được tính như sau:

$$a_j = \frac{G_j}{\sum_{j=1}^n G_j} \quad (1 \leq j \leq n) \quad (4)$$

*Bước 3: Xây dựng ma trận trọng số chuẩn hóa:*

$$V = (v_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} a_1 r_{11} & \cdots & a_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_1 r_{m1} & \cdots & a_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

*Bước 4: Tính nghiệm giải pháp lý tương tích cực PIS và giải pháp lý tương tiêu cực NIS:*

$$\begin{aligned} V^+ &= \left\{ (\max_i v_{ij} | j = 1, 2, \dots, n) | i = 1, 2, \dots, m \right\} \\ V^- &= \left\{ (\min_i v_{ij} | j = 1, 2, \dots, n) | i = 1, 2, \dots, m \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

*Bước 5: Tìm liên kết mờ của trị tuyệt đối cho hình chiếu thứ i và j:*

$$r_{ij}^+ = \frac{m + \sigma M}{\Delta_{ij}^+ + \sigma M} \sigma \in (0, 1), \quad r_{ij}^- = \frac{m + \sigma M}{\Delta_{ij}^- + \sigma M} \sigma \in (0, 1) \quad (7)$$

Trong đó:  $\Delta_{ij}^+ = |V_j^+ - v_{ij}|$ ,  $m = \min_i \min_j \Delta_{ij}^+$ ,  $M = \max_i \max_j \Delta_{ij}^+$ ,

$$\Delta_{ij}^- = |V_j^- - v_{ij}|, \quad m = \min_i \min_j \Delta_{ij}^-, \quad M = \max_i \max_j \Delta_{ij}^-, \quad \sigma = 0.5 \text{ (hệ số sai biệt).}$$

*Bước 6: Tính ma trận hình chiếu  $R^+$  và  $R^-$ :*

$$R^+ = \begin{bmatrix} r_{11}^+ & \cdots & r_{1n}^+ \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1}^+ & \cdots & r_{mn}^+ \end{bmatrix}, \quad R^- = \begin{bmatrix} r_{11}^- & \cdots & r_{1n}^- \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1}^- & \cdots & r_{mn}^- \end{bmatrix} \quad (8)$$

Từ ma trận hình chiếu lý tương tính hình chiếu lý tương:

$$R_i^+ = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij}^+ \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad R_i^- = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij}^- \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

*Bước 7: Tính liên kết mờ và khoảng cách tương đối:*

$$\begin{aligned} C_i &= \frac{R_i^+}{R_i^+ + R_i^-} \quad (i=1, 2, 3, \dots, m) \\ R_i^+, R_i^- &\in (1, 1] \rightarrow C_i \in (0, 1) \end{aligned} \quad (10)$$

*Bước 8: Căn cứ vào giá trị  $C_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, m$ ) để xếp hạng các đối tượng nghiên cứu, đối tượng nào có  $C_i$  lớn hơn thì được đánh giá là tốt hơn.*

Như vậy, bằng việc xác định n tiêu chí để đánh giá cho m đối tượng, thực hiện các bước trên ta sẽ tính được giá trị xếp hạng  $C_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, m$ ) của m đối tượng. Việc xác định các tiêu chí đánh giá sẽ được trình bày ở phần tiếp theo.

## **2.2. Xây dựng các tiêu chí để áp dụng TOPSIS**

Để áp dụng TOPSIS cho mục tiêu đánh giá hiệu quả ngụy trang từ các bức ảnh thu được từ phòng nền và ảnh của các hoa văn ngụy trang, cần xây dựng các tiêu chí đánh giá phù hợp. Đối với ngụy trang vùng nhìn thấy, căn cứ vào đặc điểm thị giác của mắt người, bài báo lựa chọn các tiêu chí cơ bản của hoa văn ngụy trang có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả ngụy trang đó là: Độ sáng, Màu sắc hệ màu Lab (viết tắt của hệ màu có 3 kênh gồm độ sáng Lightness và kênh a và b) và hệ màu HSV (viết tắt của Hue, Saturation, Value), kết cấu và hình dạng để áp dụng TOPSIS.

### 2.2.1. Độ sáng

Độ sáng là một tiêu chí đánh giá rất thực tế và có mối quan hệ mật thiết với thị lực con người. Vì không gian màu Lab là một hệ thống màu dựa trên các đặc điểm sinh lý và xác định độ sáng đồng đều phù hợp với đặc điểm thị giác của mắt người, bài báo này chọn hệ màu Lab để trích xuất các đặc điểm độ sáng của hình ảnh. 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 xử lý các đặc trưng liên quan đến độ sáng của ảnh thì ảnh ở hệ màu RGB cần được chuyển sang hệ màu khác theo một số phép biến đổi cụ thể do Ủy ban chiếu sáng quốc tế quy định. Chuyển hình ảnh từ không gian màu RGB sang không gian màu Lab bằng 2 bước [2, 12] theo công thức (11), (12) và (13) dưới đây:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,41245 & 0,35758 & 0,18042 \\ 0,21267 & 0,71516 & 0,07217 \\ 0,01933 & 0,11919 & 0,95023 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$L = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16; a = 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right]; b = 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right] \quad (12)$$

Trong đó,  $X_n = 0,950456$ ,  $Y_n = 1$ ,  $Z_n = 1,088754$  là những hằng số và  $f(t)$  là một hàm như sau:

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & 1 \geq t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3}\left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29}, & 0 \leq t \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3 \end{cases} \quad (13)$$

Khi đó, sai khác về độ sáng giữa ảnh phòng nền và ảnh hoa văn sẽ được tính theo công thức:

$$S_L = \frac{|L_b - L_c|}{\max(L_b, L_c)} \quad (14)$$

Trong đó,  $L_b$  là giá trị độ sáng trung bình của ảnh phòng nền,  $L_c$  là giá trị độ sáng trung bình của ảnh hoa văn ngụy trang, chính là giá trị  $L$  tính theo công thức (12) lần lượt với ảnh phòng nền và ảnh hoa văn.  $S_L$  càng nhỏ thì hiệu quả ngụy trang càng lớn và ngược lại.

### 2.2.2. Màu sắc hệ màu Lab

Chỉ số tương đồng ngụy trang CSI khai thác các tham số gồm độ sáng tối, các kênh màu trong hệ màu Lab để tiến hành đánh giá mức độ tương đồng màu sắc ngụy trang của ảnh hoa văn với ảnh phòng nền [4]. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu sử dụng chỉ số CSI là một tiêu chí đánh giá. Chỉ số CSI được tính theo công thức (15) và (16):

$$CSI = \frac{\Delta E_{bc}}{\Delta E_{max}} \quad (15)$$

$$\Delta E_{bc} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(L_{bi} - L_{ci})^2 + (a_{bi} - a_{ci})^2 + (b_{bi} - b_{ci})^2\}^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

$$\Delta E_{max} = \max_{0 \leq i \leq n} \{(L_{bi} - L_{ci})^2 + (a_{bi} - a_{ci})^2 + (b_{bi} - b_{ci})^2\}^{1/2}$$

Trong đó,  $L_{bi}$ ,  $a_{bi}$ ,  $b_{bi}$  là giá trị CIE Lab của điểm ảnh thứ  $i$  của ảnh phong nền,  $L_{ci}$ ,  $a_{ci}$ ,  $b_{ci}$  là giá trị Lab của điểm ảnh thứ  $i$  của ảnh hoa văn ngẫu trang. CSI nằm trong khoảng từ 0 đến 1 và giá trị 0 tốt nhất đạt được nếu ngẫu trang kết hợp hoàn hảo với nền. Chỉ số CSI càng nhỏ thì có nghĩa màu sắc ảnh của hoa văn có mức độ tương đồng cao với ảnh phong nền, hay nói cách khác hiệu quả ngẫu trang cao và ngược lại.

### 2.2.3. Màu sắc hệ màu HSV

Đặc điểm màu sắc là một trong những thuộc tính thị giác quan trọng trong các đặc điểm cơ bản của thị giác con người. Nó đại diện cho sự phản xạ của bề mặt vật thể đối với các quang phổ khác nhau. Trong bài báo này, không gian màu HSV gắn với nhận thức thị giác của con người được lựa chọn để trích xuất các đặc điểm màu [12]. Tùy theo đặc điểm thị giác của mắt người và các yêu cầu về màu sắc của ngẫu trang mục tiêu, các miền giá trị HSV của không gian màu được lượng tử hóa. Có nhiều phương pháp lượng tử hoá, tham khảo [12] nhóm nghiên cứu tiến hành lượng tử hoá các thành phần H,S,V tương ứng thành 12, 5 và 5 bin. Như vậy, ta sẽ có lược đồ histogram lượng tử hoá gồm  $12 \times 5 \times 5 = 300$  bin. Kết quả lượng tử hóa được tổng hợp thành giá trị màu sắc đã lượng tử hóa  $Q$  được tính bởi công thức (17) như sau [12]:

$$Q = 25H + 5S + V \quad (17)$$

Trong đó,  $Q=0,1,2,\dots,299$  [12] là 300 bin của histogram. Sau khi chuẩn hóa  $Q$ , có thể thấy thành phần  $H$  sẽ gây ảnh hưởng nhất, tiếp theo là  $S$  và đến  $V$  theo công thức (17). Giả sử ta thu được 2 véc tơ chuẩn hóa màu sắc của ảnh phong nền và ảnh hoa văn lần lượt là  $\mathbf{H}_b[i]$ ,  $\mathbf{H}_c[i]$  ( $i=1,2,\dots,300$ ) thì phép giao của hai biểu đồ histogram màu của 2 véc tơ này chính là đặc trưng về độ tương đồng màu sắc hệ màu HSV của hoa văn và phong nền, được tính như sau:

$$S_H = \sum_{i=1}^{300} \min(\mathbf{H}_b[i], \mathbf{H}_c[i]) \quad (18)$$

### 2.2.4. Kết cấu

Kết cấu là một tính năng quan trọng của hình ảnh, không phụ thuộc vào độ sáng hoặc màu sắc và có thể phản ánh rõ ràng sự đồng nhất các thông tin trong bức ảnh. Để loại bỏ ảnh hưởng đến các tính năng kết cấu, thuật toán chế độ nhị phân cục bộ (Local Binary Patterns - LBP) dựa trên sự bất biến về độ chiếu sáng không gian hoặc thuật toán ma trận đồng hiện (Gray Co-occurrence Matrix) được sử dụng để trích xuất các đặc điểm kết cấu của hình ảnh. Để đơn giản hoá tính toán, bài báo sử dụng đánh giá nhị phân cục bộ của hình ảnh để so sánh kết cấu [12].

### 2.2.5. Hình dạng

Khai thác các đặc trưng bất biến của hình ảnh được sử dụng phổ biến để khai thác hình dạng ảnh. Bài báo sử dụng véc tơ khoảnh khắc bất biến Hu (Hu moment invariants) để thu được hình dạng phức tạp dưới dạng véc tơ 7 chiều của ảnh phong nền và ảnh hoa văn [12,13]. Nếu coi  $\mathbf{f}_b$  và  $\mathbf{f}_c$  lần lượt là véc tơ khoảnh khắc bất biến Hu của ảnh phong nền và ảnh hoa văn đã được chuẩn hóa và việc tính toán các véc tơ này tham khảo [13], thì độ tương đồng về hình dạng được tính bởi khoảng cách Euclidean giữa các véc tơ Hu:

$$S_{Hu} = d(\mathbf{f}_b, \mathbf{f}_c) = \sqrt{(f_{b1} - f_{c1})^2 + (f_{b2} - f_{c2})^2 + \dots + (f_{b7} - f_{c7})^2} \quad (19)$$

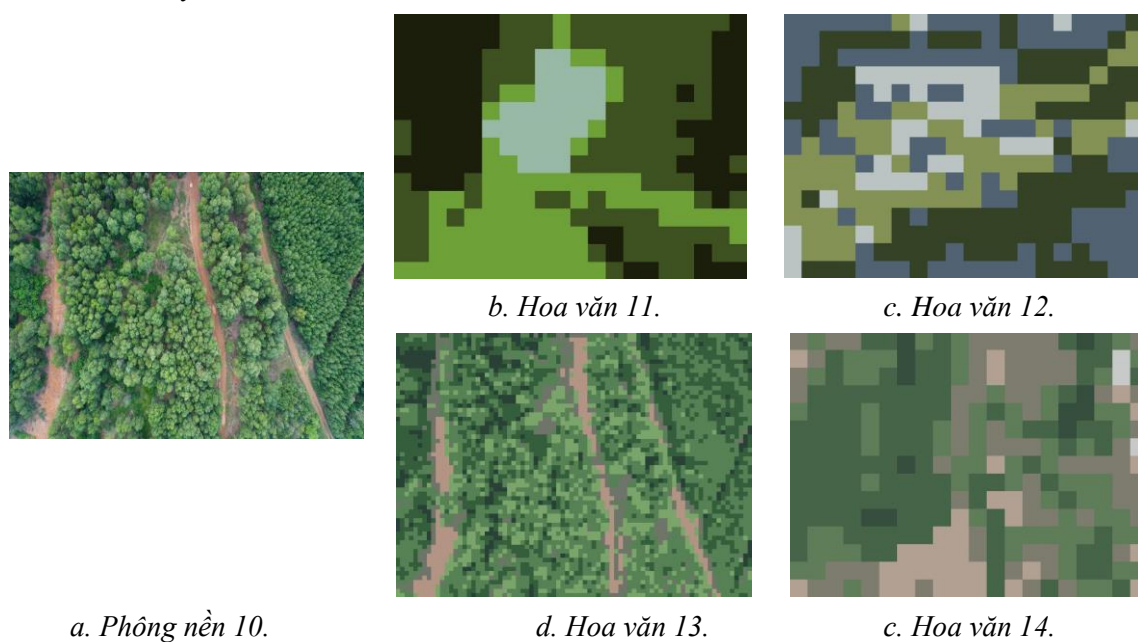
## 3. THỰC NGHIỆM, MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN, THẢO LUẬN

### 3.1. Số liệu đầu vào

Tiến hành thực nghiệm và mô phỏng với hai bộ ảnh đầu vào, mỗi bộ ảnh gồm năm ảnh (ảnh màu RGB, định dạng .jpg, độ phân giải tối thiểu 640x480 pixel) trong đó có một ảnh chụp “Phong nền” là ảnh chụp phong nền, trộn địa tác chiến; và bốn ảnh chụp “Hoa văn” các hoa văn

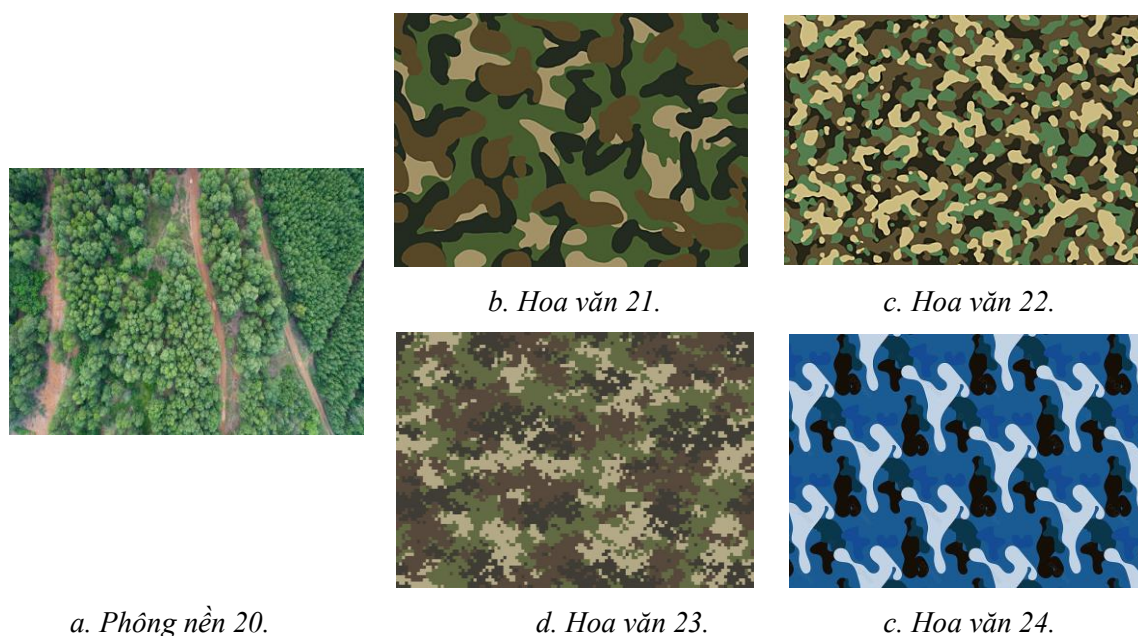
khác nhau đại diện cho các kiểu hoa văn được dự kiến sử dụng để in lên các áo, lưới ngụy trang hoặc sơn lên các bề mặt của phương tiện, đối tượng được ngụy trang.

Để dễ dàng phân biệt và thuận tiện cho việc đánh giá kết quả, tiến hành đánh số thứ tự cho các hình ảnh. Bộ ảnh thứ nhất có ký tự ban đầu là 1, bộ ảnh thứ hai có ký tự ban đầu là 2. Các ký tự sau được đánh số từ 0-ảnh phông nền, và từ 1 đến 4 cho các ảnh hoa văn, lần lượt ở hình 2 và hình 3 dưới đây.



**Hình 2.** Bộ ảnh phông nền và bốn hoa văn thứ nhất.

Bộ ảnh thứ hai giữ nguyên ảnh phông nền của bộ ảnh thứ nhất và sử dụng các hoa văn ngụy trang phổ biến trên các bộ trang phục ngụy trang để đánh giá:



**Hình 3.** Bộ ảnh phông nền và bốn hoa văn thứ hai.

### 3.2. Phương pháp đánh giá định tính bằng trực quan

Tiến hành in các ảnh trên dưới dạng ảnh màu cỡ A4, lần lượt mời từng người trong tổng số 20 người (có thị lực bình thường, không bị mù màu) quan sát các bức ảnh và điền vào phiếu cho điểm, thang điểm từ 1 đến 4. Nhóm tác giả sử dụng thang điểm này để thuận tiện cho việc đánh giá 4 mức cho 4 bức ảnh hoa văn. Việc quy định thang điểm là không có quy định, chỉ cần đảm bảo đánh giá được mức độ hiệu quả khác nhau của các ảnh hoa văn so với ảnh phong nền. Quy ước trong việc chấm điểm như sau: bức ảnh hoa văn nào mà được cho là tương đồng với ảnh phong nền, thì cho điểm cao nhất là 4 điểm và nếu không tương đồng thì sẽ cho điểm thấp hơn, và thấp nhất là 1 điểm. Sau đó, điểm trung bình sẽ được tổng hợp từ kết quả chấm điểm của chuyên gia và xếp hạng mức độ hiệu quả của các hoa văn nguy trang.

### 3.3. Kết quả đánh giá trực quan và bình luận

Kết quả đánh giá trực quan bộ ảnh thứ nhất ở hình 2 được tổng hợp ở bảng 1 sau:

*Bảng 1. Kết quả đánh giá trực quan của chuyên gia cho bộ ảnh thứ nhất.*

Thứ tự mẫu	1	2	3	4
Các giá trị	Hoa văn 11	Hoa văn 12	Hoa văn 13	Hoa văn 14
Điểm trung bình	2,25	1,1	3,65	3,1
Xếp thứ tự hiệu quả nguy trang	3	4	1	2

Với kết quả này, Hoa văn 13 có điểm trung bình cao nhất, hiệu quả tốt nhất và hoa văn 12 có điểm trung bình thấp nhất, hiệu quả thấp nhất.

Kết quả đánh giá trực quan bộ ảnh thứ hai ở hình 3 được tổng hợp ở bảng 1 sau:

*Bảng 2. Kết quả đánh giá trực quan của chuyên gia cho bộ ảnh thứ hai.*

Thứ tự mẫu	1	2	3	4
Các giá trị	Hoa văn 21	Hoa văn 22	Hoa văn 23	Hoa văn 24
Điểm trung bình	2,9	3,8	2,3	1
Xếp thứ tự hiệu quả nguy trang	2	1	3	4

Với kết quả này, hoa văn 22 có điểm trung bình cao nhất và hoa văn 24 có điểm trung bình thấp nhất. Hoa văn 24 có màu sắc hoàn toàn khác biệt với màu sắc của phong nền, do đó, việc có điểm thấp nhất là hoàn toàn phù hợp.

Như vậy, với hai bộ ảnh khác nhau của phong nền và hoa văn, thông qua việc đánh giá định tính bằng trực quan của chuyên gia thu được các kết quả xếp hạng hiệu quả nguy trang của các hoa văn theo bảng 1 và 2 ở trên. Kết quả này sẽ được sử dụng để so sánh, đối chiếu và kiểm chứng với kết quả đánh giá theo phương pháp định lượng, sử dụng chương trình máy tính theo thuật toán TOPSIS, sẽ được trình bày cụ thể ở phần sau.

### 3.4. Phương pháp đánh giá định lượng bằng công cụ mô phỏng

Tiến hành áp dụng thuật toán TOPSIS thông qua chương trình Matlab để mô phỏng kết quả tính toán với bộ ảnh đầu vào nêu trên. Như vậy, ta có  $m=4$  đối tượng và  $n=5$  tiêu chí đánh giá:

+  $m=4$  đối tượng: Hoa văn 11 (21); Hoa văn 12 (22); Hoa văn 13 (23); Hoa văn 14 (24).

+  $n=5$  tiêu chí: Lần lượt so sánh các ảnh hoa văn từ số với ảnh phong nền để tính toán các tiêu chí đánh giá đã nêu ở mục 2.2 trên.

### 3.5. Kết quả mô phỏng và bình luận

Với bộ ảnh thứ nhất, kết quả tính toán trên Matlab thu được như bảng 3 sau:

**Bảng 3.** Kết quả tính toán TOPSIS cho bộ ảnh thứ nhất trên Matlab.

Thứ tự mẫu	1	2	3	4
Các giá trị	<b>Hoa văn 11</b>	<b>Hoa văn 12</b>	<b>Hoa văn 13</b>	<b>Hoa văn 14</b>
$R_i^+$	0,9069	0.2311	0.0026	0.1287
$R_i^-$	0.0045	0.7775	0.9060	0.8688
$C_i$	0.0050	0.7708	0.9971	0.8710
Xếp thứ tự hiệu quả nguy trang	4	3	1	2

Như vậy, theo kết quả tính toán TOPSIS trên Matlab, ta thu được  $C_3 > C_4 > C_2 > C_1$ . Như vậy, hoa văn 13 có hiệu quả nguy trang tốt nhất, và hoa văn 11 có hiệu quả nguy trang thấp nhất. Kết quả này khá tương đồng với kết quả đánh giá trực quan nêu trên. Tuy nhiên, xếp hạng các hoa văn có hiệu quả thấp thì thứ tự có khác biệt với kết quả đánh giá trực quan.

Đối với bộ ảnh thứ hai, kết quả tính toán trên Matlab được tổng hợp ở bảng 4 sau:

**Bảng 4.** Kết quả tính toán TOPSIS cho bộ ảnh thứ hai trên Matlab.

Thứ tự mẫu	1	2	3	4
Các giá trị	<b>Hoa văn 21</b>	<b>Hoa văn 22</b>	<b>Hoa văn 23</b>	<b>Hoa văn 24</b>
$R_i^+$	0,5506	0.1336	0.5448	0.6144
$R_i^-$	0.5505	0.6815	0.5183	0.3465
$C_i$	0.4999	0.8361	0.4875	0.3606
Xếp thứ tự hiệu quả nguy trang	2	1	3	4

Như vậy, theo kết quả tính toán TOPSIS trên Matlab, ta thu được  $C_2 > C_1 > C_3 > C_4$ . Như vậy, Hoa văn 22 có hiệu quả nguy trang tốt nhất, và hoa văn 24 có hiệu quả nguy trang thấp nhất. Kết quả này tương đồng với kết quả đánh giá trực quan nêu trên.

#### 4. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã kế thừa các kết quả nghiên cứu được công bố gần đây trên thế giới để xây dựng một phương pháp đánh giá hiệu quả nguy trang vùng nhìn thấy trên cơ sở sử dụng các phương pháp đánh giá trực quan bằng mắt người có tham khảo các hướng dẫn của Tổ chức Quân sự Bắc Đại Tây Dương (NATO), kết hợp với phương pháp sử dụng chương trình máy tính sử dụng thuật toán đánh giá đa tiêu chí TOPSIS. Thông qua việc đánh giá một số mẫu hoa văn và phỏng nền, kết quả đánh giá theo phương pháp đánh giá bằng trực quan và đánh giá bằng phần mềm là tương đối tương đồng nhau. Qua đó có thể thấy, phương pháp đánh giá hiệu quả nguy trang mà nhóm nghiên cứu đề xuất có độ tin cậy cao.

Kết quả của bài báo là cơ sở để tham khảo, vận dụng trong việc xây dựng các kịch bản, phương án thử nghiệm và đánh giá hiệu quả của các phương tiện nguy trang vùng nhìn thấy.

Ở giai đoạn tiếp theo, nhóm nghiên cứu sẽ tiếp tục nghiên cứu bổ sung các đặc trưng của hình ảnh để đưa vào tiêu chí đánh giá, cũng như hoàn thiện phần mềm đánh giá để cho kết quả tin cậy hơn, đáp ứng được các yêu cầu về đánh giá hiệu quả nguy trang không chỉ trong vùng nhìn thấy mà còn có thể mở rộng ra vùng hồng ngoại, ảnh nhiệt.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ tham gia khảo sát đánh giá thực nghiệm của các cán bộ, nhân viên và tài trợ về kinh phí của Viện Vật lý Kỹ thuật.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. J. R. Rao, "Introduction to camouflage and deception", Defence research & development organisation, Ministry of Defence, New Delhi, (1999).
- [2]. V. H. Khánh, Báo cáo tổng kết đề tài Viện KH&CN quân sự, "Nghiên cứu phương pháp và phương

- tiện để xây dựng cơ sở dữ liệu phục vụ công tác nguy trang phòng chống các phương tiện trinh sát ảnh*", (2021).
- [3]. Joseph E. Peak, Thomas Honke, "Guidelines for Camouflage Assessment Using Observers", RTO AGARDograph, (2006).
- [4]. C. L. Lin, C. C. Chang and Y. H. Lee, "Developing a similarity index for static camouflaged target detection", The Imaging Science Journal, No. 6, Vol. 62, (2014).
- [5]. C. L. Hwang, K. Yoon, "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications", New York: Springer-Verlag (1981).
- [6]. R. Schoene, J. Meidow, E. Mauer, "Feature evaluation for target/background discrimination in image sequence taken by approaching sensors," Proc. SPIE 7697, Signal Processing, Sensor Fusion, and target Recognition XIX, 769718 (2010).
- [7]. Y. M. Liu, J. Y. Wang, W. Liu, S. D. Yuan, "Analysis of methods of detection and evaluation of optical camouflage," Aerospace Electronic Warfare, Papers 26 (1), 42-44 (2010).
- [8]. D. Wang, X. L. Lv, W. D. Xu, Y. L. Pan, W. Lin, "Camouflage Application Models With Pixel Frequency Analysis," Journal of PLA University of Science and Technology (Natural Science Edition), Papers 5(3), 74-77 (2004).
- [9]. H. Wang, T. Z. Bai, "Evaluation of Optical Camouflage Based on Tolerance Nearness Sets Theory," Acta Optica Sinica, Papers 32(12), 128-133(2012).
- [10]. P. Y. Wang, D. H. Zhao, M. H. Li, "Optical Camouflage Effect Assessment Based on Digital Image Inpainting Technology," Laser & Optoelectronics Progress, Papers 55(3), 253-259(2018).
- [11]. J. Yu, L. F. Zhu, H. L. Du, "Evaluation Model of Optical Camouflage Effect Based on BP Neural Network," Shipboard Electronic Countermeasure, Papers 32(6), 55-57(2009).
- [12]. K. Wang, Z. Liu, Y. Wang, S. Luo, "Evaluation of optical camouflage effect based on entropy weight TOPSIS method," Proc. SPIE 11848, International Conference on Signal Image Processing and Communication (ICSIPC 2021), 118481N, (2021); doi: 10.1117/12.2600206.
- [13]. Z. Huang, J. Leng, "Analysis of Hu's Moment Invariants on Image Scaling and Rotation," International Conference on Computer Engineering and Technology, V7, (2010).

### **ABSTRACT**

#### **Multi-criteria evaluation method applied in the field of camouflage**

*Camouflage has a long history in the development of mankind and has developed rapidly since the beginning of the twentieth century, along with electronic and optical technology. In Vietnam, in addition to the traditional approach, modern camouflage has attracted researchers inside and outside the military. However, the evaluation of camouflage effectiveness is still in the early stages with the lack of official criteria and references. In this article, we propose a method to evaluate the effectiveness of camouflage in the visible light spectrum using a multi-criteria algorithm combined with a visual evaluation method by human eyes to compare and evaluate. The computer simulation results show that the multi-criteria evaluation method has high reliability, giving similar results to the visual evaluation method.*

**Keywords:** Visual camouflage; Pattern; Background; TOPSIS algorithm; Matlab.