

## **PHÁT HIỆN ẢNH CẮT, DÁN GIẢ MẠO DỰA VÀO CÁC ĐẶC TRƯNG BẤT BIẾN**

LÊ THỊ KIM NGA<sup>1</sup>, ĐỖ NĂNG TOÀN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Đại học Quy Nhơn*

<sup>2</sup>*Viện Công nghệ thông tin, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

**Abstract.** This paper presents an algorithm to detect copy/move forgery images based on invariant features. Our technique allows to detect tampered regions that can be changed by some geometric transforms such as scale, rotation and even when copied/ pasted regions are performed on the different images.

**Tóm tắt.** Bài báo này đề xuất một thuật toán phát hiện các vùng cắt/dán giả mạo cho các ảnh kỹ thuật số, dựa vào các đặc trưng bất biến của ảnh. Kỹ thuật đề xuất phát hiện được các vùng ảnh giả có thể bị thay đổi bởi một số phép biến đổi ảnh như: phép lấy tỷ lệ, phép quay và cả khi vùng được sao chép và dán trên những ảnh khác nhau.

**Keywords:** Interest points, Local image descriptors, forgery images, copy/move forgery.

### **1. GIỚI THIỆU**

Ngày nay, ảnh số là phương tiện truyền thông được sử dụng phổ biến và rộng rãi, nó chứa đựng nhiều thông tin, cũng là cách để biểu diễn thế giới xung quanh ta một cách dễ dàng và cô đọng. Một câu hỏi đặt ra là ảnh này có độ tin cậy bao nhiêu? Rõ ràng, thông tin hình ảnh có tác động quan trọng đến xã hội chúng ta, chúng đóng vai trò cốt yếu trong đời sống con người. Việc xác thực ảnh là bài toán quan trọng trong nhiều lĩnh vực xã hội, chẳng hạn trong phòng xử án, tính thật của một bức ảnh đóng vai trò cốt yếu vì nó chính là một bằng chứng. Mặc khác, hằng ngày các bài báo hay tạp chí đều chứa nhiều hình ảnh, trong vật lý và y học thì có nhiều quyết định đều phải dựa vào các ảnh số,...

Hơn nữa, hiện nay do sự tiến bộ của các máy tính hiệu năng cao, giá thành thấp, giao diện người máy thân thiện hơn, cũng như các phần mềm điều khiển và thao tác trên ảnh số là khá mạnh và đơn giản. Sức mạnh của các chương trình xử lý ảnh số như PhotoShop giúp việc tạo ra các ảnh giả mạo từ một hay nhiều ảnh khác nhau trở nên dễ dàng. Điều đó, đồng nghĩa với việc phát hiện ảnh giả mạo là bài toán khó khăn và ngày càng trở nên cấp thiết hơn.

Đã có nhiều nhóm nghiên cứu trong việc phát hiện ảnh giả mạo. Một trong những nhóm tiêu biểu là của TS.Jessica Fridich [3] đưa ra thuật toán “exact match” một thuật toán phát hiện ảnh giả mạo dựa vào đối sánh khối bao. Thuật toán này nhằm mục đích phát hiện ảnh

giả mạo trong trường hợp ảnh bị cắt dán bởi các phần khác trong ảnh. Tuy nhiên, nó lại không giải quyết được trường hợp các đối tượng giả mạo sau khi được trích ra từ một phần nào đó của ảnh đã được thay đổi kích thước hoặc quay đi một góc cho phù hợp, mà đây là cách thường làm ra ảnh giả. Hình 1.a là ảnh gốc với 1 chiếc máy bay trực thăng. Hình 1.b được tạo ra từ ảnh 1.a bằng cách bổ sung thêm thành 4 chiếc trực thăng ở các vị trí khác nhau. Các trực thăng này chính là được copy từ trực thăng gốc.



a) Ảnh gốc

b) Ảnh giả mạo bổ sung đối tượng

Hình 1. Ảnh giả mạo cắt dán bởi bổ sung đối tượng

Trong [4] chúng tôi đã đề xuất một cải tiến cho thuật toán Exact match trên cơ sở nghiên cứu các kỹ thuật nội suy hiện đang được PhotoShop sử dụng. Thuật toán mà chúng tôi đề xuất có khả năng phát hiện đối với các ảnh giả mạo dạng cắt dán từ chính một ảnh và có sự thay đổi về kích thước đối với các đối tượng bị cắt dán. Myna.A.N và các cộng sự [1] đã đưa ra phương pháp phát hiện ảnh giả mạo dựa trên phép biến đổi Wavelet, nhưng vẫn không giải quyết được trong trường hợp đối tượng được dán đã bị phóng to hay thu nhỏ.

Trong bài báo này chúng tôi đưa ra một kỹ thuật phát hiện ảnh giả mạo dựa trên các đặc trưng bất biến, kỹ thuật này giải quyết được bài toán trong trường hợp không những đối tượng có sự thay đổi về kích thước mà còn cả sự thay đổi về sự dịch chuyển và quay. Phần còn lại của báo cáo được thể hiện như sau: Phần thứ 2 trình bày về đặc trưng bất biến cũng như cách phát hiện và so khớp các đặc trưng bất biến. Phần 3 trình bày thuật toán phát hiện ảnh giả mạo dựa vào các đặc trưng bất biến. Phần thứ 4 là thực nghiệm và cuối cùng là kết luận về thuật toán đề xuất.

## 2. PHÁT HIỆN VÀ SO KHỚP CÁC ĐẶC TRƯNG BẤT BIẾN

### 2.1. Điểm bất động và đặc trưng bất biến

*Điểm bất động trong toán học*

Ảnh xạ  $f : A \rightarrow B$ ,  $A, B \subseteq P$ .

Điểm  $x^* \in A$  được gọi là điểm bất động (điểm bất biến hình học) khi và chỉ khi  $f(x^*) = x^*$ .

Nếu  $f$  là ánh xạ co thì  $x^*$  là duy nhất.

Với cách tiếp cận toán học, hàm  $f$  thường là một hàm liên tục trong lân cận của điểm  $x^*$ .

Để tìm điểm bất động, người ta thường dùng các phương pháp xác định trước một khoảng  $[a, b]$ , thỏa mãn tính chất nào đó mà chứa điểm  $x^*$ , sau đó dùng các phương pháp lặp (như Newton, Leibniz...) để tính gần đúng điểm bất động. Sau một số bước, phép lặp sẽ hội tụ về điểm bất động.

#### *Điểm bất động trong xử lý ảnh*

Trong xử lý ảnh, người ta cũng thường sử dụng ánh xạ  $f : A \rightarrow B$ , với  $A$  là tập các điểm ảnh, hay nói cách khác  $f$  phép biến đổi ảnh. Các phép biến đổi ảnh thường thấy là phép biến đổi affine (phép quay, phép tỷ lệ, phép tịnh tiến...), phép thay đổi cường độ sáng. Ta gọi các phép biến đổi đó là  $f : I \rightarrow I$ , biến ảnh  $I$  thành ảnh  $I$ .

Bằng một cách nào đó, ta sẽ trích ra từ ảnh  $I$  các điểm đặc trưng  $(x, y)$  thỏa mãn tính chất  $H$ . Nếu sau phép biến đổi  $A$ , ảnh  $I \rightarrow I$ , điểm  $(x, y)$  của ảnh  $I$  trở thành  $(x, y)$  của ảnh  $I$ , và điểm đó vẫn thỏa mãn tính chất  $H$  đối với ảnh  $I$  thì có thể coi điểm  $(x, y)$  đó là điểm bất động đối với phép biến đổi  $f$ .

#### *Đặc trưng bất biến ảnh*

Đặc trưng bất biến ảnh được xây dựng dựa trên cơ sở của điểm bất động. Một tập các điểm bất động trên các phép biến đổi nào đó cùng với các đặc trưng ảnh (các đặc trưng này có thể có những tính chất bất biến) dùng để mô tả nó trong lân cận sẽ tạo ra các đặc trưng bất biến tương ứng. Như vậy để tìm các đặc trưng bất biến ảnh: đầu tiên ta xác định các điểm bất động trong ảnh đối với phép biến đổi hình học nào đó, sau đó tính toán các mô tả cho các điểm bất động đã tìm được, các mô tả này chính là các đặc trưng bất biến của ảnh.

Có nhiều phương pháp trích chọn các đặc trưng bất biến, tùy thuộc vào từng ứng dụng cụ thể mà các đặc trưng phù hợp sẽ được trích chọn. Bài báo này đề cập đến các đặc trưng bất biến tỷ lệ (scale) và bất biến quay (rotation). Trong [7] xác định các điểm bất động đối với phép biến đổi tỷ lệ (SIFT), các điểm này còn gọi là các keypoint, các keypoint được tìm ra trên cơ sở xây dựng các pyramid Gaussian, nó chính là nghiệm của các phương trình khai triển Taylor của DoG  $D(x, y, \sigma)$  trên không gian tỷ lệ, được thay đổi sao cho gốc tọa độ trùng với điểm lấy mẫu (sample point)

$$D(X) = D + \frac{\partial D^T}{\partial T} X + \frac{1}{2} X^T \frac{\partial^2 D}{\partial X^2} X,$$

trong đó,  $X = (x, y, \sigma)$ , và

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma),$$

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}},$$

$I(x, y)$  là ảnh cường độ,  $L(x, y, \sigma)$  chính là ảnh Pyramid của ảnh  $I(x, y)$  tại tỉ lệ  $\sigma$ .

$D$  và các đạo hàm của nó được đánh giá tại một điểm trung tâm (giữa) trên ảnh sau khi đã lấy mẫu bằng hàm Gauss.

Giải phương trình  $D(X) = 0$  ta sẽ tìm được các nghiệm  $\hat{X} = \frac{\partial^2 D^{-1}}{\partial X^2} \frac{\partial D}{\partial X}$ , và các điểm  $\hat{X}$  ổn định khi và chỉ khi  $0, 03 \leq \cdot$ . Theo Taylor  $D(\hat{X}) = D + \frac{1}{2} \frac{\partial D^T}{\partial X} \hat{X}$ .

Sau bước này ta xác định được vị trí của các keypoint đồng thời tỉ lệ  $\sigma$  được chọn. Các điểm keypoint này thực chất đã bất biến tỉ lệ. Bây giờ xây dựng đặc trưng bất biến quay từ các keypoint này dựa trên việc tính toán độ lớn và hướng gradient ảnh quanh vị trí của các keypoint, các giá trị này thường được tính toán so với điểm láng giềng bên cạnh [7], như đối với đặc trưng khoảng cách ta có

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2}. \quad (2.1)$$

Hay đặc trưng góc

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}((L(x, y+1) - L(x, y-1))/(L(x+1, y) - L(x-1, y))), \quad (2.2)$$

$L(x, y)$  chính là giá trị điểm ảnh của ảnh Pyramid có  $\sigma$  được chọn. Hơn nữa, ở đây chúng tôi kí hiệu  $L(x, y)$  là vì thực chất việc tính công thức trên chỉ là phép trừ ảnh chứ chúng tôi không tính toán từng  $L(x, y, \sigma)$  cụ thể.

Với mỗi keypoint chúng tôi xây dựng đặc trưng hướng và độ lớn gradient trên một lân cận kích thước  $(4 \times 4)$  theo 8 hướng theo công thức (2.1) và (2.2), cuối cùng sẽ thu được một vecto đặc trưng 128 chiều.

Việc so khớp các vùng ảnh được thực hiện sau đó trên cơ sở đối sánh hay so khớp các đặc trưng.

## 2.2. So khớp đặc trưng

Phát hiện đối tượng hay vùng ảnh giống nhau, được thực hiện chủ yếu bằng việc so khớp mỗi đặc trưng một cách độc lập với nhau. Việc so khớp được tiến hành dựa vào việc tính toán khoảng cách, một khoảng cách thường dùng là khoảng cách Euclid.

Giả sử các đặc trưng được mô tả dưới dạng các vectơ trong không gian Euclid  $R^n$  thì khoảng cách Euclidean giữa hai đặc trưng  $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  và  $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$  được định nghĩa như sau

$$d(P, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}. \quad (2.3)$$

Ngoài ra, người ta cũng thường sử dụng khoảng cách Mahalanobis để lựa chọn cho mỗi đặc trưng trong ảnh thứ nhất và một đặc trưng tương tự nhất trong ảnh thứ hai. Nếu khoảng cách này nhỏ hơn một ngưỡng nào đó thì so khớp đó được chấp nhận.

Khoảng cách Mahalanobis từ một nhóm giá trị với giá trị trung bình  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p)^T$  và ma trận đồng biến  $\Sigma$  cho một vector đa biến  $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$  được định nghĩa như sau

$$D_M(x) = \sqrt{(x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu)}. \quad (2.4)$$

Khoảng cách Mahalanobis cũng có thể được định nghĩa như độ đo tính không đồng dạng giữa hai vector ngẫu nhiên  $\vec{x}$  và  $\vec{y}$  của cùng phân phối với ma trận đồng biến  $\Sigma$

$$d(\vec{x} - \vec{y}) = \sqrt{(\vec{x} - \vec{y})^T \Sigma^{-1} (\vec{x} - \vec{y})}. \quad (2.5)$$

Nếu ma trận đồng biến là ma trận đơn vị thì khoảng cách Mahalanobis sẽ dần tới khoảng cách Euclidean. Nếu ma trận đồng biến là chéo thì độ đo khoảng cách kết quả được gọi là khoảng cách Euclidean chuẩn hóa

$$d(\vec{x} - \vec{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - y_i)^2}{\sigma_i^2}}. \quad (2.6)$$

Khoảng cách Mahalanobis thường được dùng trong phân tích cụm và các kỹ thuật phân lớp.

So khớp hai vùng ảnh dựa trên các đặc trưng bất biến nghĩa là so khớp các vector đặc trưng được trích chọn bằng phương pháp ở phần 2.1. Nếu các so khớp nhỏ hơn một ngưỡng nào đó thì ta xem hai vùng ảnh đó là giống nhau.

### 3. PHÁT HIỆN ẢNH GIẢ MẠO DỰA TRÊN CÁC ĐẶC TRƯNG BẤT BIẾN

#### 3.1. Ảnh số giả mạo và ảnh số giả mạo dạng copy/move

Ảnh giả mạo được xem là ảnh không có thật, việc có được ảnh giả là do sự ngụy tạo bởi các chương trình xử lý ảnh hoặc quá trình thu nhận. Ảnh giả mạo cũng được phân làm hai loại chính. Loại thứ nhất là ảnh giả nhưng thật, đây là loại ảnh được thu nhận từ hiện trường giả. Loại thứ hai là ảnh giả được tạo ra bằng cách cắt dán từ các ảnh khác nhau hoặc trên cùng một ảnh.

Ảnh số giả mạo dạng copy/move thuộc dạng ảnh giả loại 2. Dạng ảnh giả này, sử dụng một phần của ảnh được copy và dán vào một phần khác trên cùng một ảnh. Điều này thực hiện nhằm mục đích làm cho đối tượng nào đó bị biến mất bằng cách phủ lên nó cái phần được copy từ chỗ khác. Các vùng texture như cỏ, tán lá, sỏi đá hoặc vải với các mẫu không đều đặn là các vùng được dùng để copy và dán lên đối tượng cần làm biến mất vì nó giống như pha trộn với nền nên mắt thường không nhìn thấy được sự nghi ngờ nào. Do các phần được copy và dán trên cùng một ảnh nên các thành phần nhiễu, tông màu và hầu hết các thuộc tính quan trọng khác sẽ tương đồng với phần còn lại vì vậy sẽ rất khó phát hiện sự

không tương thích bằng các phương pháp thống kê. Để làm cho ảnh giả thật hơn, người ta có thể phóng to, thu nhỏ hay quay đi một góc trước khi dán.

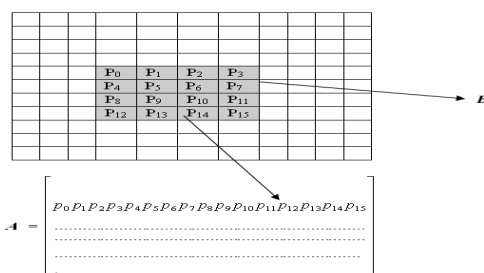
### 3.2. Thuật toán Exact match

Thuật toán được đề xuất bởi nhóm TS.jessica J. Fridich [3]. Ý tưởng của thuật toán là sử dụng các khối bao để đối sánh nhằm tìm ra các vùng giống nhau trên toàn bộ bức ảnh.

Giả sử bức ảnh có kích thước  $M \times N$ , với  $B$  là kích thước nhỏ nhất của khối bao mà người dùng định nghĩa để đối sánh. Với mỗi điểm ảnh ta xác định được một khối bao ma trận  $B \times B$  điểm ảnh. Như vậy với bức ảnh  $I(M \times N)$  ta xác định được  $(M - B + 1) \times (N - B + 1)$  khối bao. Với mỗi khối bao ta lưu các phần tử thuộc khối bao vào một hàng của một ma trận  $A$ . Vậy duyệt trên toàn bộ bức ảnh ta sẽ được một ma trận  $A$  với  $(M - B + 1) \times (N - B + 1)$  hàng và  $B \times B$  cột.

Hai hàng giống nhau trong ma trận  $A$  tương đương với 2 khối bao giống nhau trong ảnh. Chúng ta sắp xếp các hàng trong ma trận  $A$  theo thứ tự từ điển, yêu cầu này sẽ được thực hiện trên  $MN \log_2(MN)$  bước. Sau đó ta dễ dàng tìm kiếm bằng cách duyệt  $MN$  hàng của ma trận đã qua sắp xếp  $A$  và tìm kiếm hai hàng giống nhau liên tiếp.

Kết quả thuật toán sẽ tìm kiếm và đưa ra được tập các vùng bao giống nhau là bằng chứng chứng minh ảnh đã bị cắt dán.



Hình 2. Minh họa cho việc tìm kiếm khối bao của thuật toán Extract macth



Hình 3. Ảnh cắt dán giả mạo và thuật toán phát hiện ảnh giả mạo Exact match

Kết quả trong Hình 3 minh họa cho thuật toán này. Hình 3.a là ảnh gốc với một chiếc

trực thăng. Hình 3.b là ảnh giả được tạo từ ảnh gốc và thêm vào 3 chiếc trực thăng, trong đó có 1 chiếc được copy mà không thay đổi kích thước 1 chiếc có thay đổi kích thước, 1 chiếc bị quay và 1 chiếc bị thay đổi tỷ lệ và quay. Hình 3.c là ảnh kết quả phát hiện giả mạo nhờ thuật toán Exact match, kết quả chỉ những chiếc trực thăng giả mạo không thay đổi kích thước bị phát hiện.

### 3.3. Thuật toán phát hiện ảnh giả mạo dựa trên các đặc trưng bất biến

Để phát hiện các vùng ảnh giả mạo, ta phải tìm ra các cặp vùng ảnh tương quan (cặp các vùng ảnh “giống nhau”) với những tỉ lệ khác nhau thông qua hệ số tỉ lệ  $a$  và các phép biến đổi nội suy  $f$ . Thuật toán được đề xuất trong bài báo này là sự phát triển và mở rộng của hai thuật toán Exact match và thuật toán Exact math\* [4]. Vùng ảnh thứ nhất được xác định để lấy đối sánh, sẽ được thực hiện dựa theo thuật toán Exact match để chỉ định kích thước khối bao nhỏ nhất  $B \times B$ . Vùng ảnh thứ hai được xác định dựa theo thuật toán Exact match\*, tức là được xác định dựa trên phép nội suy  $f$  và một hệ số tỷ lệ  $\alpha$ . Sự khác biệt trong việc đối sánh giữa hai vùng ảnh là ở đây chúng tôi chỉ thực hiện so khớp các đặc trưng bất biến được trích chọn theo thuật toán ở Mục 2. Vì các đặc trưng này bất biến đối với phép tỷ lệ và phép quay cục bộ nên chúng ta sẽ tìm được các cặp vùng ảnh tương quan trong cả trường hợp vùng ảnh bị xoay, hay nói khác hơn đối tượng được dán bị thay đổi bởi phép quay ảnh.

Theo [4], cặp vùng  $\mathfrak{R}, \mathfrak{R}_\varepsilon$  được gọi là cặp tương quan nếu với mỗi vùng  $\mathfrak{R}$  tồn tại ít nhất một vùng  $\mathfrak{R}_\varepsilon$  và một ánh xạ  $f$  sao cho:  $f : \mathfrak{R} \xrightarrow{\alpha} \mathfrak{R}_\varepsilon$ ,  $f$  là phép nội suy và  $a$  là hệ số tỷ lệ.

Giả sử bức ảnh có kích thước  $M \times N$ ,  $\alpha$  là hệ số tỷ lệ xác định,  $f$  là phép biến đổi nội suy tuyến tính xác định và  $B \times B$  là kích thước khối bao nhỏ nhất có thể được chỉ định, kích thước khối bao  $B$  là do người dùng chỉ định cho phù hợp với từng ảnh khác nhau, có thể xác định qua thực nghiệm để tìm kích thước phù hợp nhất.

Duyệt toàn bộ bức ảnh theo chiều (left-top)  $\rightarrow$  (right-bottom). Với mỗi điểm ảnh ta xác định được hai khối bao tương ứng có kích thước lần lượt là  $B \times B$  và  $\alpha B \times \alpha B$  bao quanh nó. Vậy khi duyệt trên toàn bộ bức ảnh ta có tất cả  $(M - B + 1)(N - B + 1)$  khối bao có kích thước  $B \times B$  và  $(M - \alpha B + 1)(N - \alpha B + 1)$  khối bao có kích thước  $\alpha B \times \alpha B$ .

Gọi tập hợp các khối bao có kích thước  $B \times B$  là  $\mathfrak{R}_1$  và tập hợp các khối bao có kích thước  $\alpha B \times \alpha B$  là  $\mathfrak{R}_2$ , giả sử  $\mathfrak{R}_1$  và  $\mathfrak{R}_2$  được biểu diễn như sau

$$\mathfrak{R}_1 = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m\},$$

$$\mathfrak{R}_2 = \{b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, a_n\},$$

trong đó  $a_i$  là khối bao thứ  $i$  có kích thước  $B \times B$  với  $m = (M - B + 1)(N - B + 1)$ , và  $b_j$  là khối bao thứ  $j$  có kích thước  $\alpha B \times \alpha B$  với  $n = (M - \alpha B + 1)(N - \alpha B + 1)$ .

Xét tập hợp  $\mathfrak{R}_1$ , ứng với mỗi phần tử khối bao  $a_i$  có kích thước  $B \times B$  (với  $\frac{i}{1,m}$ ), ta áp dụng kỹ thuật biến đổi nội suy tuyến tính với phép biến đổi  $f$  cho trước và một hệ số tỷ lệ

$\alpha$  đã được định nghĩa ta sẽ được một phần tử khối bao mới  $a'_i$  có kích thước  $\alpha B \times \alpha B$  theo công thức sau

$$f : a_i \xrightarrow{\alpha} a'_i.$$

Như vậy, với tập hợp các khối bao  $\mathfrak{R}_1$  sau khi áp dụng lần lượt phép biến đổi nội suy tuyến tính đối với từng phần tử trong  $\mathfrak{R}_1$  ta sẽ được một tập hợp mới tương ứng là  $\mathfrak{R}'_1 = \{a'_1, a'_2, \dots, a'_i, \dots, a'_m\}$ .

Ta tìm kiếm các cặp khối bao tương quan trong  $\mathfrak{R}_1$  và  $\mathfrak{R}_2$  như sau. Đối sánh lần lượt các khối bao thuộc tập  $\mathfrak{R}'_1$  với các khối bao thuộc tập  $\mathfrak{R}_2$  bằng cách so khớp các đặc trưng bất biến của khối bao  $a'_i$  và  $b_j$ ,  $a'_i = \{F_1^i, F_2^i, \dots, F_u^i\}$  ( $u$  là số đặc trưng của khối bao  $a_i$ ) nếu tồn tại một cặp khối bao  $(a'_i, b_j)$  với  $a'_i \in \mathfrak{R}'_1$  và  $b_j \in \mathfrak{R}_2$  (trong đó,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ) thoả mãn  $a'_i$  và  $b_j$  là “giống nhau” thì ta khẳng định cặp khối bao  $(a_i, b_j)$  là cặp tương quan.

Việc so khớp hai khối bao  $a'_i$  và  $b_j$  được thực hiện dựa trên phương pháp so khớp các đặc trưng bất biến, nghĩa là với mỗi đặc trưng của  $a'_i$  ta tìm đặc trưng của  $b_j$  sao cho khoảng cách giữa  $a'_i$  và  $b_j$  là bé hơn một ngưỡng  $\theta$  cho trước. Lúc này ta xác định được các cặp đặc trưng giống nhau. Nếu tổng số các cặp đặc trưng giống nhau đạt một tỷ lệ  $\eta$  nào đó thì ta nói cặp  $(a'_i, b_j)$  là so khớp được, nghĩa là “giống nhau”.

Vậy tập hợp các cặp khối bao tương quan  $(a_i, b_j)$  trong đó  $a_i \in \mathfrak{R}_1$ ,  $b_j \in \mathfrak{R}_2$  là các cặp bị nghi là giả mạo. Do mỗi khối bao ứng với một vùng trong ảnh, tập hợp các khối bao tương quan tương ứng với tập hợp các cặp vùng trong ảnh đã được làm giả.

Trên cơ sở đó chúng tôi đưa ra thuật toán tìm ra các khối bao tương quan hay phát hiện ảnh giả mạo KPFIImage, bao gồm các bước sau:

Thuật toán KPFIImage

- *Bước 1:* Lựa chọn các thông số đầu vào bao gồm: Kích thước khối bao nhỏ nhất  $B$ , các ngưỡng đánh giá sự “giống nhau”  $\theta$  và  $\eta$ , các tỷ lệ co giãn theo chiều ngang và chiều dọc là  $p_\alpha, q_\alpha$  và hàm nội suy  $f$ .
- *Bước 2:* Xác định 2 tập hợp các khối bao, bao gồm một tập hợp các khối bao có kích thước tối thiểu  $B \times B$  và một tập hợp các khối bao có kích thước  $p_\alpha B \times q_\alpha B$  trên toàn bộ ảnh.
- *Bước 3:* Biến đổi tập các khối bao có kích thước  $B \times B$  sang tập các khối bao mới theo phép biến đổi nội suy và các thông số về tỷ lệ co giãn theo chiều ngang và chiều dọc đã cho trong Bước 1.
- *Bước 4:* Trích chọn đặc trưng bất biến theo Mục 2.1 cho tất cả các khối bao sau khi đã biến đổi nội suy và lưu vào cơ sở dữ liệu
- *Bước 4:* Đối sánh các cặp khối bao dựa trên ý tưởng so khớp đặc trưng ở trên, mỗi cặp khối bao gồm một khối bao thuộc tập hợp các khối bao sau khi biến đổi ở Bước 3 và một khối bao thuộc tập hợp các khối bao có kích thước  $p_\alpha B \times q_\alpha B$  trong bước 2. Nếu chúng “giống nhau” thì đưa ra được cặp hai khối bao tương ứng gồm: một khối bao thuộc tập các khối bao có kích thước  $B \times B$  tạo ra ở Bước 2 và một khối bao thuộc tập các khối bao có kích thước  $p_\alpha B \times q_\alpha B$  tạo ra trong Bước 2.





a) Ảnh giả



b) Phát hiện giả mạo bằng Exact match



c) Phát hiện giả mạo bằng Exact match\*



d) Phát hiện giả mạo bằng KPFIImage

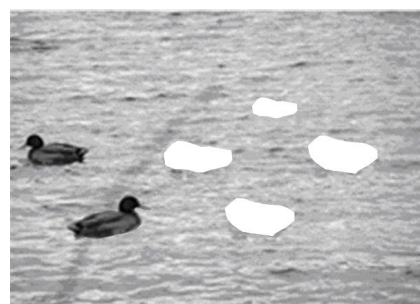
Hình 4. Phát hiện ảnh giả mạo cắt dán với ảnh 24 bit màu



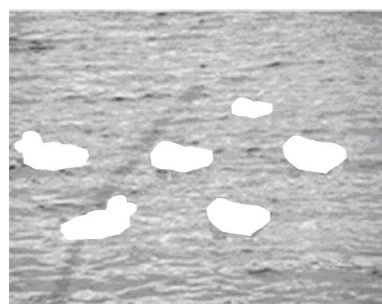
a) Ảnh giả



b) Phát hiện giả mạo bằng Exact match



c) Phát hiện giả mạo bằng Exact match\*



d) Phát hiện giả mạo bằng KPFIImage

Hình 5. Phát hiện ảnh giả mạo cắt dán với ảnh đa mức xám

### *Đánh giá thuật toán KPFIImage*

Giả sử ảnh có  $K$  khối bao kích thước  $B \times B$  và  $H$  khối bao có kích thước  $p_\alpha B \times q_\alpha B$ . Duyệt lần lượt từng cặp khối bao thì độ thời gian tính toán là  $K \times H \approx O(KH)$ . Gọi  $k$  là số đặc trưng tối đa của mỗi khối bao, khi đó số phép đối sánh trên mỗi khối bao là  $\approx O(k^2)$ .

Như vậy sau khi đã trích chọn được các đặc trưng bất biến, độ phức tạp tính toán cho thuật toán là  $\approx O(k^2.KH)$ .

## 4. THỰC NGHIỆM

Chúng tôi tạo một cơ sở dữ liệu gồm 100 ảnh giả dạng copy/move với kích thước khác nhau. Chúng tôi đã cài đặt thuật toán đề xuất trên cơ sở dữ liệu ảnh giả này bằng cách sử dụng các đặc trưng bất biến SIFT của David Lowe [7] như đã giới thiệu ở Mục 2.1. Kết quả phát hiện là khá tốt và thuật toán chạy trong thời gian thực, còn thời gian cụ thể cho từng ảnh thì phụ thuộc vào kích thước ảnh và tùy từng nội dung ảnh (phụ thuộc vào số keypoint trích chọn được trong ảnh), đồng thời cũng phụ thuộc vào kích thước khối bao. Trong thực nghiệm này chúng tôi chọn độ co giãn  $(p_\alpha, q_\alpha) = (2, 2)$ . Hình 4 và 5 là một vài kết quả minh họa cho thuật toán phát hiện. Hình 4a ảnh 24 bit màu giả mạo được tạo ra bằng cách sinh ra các máy bay bị thay đổi tỷ lệ và quay; Hình 4b, c, d là ảnh kết quả phát hiện được thực hiện lần lượt từng lượt từng kỹ thuật. Hình 5a là ảnh đa cấp xám giả được tạo ra dựa trên việc cắt dán các con vịt có thay đổi tỷ lệ và quay; Hình 5b, c, d là ảnh kết quả phát hiện bằng 3 kỹ thuật khác nhau. Thực nghiệm cho thấy thuật toán không những phát hiện được các vùng làm giả bị thay đổi tỉ lệ mà còn cho cả các vùng được thay đổi bởi phép quay.

## 5. KẾT LUẬN

Phát hiện ảnh giả mạo là một trong những bài toán quan trọng, cần thiết trong nhiều lĩnh vực đời sống xã hội như: Y học, điều tra tội phạm, giám sát bảo hiểm,... Ngày nay thì việc tạo ra các ảnh số giả mạo khá dễ dàng, nhờ vào sự phát triển của khoa học công nghệ, các kỹ thuật khoa học công nghệ ngày càng được ứng dụng nhiều vào thực tế và ảnh số chính là một trong những kết quả đó. Điều này chứng tỏ rằng việc phát hiện ảnh giả mạo lại càng khó khăn hơn.

Bài báo đã đề xuất một thuật toán phát hiện ảnh giả mạo dựa vào các đặc trưng bất biến. Thuật toán là sự phát triển và mở rộng của thuật toán Exact match và cải tiến của nó. Việc sử dụng các đặc trưng bất biến giúp thuật toán có thể phát hiện được các vùng ảnh giả có thể bị thay đổi bởi một số phép biến đổi ảnh như: phép lấy tỷ lệ, phép quay và cả khi vùng được sao chép và dán là trên những bức ảnh khác nhau. Qua thực nghiệm, kết quả phát hiện là khá tốt đối với ảnh màu và ảnh đa cấp xám. Kết quả này là sự nghiên cứu tiếp tục của chúng tôi về phát hiện ảnh giả mạo được khởi đầu từ [4].

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.N.Myna, M. G. Venkateshmurthy, and C.G.Patil, Detection of region duplication forgery in digital images using wavelet and log-polar mapping, *International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (IEEE 2007)*, Washington, DC, USA, December, 2007 (371–377).
- [2] J. Lukas, Digital Images Authentication, *Workshop of Czech Technical University*, Prague, Czech Republic, February 2001.
- [3] J. Fridrich, D. Soukal, J. Lukas, Detection of copy-move forgery in digital images, *Proceeding of Digital Forensic Research Workshop*, Cleveland, OH, August 2003.
- [4] Do Nang Toan, Le Thi Kim Nga, Ha Xuan Truong, Một cải tiến cho thuật toán phát hiện ảnh giả mạo Exact match, *Kỹ yếu Hội thảo FAIR2007*, Nha Trang, Khánh Hòa, 2007 (161–172).
- [5] R. Fergus, P. Perona, and A. Zisserman, Object class recognition by unsupervised scale-invariant learning, *Proceedings of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, Madison, Wisconsin, USA, June, 2003 (vol. 2, pp. 264–271).
- [6] K. Mikolajczyk and C. Schmid, Indexing based on scale invariant interest point, *Proceedings of International Conference on Computer Vision*, Vancouver, British Columbia, Canada, July, 2001 (vol. 1, pp. 525–531).
- [7] David G. Lowe, Distinctive Images Features from Scale-Invariant Keypoint, *International Journal of Computer Vision* **60** (2) (2004) (91–110).
- [8] Babak Mahdian & Stanislav Sarc, Detection of copy-move forgery using a method based on blur moment invariant, *Forensic Science International* **171** (2007) 180–189.
- [9] Sangwon Lee, David A. Shamama, Bruce Gooch, Detecting false captioning using common-sense reasoning, *Digital Investigation*, DFRWS Published by Elsevier Ltd, 2006 (65–70).
- [10] Micah K.Johnson, Hany Farid, *Exposing Digital Forgery Through Chromatic Aberration*, Geneva Switzerland, 26-27 September, 2006,

Nhận bài ngày 26 - 11 - 2009

Nhận lại sau sửa ngày 10 - 6 - 2010