

MỘT PHƯƠNG PHÁP TRÍCH XUẤT ĐẶC TRƯNG CHO BÀI TOÁN TÌM KIẾM ẢNH

Nguyễn Thị Định, Nguyễn Phương Hạc, Nguyễn Văn Thịnh*

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

*Email: thinhnv@hufi.edu.vn

Ngày nhận bài: 26/3/2021; Ngày chấp nhận đăng: 10/5/2021

TÓM TẮT

Trong bài báo này, nhóm tác giả tiếp cận một phương pháp trích xuất đặc trưng cho bài toán tìm kiếm ảnh tương tự trên cơ sở đối sánh véc-tơ đặc trưng của hình ảnh. Để thực hiện được vấn đề này, các kỹ thuật trích xuất đặc trưng được đề xuất gồm: Kỹ thuật phân vùng ảnh dựa trên độ tương phản; kỹ thuật trích xuất đường biên đối tượng dựa trên phương pháp LoG (Laplace of Gaussian); phương pháp trích xuất cấu trúc bề mặt ảnh dựa trên các phép lọc và trích xuất đặc trưng màu sắc dựa trên kỹ thuật phân cụm các điểm ảnh theo cường độ màu. Trên cơ sở các đặc trưng này, chúng tôi trích xuất véc-tơ mô tả cho nội dung hình ảnh theo đặc trưng vị trí, màu sắc, hình dạng. Từ đó, một phương pháp tìm kiếm ảnh được thực hiện để tìm ra các hình ảnh tương tự với một ảnh truy vấn cho trước. Để minh chứng cho lý thuyết đề xuất, thực nghiệm được xây dựng trên bộ dữ liệu ảnh COREL, Wang và so sánh với các công trình khác cùng bộ dữ liệu để đánh giá độ chính xác của phương pháp đề xuất. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp trích xuất đặc trưng hình ảnh được áp dụng cho bài toán tìm kiếm ảnh tương tự của chúng tôi là hiệu quả.

Từ khóa: Véc-tơ đặc trưng, phân đoạn ảnh, Laplace of Gaussian, tìm kiếm ảnh.

1. TỔNG QUAN

Sự phát triển của công nghệ ảnh số làm cho dữ liệu đa phương tiện gia tăng nhanh theo thời gian. Trong những năm gần đây, theo thống kê của IDC dữ liệu ảnh số trên thế giới tăng lên với con số không lồ, chẳng hạn trung bình mỗi ngày Facebook, Flickr, Photobucker có hàng chục triệu ảnh số được đăng tải. Vì vậy, bài toán tìm kiếm ảnh được nhiều nhà khoa học quan tâm. Để giải quyết bài toán này, các hệ tìm kiếm ảnh ra đời như Google Image Search, Bing, MSN, Yahoo, v.v. Các hệ thống này cho phép người dùng truyền vào ảnh cần truy vấn, hệ thống thực hiện tìm kiếm và trả kết quả là tập ảnh tương tự với ảnh đầu vào. Bên cạnh đó, một số công cụ tìm kiếm ảnh như Tiltomo, ByoImageSearch, v.v cho phép người dùng có thể nhập yêu cầu truy vấn dưới dạng hình ảnh [1, 2].

Hiện nay, có nhiều phương pháp tìm kiếm ảnh thông dụng gồm: Tìm kiếm ảnh theo từ khóa TBIR (*Text Base Image Retrieval*); tìm kiếm ảnh theo nội dung CBIR (*Content Base Image Retrieval*) và tìm kiếm ảnh theo ngữ nghĩa SBIR (*Semantic Base Image Retrieval*). Trong đó, tìm kiếm ảnh theo nội dung cần phải trích xuất trực tiếp đặc trưng từ nội dung hình ảnh để thực hiện tìm kiếm tập ảnh tương tự [3, 4]. Trong bài báo này, nhóm tác giả thực hiện trích xuất đặc trưng theo màu sắc, vị trí và bề mặt đối tượng nhằm thực hiện tìm kiếm ảnh tương tự từ một bộ dữ liệu cho trước. Việc trích xuất đặc trưng này được dựa trên kỹ thuật phân vùng ảnh dựa trên độ tương phản, kỹ thuật trích xuất đường biên đối tượng dựa trên phương pháp LoG (Laplace of *Gaussian*), phương pháp trích xuất cấu trúc bề mặt ảnh dựa trên các phép lọc và trích xuất lược đồ màu dựa trên kỹ thuật phân cụm các điểm ảnh theo màu sắc.

Việc tìm kiếm ảnh bằng véc-tơ đặc trưng là một trong những phương pháp tìm kiếm nhanh nhằm giảm chi phí về bộ nhớ xử lý và thời gian đối sánh ảnh, trong đó mỗi hình ảnh được trích xuất một véc-tơ đặc trưng để đánh giá độ tương tự giữa các hình ảnh. Véc-tơ đặc trưng của hình ảnh được trích xuất dựa vào độ tương phản, màu sắc, kết cấu bề mặt, hình dạng, vị trí tương đối, v.v [5]. Những công trình công bố gần đây đối với việc trích xuất đặc trưng hình ảnh được tập trung chủ yếu vào một trong các kỹ thuật như: Kỹ thuật phân vùng ảnh dựa trên độ tương phản, màu sắc, đường biên đối tượng, các phép lọc, v.v. Trong bài báo này, chúng tôi thực hiện các trích xuất đặc trưng tương tự các công trình đã có, tuy nhiên mỗi đặc trưng chúng tôi cải tiến thuật toán trích xuất như: Trích xuất đối tượng dựa trên độ tương phản, trích xuất đường biên đối tượng dựa trên phương pháp LoG, trích xuất cấu trúc bề mặt ảnh dựa trên các phép lọc Sobel, trích xuất đặc trưng màu dựa trên kỹ thuật phân cụm các điểm ảnh theo cường độ màu sắc, v.v. Một số công trình liên quan về trích xuất đặc trưng hình ảnh đã được công bố như sau:

Madhavi (2018) [5] sử dụng giải thuật di truyền kết hợp bộ lọc Gabor cho bài toán truy vấn ảnh. Trong công trình này, tác giả đề xuất một giải thuật lai cho hệ truy vấn ảnh theo nội dung CBIR. Đề trích xuất đặc trưng kết cấu thay vì chỉ sử dụng bộ lọc Gabor truyền thống, tác giả đã sử dụng 4 bộ lọc Gabor và giải thuật di truyền để trích xuất đặc trưng ảnh theo các hướng. Kết quả thực nghiệm của công trình là cải thiện đáng kể hiệu suất và độ phức tạp tính toán. Thực nghiệm của phương pháp đề xuất được đánh giá trên bộ cơ sở dữ liệu Wang với 500 hình ảnh thuộc 5 phân lớp và thu được kết quả khả quan về hiệu suất truy vấn.

Kao và cộng sự (2010) [6] đã thực hiện một công trình nhận dạng mặt người dựa vào véc-tơ đặc trưng được trích xuất theo độ tương phản giữa các vùng trong hình ảnh. Trong công trình này, tác giả thực hiện phương pháp tăng cường độ tương phản cục bộ LCE (*Local Contrast Enhancement*) của hình ảnh đầu vào kết hợp với lựa chọn đặc trưng và thay đổi số chiều của véc-tơ đặc trưng của từng vùng làm cơ sở cho quá trình phân lớp dữ liệu bằng kỹ thuật SVM (*Support Vector Machine*). Nhóm tác giả này đã thực nghiệm để chứng minh tính hiệu quả của phương pháp đề xuất trên bộ dữ liệu mặt người Yale, Yale B và Yale EB.

Singh (2011) [7] đã sử dụng một thuật toán dò cạnh Sobel và độ đo ma trận khoảng cách để thực hiện tìm kiếm ảnh tương tự. Thuật toán dò cạnh Sobel được sử dụng để tạo ảnh theo đường biên, từ đó trích xuất đặc trưng ảnh, đối sánh và tìm kiếm ảnh tương tự. Kết quả thực nghiệm cho thấy với phương pháp này đã cho kết quả truy vấn ảnh là khả thi.

Bagri & Johari (2015) [8] đã thực hiện một phương pháp trích xuất véc-tơ đặc trưng ảnh dựa vào cấu trúc bề mặt và hình dạng để áp dụng cho bài toán tìm kiếm ảnh tương tự. Trong công trình này, tác giả đã thực hiện kỹ thuật chuyển ảnh màu thành ảnh xám, trích xuất véc-tơ đặc trưng của hình dạng và kết cấu bề mặt ảnh dựa trên các giá trị tỷ lệ độ tương phản và các giá trị moment bất biến, từ đó các đặc trưng này được kết hợp để thực hiện tìm kiếm ảnh tương tự dựa trên độ đo Euclide. Kết quả thực nghiệm trên bộ ảnh với các chủ đề khác nhau đã thu được kết quả khả quan. Tuy nhiên, phương pháp này chưa kết hợp các đặc trưng về màu sắc và vị trí để nâng cao hiệu suất truy vấn ảnh.

Varish & Pal (2016) [9] đã thực hiện một phương pháp truy vấn ảnh dựa vào đặc trưng màu sắc và kết cấu của ảnh số. Các đặc trưng ảnh được trích xuất dựa trên không gian màu HSV sau khi nâng cao chất lượng ảnh bằng bộ lọc Laplacian. Trong công trình này, tác giả trích xuất đặc trưng màu sắc theo thành phần màu Hue (H), độ bão hòa Saturation (S) và thành phần giá trị màu Value (V). Từ đó, tác giả kết hợp đặc trưng kết cấu theo ma trận đồng xuất hiện cấp độ xám GLCM (*Gary Level Co-occurrence Matrix*) và phép biến đổi DWT (*Discrete Wavelet Transform*). Tác giả đã thực nghiệm trên bộ dữ liệu gồm 1000 ảnh khác nhau và chia theo 10 nhóm chủ đề, mỗi nhóm chứa 100 ảnh kích thước 256x384. Trong phương pháp này, độ đo Euclide được sử dụng để thực hiện so sánh độ tương đồng của các hình ảnh và kết quả thực nghiệm thu được với độ chính xác khá cao.

Al-Jubouri, H. A. và cộng sự (2019) [10] đã kết hợp véc-tơ đặc trưng màu sắc và kết cấu ảnh sử dụng cho bài toán truy vấn ảnh. Trong công trình này, nhóm tác giả đã nhận định khoảng cách ngữ nghĩa (*Semantic Gap*) giữa đặc trưng cấp thấp của hình ảnh và ngữ nghĩa cấp cao trong truy vấn ảnh là một thách thức lớn. Nhóm tác giả kết hợp ma trận đồng xuất hiện cấp độ xám GLCM, mẫu nhị phân cục bộ LBP (*Local Binary Pattern*) và phép biến đổi DWT để thực hiện trích xuất véc-tơ đặc trưng. Thử nghiệm của bài báo được thực hiện trong không gian màu HSV và YcbCr trên bộ ảnh Wang.

Rohit Raja và cộng sự (2020) [11] đã thực hiện một phương pháp tìm kiếm ảnh tương tự dựa vào đa đặc trưng của hình ảnh sử dụng vùng đặc trưng ROI (*Region of Interest*) theo màu sắc bằng phép lọc Sobel và Canny. Kết quả đầu ra của giai đoạn này được tiếp tục phân vùng trong không gian màu HSV. Để thực hiện phân lớp ảnh, tác giả sử dụng mạng nơ-ron theo nhãn được gán. Độ đo tương tự được sử dụng để so sánh sự tương đồng giữa 2 hình ảnh gồm: Độ đo Euclide, Chebyshev, Hamming. Kết quả thực nghiệm trên bộ ảnh COREL-1k, COREL-5k đã cho độ chính xác là 87,33%. Tuy nhiên, công trình này chỉ mới sử dụng đặc trưng màu sắc kết hợp với bộ lọc Sobel và Canny, chưa kết hợp được đa đặc trưng như hình dạng, kết cấu hình ảnh kết hợp nhiều bộ lọc khác.

Lili Han và cộng sự (2020) [12] thực hiện cải tiến thuật toán dò cạnh Sobel, trong đó tăng số chiều dò cạnh từ 2 lên 8 hướng, sau đó thực hiện khử nhiễu cho các trường hợp mẫu ảnh đặc biệt. Kết quả thực nghiệm cho thấy việc cải tiến thuật toán dò cạnh trong trích xuất đặc trưng ảnh đã nâng cao độ chính xác cho bài toán tìm kiếm ảnh tương tự. Thuật toán dò cạnh Sobel cải tiến đã nâng cao kỹ thuật trích xuất đặc trưng ảnh so với phép dò cạnh Sobel truyền thống. So sánh với các phép dò cạnh truyền thống thì kết quả thực nghiệm của phương pháp đề xuất là khả quan.

Amel H Abbas và cộng sự (2020) [13] đã thực hiện phân lớp hình ảnh lá ngô bằng phương pháp gom cụm k-Means dựa vào cường độ màu sắc để xác định tỷ lệ phần trăm của vùng ảnh. Trong công trình này, tác giả sử dụng phương pháp phân đoạn theo tỷ lệ bị ảnh hưởng của lá ngô theo 3 giai đoạn: Phân lớp ảnh bằng k-Mean; Phân đoạn ảnh bằng ngưỡng màu; Ước tính vùng ảnh bị ảnh hưởng. Ở đây, tác giả sử dụng các không gian màu khác nhau như RGB, HSV, YCbCr và CIE-L*a*b* cho quá trình phân đoạn và phân lớp ảnh để xác định tỷ lệ vùng bị ảnh hưởng. Kết quả thực nghiệm cho thấy việc phân đoạn ngưỡng màu theo k-Means đạt hiệu quả cao trong việc xác định tỷ lệ bệnh trên lá ngô, đặc biệt trong không gian màu HSV. Tuy nhiên, công trình chưa thực hiện các phép dò cạnh nhằm phân loại hình ảnh theo tỷ lệ màu.

Từ phân tích các công trình liên quan cho thấy mô hình truy vấn ảnh dựa trên véc-tơ đặc trưng được đánh giá là khả thi và hiệu quả. Trong bài báo này, chúng tôi tiếp cận theo phương pháp trích xuất véc-tơ đặc trưng theo nhiều kỹ thuật khác nhau để thực hiện tìm kiếm ảnh. Cuối cùng chúng tôi thực nghiệm trên bộ dữ liệu ảnh COREL, Wang để minh chứng cho mô hình tìm kiếm ảnh tương tự dựa trên các kỹ thuật trích xuất véc-tơ đặc trưng là hiệu quả.

Đóng góp của bài báo gồm: (1) Trích xuất đặc trưng cấp thấp của hình ảnh bao gồm đặc trưng màu sắc, vị trí và cấu trúc bề mặt ảnh trên cơ sở cải tiến các thuật toán về phân vùng ảnh dựa trên độ tương phản, trích xuất đường biên đối tượng, trích xuất cấu trúc bề mặt, phân cụm các điểm ảnh theo cường độ màu sắc; (2) Đưa ra phương pháp kết hợp các kỹ thuật trích xuất đặc trưng cấp thấp để tạo véc-tơ đặc trưng cho hình ảnh; (3) Đề xuất mô hình tìm kiếm ảnh tương tự dựa trên véc-tơ đặc trưng đã trích xuất; (4) Xây dựng thực nghiệm tìm kiếm ảnh tương tự dựa trên véc-tơ đa đặc trưng và so sánh với một số công trình cùng bộ dữ liệu.

Các phần còn lại của bài báo gồm: Phần 2 trình bày cơ sở lý thuyết; Phần 3 xây dựng mô hình truy vấn; Phần 4 thực nghiệm tìm kiếm ảnh tương tự dựa trên véc-tơ đa đặc trưng; kết luận và hướng phát triển tiếp theo được trình bày trong Phần 5.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Phân đoạn ảnh

Việc phân đoạn ảnh màu được thực hiện bằng cách phân chia hình ảnh thành các vùng riêng biệt nhau để từ đó trích xuất đặc trưng trên mỗi vùng [14-17]. Để thực hiện được điều này, chúng tôi đề xuất phương pháp phân vùng dựa trên độ tương phản, nghĩa là vùng nào có độ tương phản thấp là hình nền và vùng nào có độ tương phản cao là hình đối tượng. Tuy nhiên, việc phân biệt hình nền và hình đối tượng sẽ bị nhập nhằng trong một số hình ảnh có xu hướng ngược lại nên chúng tôi sử dụng 2 loại ảnh đối xứng nhau giữa hình nền và hình đối tượng. Thuật toán phân đoạn ảnh được mô tả như sau:

Thuật toán phân đoạn ảnh (SEGI)

Đầu vào: Ảnh màu I , ngưỡng độ tương phản θ

Đầu ra: Ảnh phân đoạn $SegI, iSegI$

Begin

Foreach ($P(x, y) \in I$) **do**

$Setpixel(SegI, x, y) = (0, 0, 0)$;

$Setpixel(iSegI, x, y) = (0, 0, 0)$;

EndForeach

Foreach ($P(x, y) \in I$) **do**

$Intensy = (p.R + p.G + p.B) / 3$;

If $Intensy > \theta$ **then**

$Setpixel(SegI, x, y) = (p.R, p.G, p.B)$;

ElseIf

$Setpixel(iSegI, x, y) = (p.R, p.G, p.B)$;

EndIf

EndForeach

Return ($SegI, iSegI$) ;

End.

Kết quả phân đoạn ảnh 607.jpg bộ flower tập ảnh COREL theo thuật toán SEGI minh họa như Hình 1 và 2.



Hình 1. Một kết quả tạo mặt nạ phân đoạn dựa trên độ tương phản



Hình 2. Một kết quả phân đoạn ảnh màu

Trong Hình 1, thuật toán phân đoạn tạo ra hai mặt nạ cho ảnh đối tượng và ảnh nền để làm cơ sở cho việc phân đoạn ảnh. Trong thực nghiệm, chúng tôi sử dụng ngưỡng độ tương phản θ là 0.5 trong miền giá trị $[0..1]$. Để làm giảm độ nhiễu các vùng quá sáng hoặc quá tối, một số điểm ảnh nằm trong lân cận của giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của độ tương phản thì được quy về giá tương ứng. Kết quả phân đoạn tạo mặt nạ cho đối tượng tại Hình 1 gồm: (a) ảnh gốc, (b) ảnh mô tả độ tương phản, (c) mặt nạ của vùng đối tượng, (d) mặt nạ của vùng ảnh nền.

Trong hình 2, các ảnh phân đoạn được tạo ra dựa vào thuật toán SEGI tương ứng với hình đối tượng và hình nền. Việc tạo ra các ảnh phân đoạn này dựa trên các mặt nạ phân đoạn để từ đó tính được diện tích và các vị trí tương đối của các vùng đặc trưng của hình ảnh. Trong hình 2 các ảnh được tạo ra gồm: (a) ảnh gốc, (b) ảnh mô tả độ tương phản, (c) ảnh đối tượng, (d) ảnh nền của đối tượng.

2.2. Kỹ thuật dò biên đối tượng

Phương pháp dò biên đối tượng LoG được áp dụng cho ảnh màu và bất biến đối với sự biến đổi cường độ ảnh cũng như bất biến đối với các phép biến đổi tỉ lệ, phép quay, phép biến đổi affine [18-21]. Vì vậy, chúng tôi tiếp cận phương pháp dò biên đối tượng dựa trên phương pháp LoG và áp dụng cho ảnh màu. Phép biến đổi Gauss theo hệ thống thị giác của con người cho ảnh $I(x, y)$ như sau:

$$L(x, y, \delta_D) = \frac{1}{10} [6 \times G(\delta_D) * Y(x, y) + 2 \times G(\delta_D) * Cb(x, y) + 2 \times G(\delta_D) * Cr(x, y)] \quad (1)$$

Với Y, Cb, Cr lần lượt là các ma trận mô tả cường độ sáng, thành phần màu xanh dương, màu đỏ trong không gian màu $YCbCr$; δ_D là giá trị vi phân; phép toán $*$ là tích chập (convolution); (x, y) là tọa độ điểm ảnh; hàm Gauss $G(\delta_D)$ trên khung cửa sổ hình vuông có cạnh W được mô tả như sau:

$$G(\delta_D) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \delta_D} \times \exp\left(-\frac{a^2 + b^2}{2 \cdot \delta_D^2}\right) \quad (2)$$

với $a, b \in [-W/2, W/2]$

Cường độ đặc trưng $I_0(x, y)$ của ảnh màu được tính theo công thức sau:

$$I_0(x, y) = Det(M(x, y, \delta_I, \delta_D)) - \alpha \cdot Tr^2(M(x, y, \delta_I, \delta_D)) \quad (3)$$

Trong đó: $Det(A), Tr(A)$ lần lượt là định thức và vết của ma trận A ; α là hệ số tỷ lệ trong đoạn $[0, 1]$, δ_I là giá trị vi phân, $M(x, y, \delta_I, \delta_D)$ là ma trận moment bậc hai được mô tả:

$$M(x, y, \delta_I, \delta_D) = \delta_D^2 \times G(\delta_I) * \begin{bmatrix} \left(\frac{\delta L(x, y, \delta_D)}{\delta x} \right)^2 & \left(\frac{\delta L(x, y, \delta_D)}{\delta x} \times \frac{\delta L(x, y, \delta_D)}{\delta y} \right) \\ \left(\frac{\delta L(x, y, \delta_D)}{\delta x} \times \frac{\delta L(x, y, \delta_D)}{\delta y} \right) & \left(\frac{\delta L(x, y, \delta_D)}{\delta y} \right)^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Các điểm đặc trưng của ảnh màu được rút trích theo công thức:

$$I_0(x, y) > I_0(x', y') \quad (5)$$

$$I_0(x, y) \geq \theta \quad (6)$$

với (x', y') là các điểm láng giềng của (x, y) , θ là giá trị ngưỡng.

Thuật toán dò biên đối tượng dựa trên phương pháp LoG được mô tả như sau:

Thuật toán dò biên đối tượng (BORI)

Đầu vào: Ảnh I , ngưỡng θ , hệ số tỷ lệ δ_I, δ_D .

Đầu ra: Tập các điểm biên $O_I = \{o_I^1, o_I^2, \dots, o_I^N\}$.

Begin

$O_I = \emptyset$;

Foreach ($p \in I$) **do**

$p_{YcbCr} = \text{ConvertToYcbCr}(p)$;

$L(x, y, \delta_D) = \frac{1}{10} [6 \times G(\delta_D) * Y(x, y) + 2 \times G(\delta_D) * Cb(x, y) + 2 \times G(\delta_D) * Cr(x, y)]$;

$I_0(x, y) = \text{Det}(M(x, y, \delta_I, \delta_D)) - \alpha \cdot \text{Tr}^2(M(x, y, \delta_I, \delta_D))$;

If ($I_0(x, y) \geq \theta$) **Then**

$O_I = O_I \cup \{I_0\}$;

EndIf

EndForeach

Return O_I ;

End.

Kết quả dò biên đối tượng ảnh 607.jpg bộ OCREL dựa trên phương pháp LoG theo thuật toán BORI minh họa bởi Hình 3.



(a)



(b)

Hình 3. Một kết quả dò biên đối tượng theo phương pháp LoG

Trong Hình 3, một kết quả dò biên đối tượng được thực hiện theo thuật toán BORI, kết quả là một đường viền xung quanh các đối tượng đặc trưng. Từ kết quả này, các đặc trưng của

đối tượng được trích xuất gồm chu vi đối tượng, vị trí tương đối của các đường viền. Hình 3 bao gồm: (a) ảnh gốc và (b) ảnh biên đối tượng.

2.3. Phép lọc Sobel

Để nhận dạng đối tượng dựa trên biên và bề mặt như các công trình đã thực hiện trong [12, 22], chúng tôi sử dụng phép lọc *Sobel*, trong đó mặt nạ phép lọc được dựa trên công thức sau:

$$\Delta f \approx |(z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)| + |(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)| \quad (7)$$

Mặt nạ phép lọc được tạo ra dựa trên công thức (7) là:

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Để thực hiện dò cạnh chúng tôi sử dụng 2 phép lọc với 2 ma trận sau:

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

Một kết quả dò cạnh và bề mặt đối tượng dựa trên phép lọc *Sobel* của ảnh 607.jpg bộ flower tập dữ liệu COREL được mô tả trong Hình 4, từ đó các đặc trưng về diện tích, màu sắc, vị trí tương đối được trích xuất. Việc thực hiện này nhằm bù trừ sai số của việc phân đoạn và trích xuất đường biên đối tượng trước đó. Hình 4 gồm: (a) ảnh gốc, (b) ảnh biên và bề mặt đối tượng.



(a)



(b)

Hình 4. Một kết quả dò tìm đối tượng dựa trên phép lọc Sobel

2.4. Thuật toán trích xuất màu

Để gia tăng độ chính xác khi đối sánh hình ảnh qua đặc trưng cấp thấp, các màu sắc chủ đạo của hình ảnh được trích xuất. Đối với đặc trưng màu sắc, mỗi điểm ảnh được gom cụm theo các màu sắc cơ bản của dãy màu Newton (Red, Green, Blue, Yellow, Orange, Purple) [23-26]. Vì vậy, mỗi điểm ảnh là một véc-tơ dữ liệu trong không gian RGB và thực hiện gom cụm theo thuật toán k-Means dựa trên 6 cụm của các màu Newton. Thuật toán k-Means áp dụng trong trường hợp này được mô tả như sau:

Thuật toán trích xuất màu (KMEC)

Đầu vào: Ảnh màu I

Đầu ra: Lược đồ màu H

Begin

For ($i=1; i<n; i++$) **do** $H[i]=0;$

EndFor

Foreach ($P(x, y) \in I$) **do**

$D_k = \min\{Euclide(p, C(Newton))\};$

$H[k] = H[k]+1;$

EndForeach

For ($i = 1; i < n; i ++$) **do** $H[i] = H[i] / \text{sum}(H[i]);$

EndFor

Return H ;

End.

Kết quả trích xuất đặc trưng màu sắc cơ bản Newton của các ảnh theo thuật toán **MEC**



$H = (0.0047544713, 0, 0, 0.5878914023, 0.2229602195, 0.1843939069)$

Hình 5. Véc-tơ đặc trưng ảnh gốc



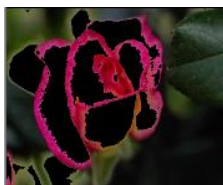
$H = (0, 0, 0, 0, 0.6583318011, 0.3416681988)$

Hình 6. Véc-tơ đặc trưng ảnh Texture



$H = (0.0046039053, 0, 0, 0.2167010636, 0.3125099222, 0.4661851087)$

Hình 7. Véc-tơ đặc trưng ảnh đối tượng



$H = (0.00712767, 0, 0, 0.8813380443, 0.0056440141, 0.1058902705)$

Hình 8. Véc-tơ đặc trưng ảnh nền đối tượng

2.5. Phương pháp trích xuất Véc-tơ đặc trưng hình ảnh

Trên cơ sở các thuật toán trích xuất đặc trưng đã mô tả, chúng tôi thực hiện tạo véc-tơ đặc trưng cho mỗi hình ảnh bằng cách kết hợp các thuật toán trên. Quá trình kết hợp được thực hiện theo các bước như sau:

Bước 1: Lấy ảnh theo độ tương phản để thiết lập màu đối tượng và màu nền

Bước 2: Lấy đặc trưng diện tích vùng ảnh phân đoạn

Bước 3: Tính đặc trưng giá trị kỳ vọng theo trục X và Y của ảnh phân đoạn

Bước 4: Tính đặc trưng độ lệch chuẩn theo trục X và Y của ảnh phân đoạn

Bước 5: Dò biên và tính chu vi đối tượng theo phương pháp LoG

Bước 6: Tính giá trị kỳ vọng theo trục X và Y của đường biên đối tượng

Bước 7: Tính giá trị độ lệch chuẩn theo trục X và Y của đường biên đối tượng

Bước 8: Lấy cấu trúc vân ảnh theo phép lọc Sobel

Bước 9: Tính giá trị diện tích vùng theo vân ảnh.

Bước 10: Tính giá trị kỳ vọng của vân ảnh theo trục X và Y

Bước 11: Tính giá trị độ lệch chuẩn theo trục X và Y trên vân ảnh

Bước 12: Lấy giá trị Histogram màu cho đối tượng vân ảnh

Bước 13: Lấy giá trị Histogram màu cho ảnh phân đoạn

Bước 14: Lấy giá trị Histogram màu cho ảnh ban đầu

Bước 15: Trả về véc-tơ đặc trưng f .

Trong Bảng 1 mô tả kết quả trích xuất véc-tơ đặc trưng hình ảnh theo phương pháp đề xuất của hình ảnh 607.jpg trong bộ flower thuộc bộ ảnh COREL.

Bảng 1. Một kết quả trích xuất véc-tơ đặc trưng của hình ảnh

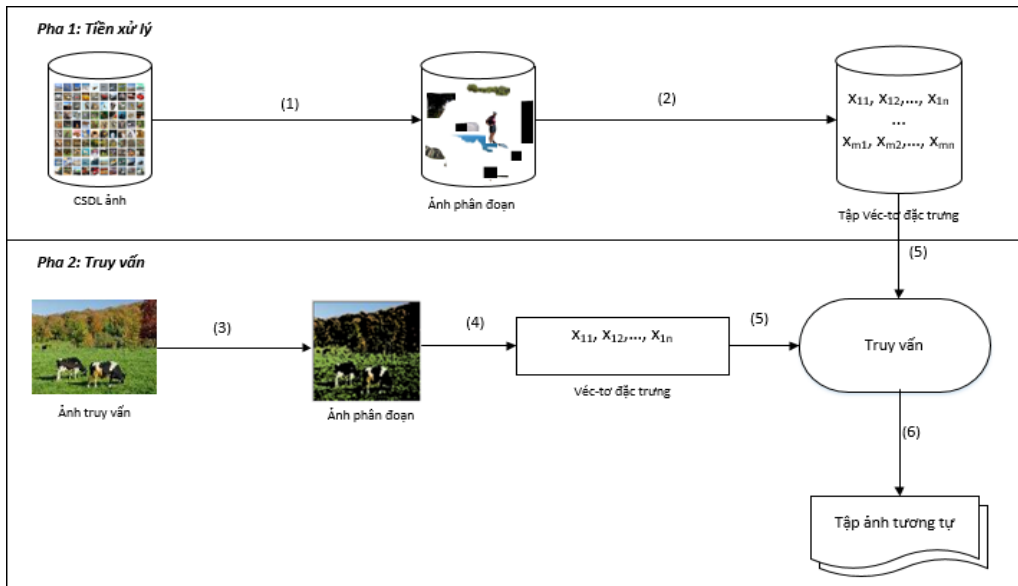
Mô tả	Giá trị
Đặc trưng diện tích, vị trí đối tượng	(0.279357, 0.35478, 0.46855, 0.03035, 0.04269)
Đặc trưng diện tích, vị trí hình nền	(0.72064, 0.55447, 0.50946, 0.03794, 0.04452)
Đặc trưng diện tích, vị trí đường biên đối tượng	(0.08472, 0.38259, 0.44203, 0.03128, 0.04099)
Đặc trưng diện tích, vị trí bề mặt đối tượng	(0.18318, 0.43025, 0.44533, 0.03342, 0.04162)
Histogram màu R, Y, B, G, O, P ảnh gốc	(0.0114, 0.004254, 0, 0.546387, 0.1525, 0.2853)
Histogram màu R, Y, B, G, O, P ảnh bề mặt	(0.01765, 0.00055, 0, 0.24994, 0.09856, 0.6337)
Histogram màu R, Y, B, G, O, P ảnh phân đoạn	(0.0017, 0.01522, 0, 0.0316437, 0.5426, 0.4086)
Histogram màu R, Y, B, G, O, P ảnh nền	(0.01514, 0, 0, 0.7460521, 0.001285, 0.237520)

3. MÔ HÌNH TÌM KIẾM ẢNH TƯƠNG TỰ DỰA TRÊN VÉC-TƠ ĐẶC TRƯNG

3.1. Mô hình truy vấn ảnh

Trên cơ sở tập dữ liệu ảnh, véc-tơ đặc trưng được trích xuất theo các thuật toán và phương pháp đã đề xuất. Tập các đặc trưng này làm cơ sở cho việc tìm kiếm tập ảnh tương tự dựa trên khoảng cách Euclide. Với ảnh cần truy vấn I , véc-tơ đặc trưng được trích xuất và lần lượt duyệt qua các thành phần véc-tơ đặc trưng trong tập dữ liệu ảnh. Nếu độ tương tự giữa ảnh truy vấn I và một ảnh bất kỳ nhỏ hơn một ngưỡng ε cho trước thì ảnh đó được gọi là một ảnh tương tự. Sau khi tìm được tập ảnh này, chúng tôi sắp xếp theo độ đo tương tự để tìm ra các ảnh tương tự

gần nhất. Hình 9 mô tả quá trình tìm kiếm các ảnh tương tự với một ảnh truy vấn đầu vào cho trước dựa trên tập véc-tơ đặc trưng.



Hình 9. Mô hình truy vấn ảnh dựa trên véc-tơ đặc trưng

Quá trình truy vấn ảnh được thực hiện gồm hai pha, pha 1 thực hiện tiền xử lý dữ liệu tức là xây dựng bộ véc-tơ đặc trưng cho tập dữ liệu ảnh, pha 2 thực hiện tìm kiếm tập ảnh tương tự ứng với một hình ảnh cho trước.

Pha 1: Tiền xử lý dữ liệu

Bước 1: Rút trích các đối tượng đặc trưng mỗi hình ảnh trong tập dữ liệu ảnh ban đầu

Bước 2: Trích xuất véc-tơ đặc trưng cho mỗi đối tượng của các hình ảnh trong tập ảnh

Bước 3: Kết hợp các đặc trưng để tạo thành véc-tơ đặc trưng cho mỗi hình ảnh

Pha 2: Truy vấn ảnh tương tự

Bước 1: Trích xuất véc-tơ đặc trưng cho ảnh truy vấn dựa trên các vùng đối tượng

Bước 2: Dò tìm đối tượng ảnh có độ tương tự nhỏ hơn ngưỡng ε cho trước

Bước 3: Sắp xếp và tìm các ảnh tương tự theo độ đo Euclide.

3.2. Thuật toán tìm kiếm ảnh dựa trên véc-tơ đặc trưng

Thuật toán tìm kiếm ảnh tương tự (IRMF)

Đầu vào: Véc-tơ f_i của ảnh I_Q , Tập véc-tơ $\{F\}$, ngưỡng ε

Đầu ra: Tập véc-tơ $\{F_Q\}$

Begin

$Result = \emptyset;$

Foreach $f_j \in F$ **do**

$d = Euclide(f_i, f_j);$

If $(d < \varepsilon)$ **then** $Result = Result \cup f_j;$

Endif

EndForeach

$Result = Result \cup f_i;$
 $Result = Sort(Result);$
Return $Result;$

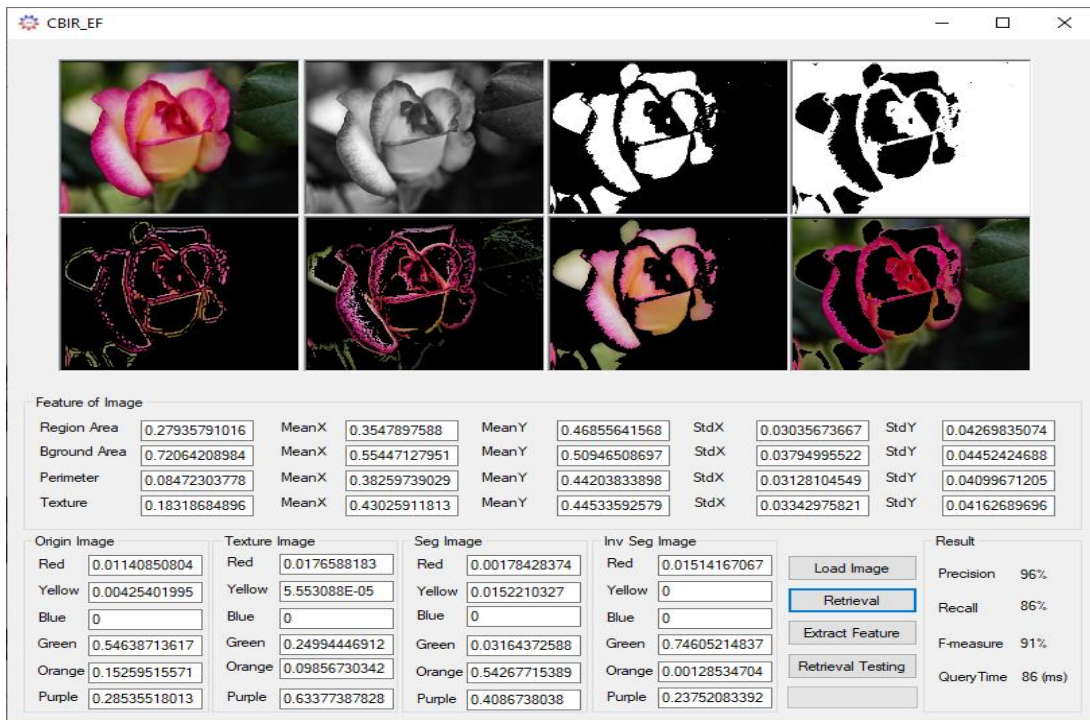
End.

4. THỰC NGHIỆM

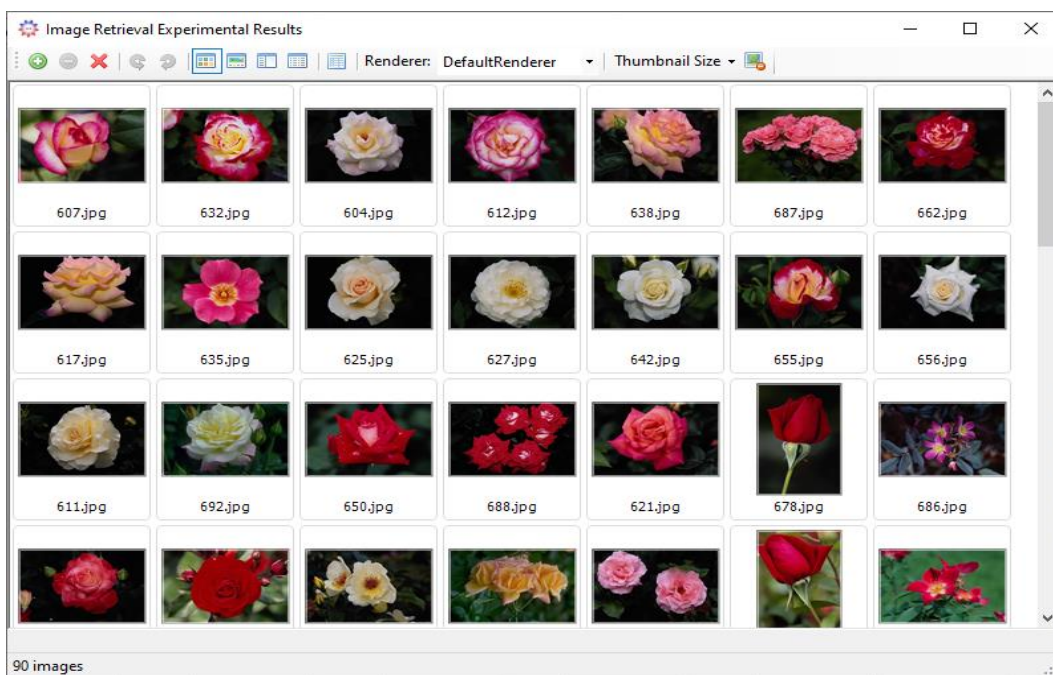
4.1. Cài đặt thực nghiệm

Hệ truy vấn ảnh CBIR-EF thực nghiệm trên bộ dữ liệu COREL, Wang. Mỗi ảnh được trích xuất bởi một véc-tơ đặc trưng gồm 44 thành phần và thuộc một phân lớp. Thực nghiệm trích xuất đặc trưng và tìm kiếm ảnh tương tự CBIR-EF được xây dựng trên nền tảng dotNET Framework 4.5, ngôn ngữ lập trình C#. Các đồ thị được xây dựng trên Matlab 2015. Cấu hình máy tính thực nghiệm: Intel(R) Core™ i5-5200U, CPU 2.2GHz, RAM 8GB và hệ điều hành Windows 10 Professional.

Trong bài báo này, chúng tôi tiến hành thực nghiệm trên bộ ảnh COREL, Wang với các chủ đề khác nhau. Bộ ảnh COREL có 1000 ảnh được chia thành 10 chủ đề: *beach, bus, castle, dinosaur, elephant, flower, horse, meal, mountain, peoples*. Bộ ảnh Wang gồm 10.800 ảnh được chia thành 80 chủ đề và được chia thành 4 nhóm thực nghiệm: Nhóm 1 gồm các bộ ảnh từ 1 - 20 (*art_1 .. obj_cards*); nhóm 2 gồm các bộ từ 21 - 40 (*obj_decoys .. sc_autumn*); nhóm 3 gồm các bộ ảnh 41–60 (*sc_cloud .. wl_butterfly*) và nhóm 4 gồm các bộ ảnh 61–80 (*wl_cat .. woman*). Trong thực nghiệm này, việc truy vấn ảnh được thực hiện so sánh độ đo tương tự giữa 2 hình ảnh dựa trên khoảng cách Euclide của véc-tơ đặc trưng. Với 2 ảnh gọi là tương tự nếu độ tương tự này nhỏ hơn một giá trị ngưỡng ε cho trước. Số lượng ảnh tương tự được lấy dựa trên các ảnh để lấy giá trị TopK các ảnh đã truy vấn để tính độ chính xác và độ phủ.



Hình 10. Hệ truy vấn ảnh CBIR-EF



Hình 11. Một kết quả truy vấn ảnh 607.jpg

Bảng 2. Hiệu suất tìm kiếm ảnh của phương pháp đề xuất trên bộ dữ liệu COREL

Tập ảnh	Số ảnh	Độ chính xác trung bình	Độ phủ trung bình	Độ dung hòa trung bình
01-10	1000	0,93802593	0,839648315	0,884776618

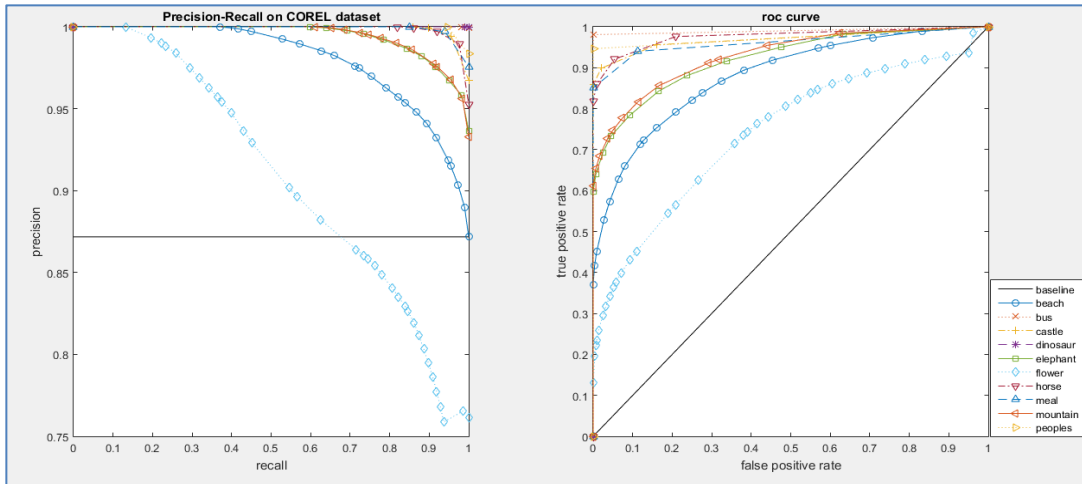
Bảng 3. Hiệu suất tìm kiếm ảnh của phương pháp đề xuất trên bộ dữ liệu Wang

Tập ảnh	Số ảnh	Độ chính xác trung bình	Độ phủ trung bình	Độ dung hòa trung bình
01-20	2890	0,880421426	0,792063491	0.833858997
21-40	2803	0,891685718	0,801378553	0.843913559
41-60	2507	0,862610085	0,775456085	0.816650358
61-80	2600	0,840452939	0,755492617	0.795430986
Trung bình	10.800	0,868792542	0,781097687	0,822463475

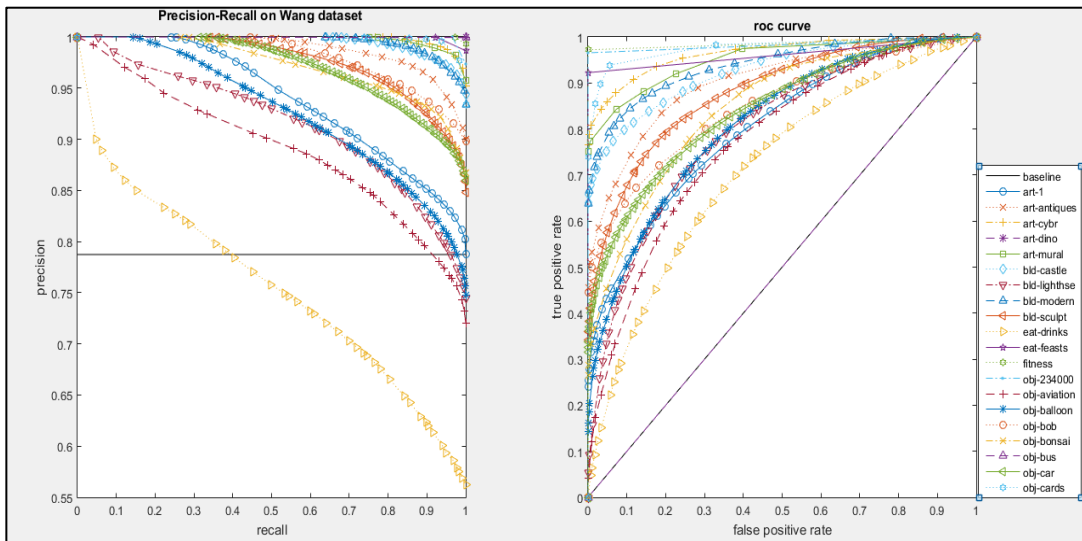
4.2. Đánh giá kết quả thực nghiệm

Mỗi đường cong trên đồ thị mô tả kết quả truy vấn từ một chủ đề ảnh trong bộ dữ liệu Wang. Mỗi đường cong biểu diễn tỷ lệ giữa độ chính xác (*precision*) và độ phủ (*recall*) của một chủ đề ảnh; đồng thời đường cong tương ứng trong đồ thị ROC cho biết tỷ lệ kết quả truy vấn đúng và sai, nghĩa là diện tích dưới đường cong này đánh giá được tính đúng đắn của các kết quả truy vấn.

Trong Hình 12 mô tả hiệu suất và tính đúng đắn kết quả truy vấn trên bộ ảnh COREL và Hình 13-16 là rất cao, các điểm kết quả nằm trong vùng từ 0,75 trở lên và tập trung nhiều ở vùng [0,9..1,0]. Đường cong ROC biểu diễn tỷ lệ đúng, sai của kết quả truy vấn và tập trung ở vùng [0,8..1,0]. Điều này chứng tỏ hiệu suất truy vấn của hệ CBIR-EF rất cao.



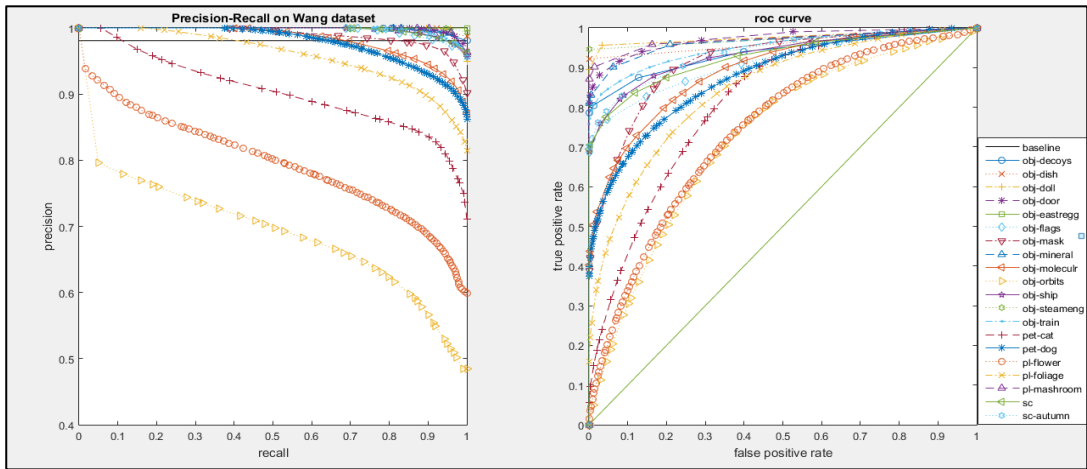
Hình 12. Precision-Recall và đường cong ROC của bộ dữ liệu ảnh COREL



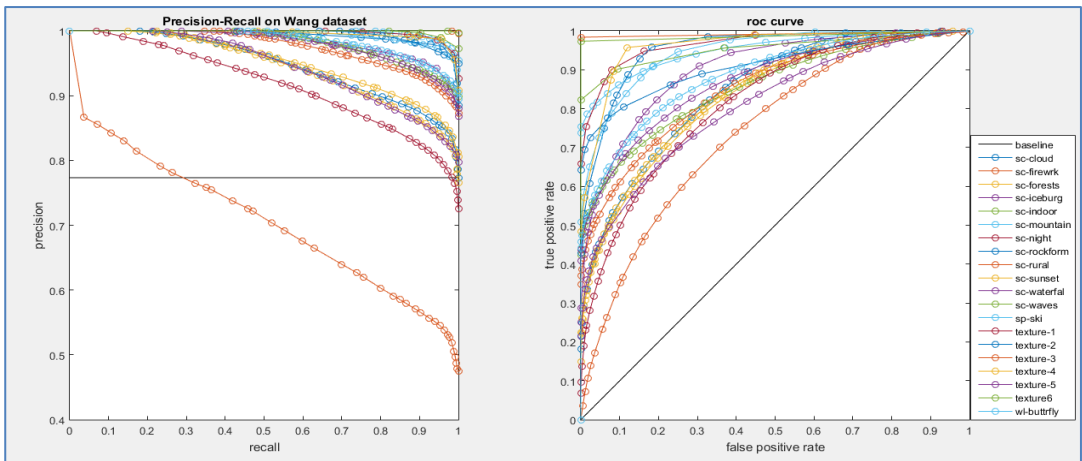
Hình 13. Precision-Recall và đường cong ROC của bộ dữ liệu 1-20 trên tập ảnh Wang

Trong Hình 13 các đường cong trong đồ thị precision-recall và ROC mô tả hiệu suất truy vấn và tính đúng đắn của 20 chủ đề đầu tiên trong bộ ảnh Wang (*art_1 .. obj_cards*). Trong Hình 14 các đường cong trong đồ thị precision-recall và ROC mô tả hiệu suất và tính đúng đắn của kết quả truy vấn 20 bộ ảnh tiếp theo bộ ảnh Wang (*obj_decoys .. sc_autumn*).

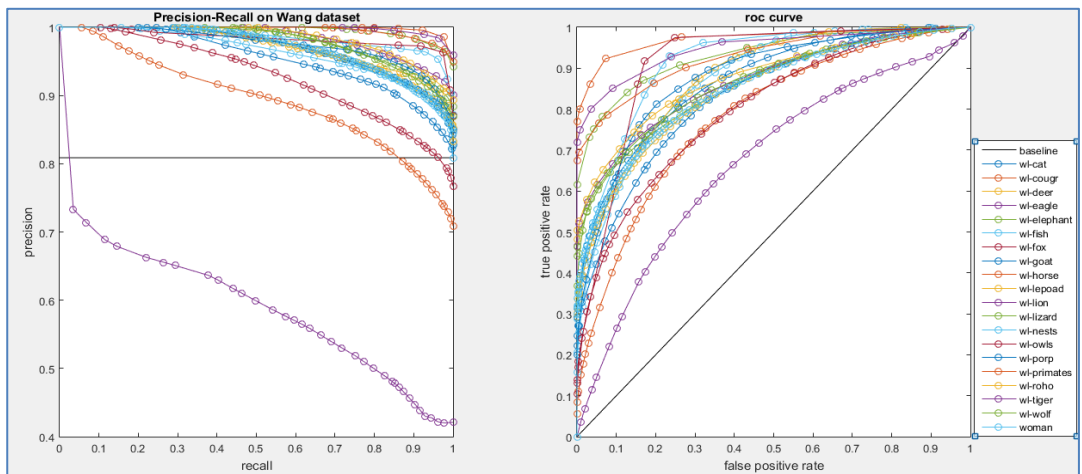
Một phương pháp trích xuất đặc trưng cho bài toán tìm kiếm ảnh



Hình 14. Precision-Recall và đường cong ROC của bộ dữ liệu 21-40 trên tập ảnh Wang

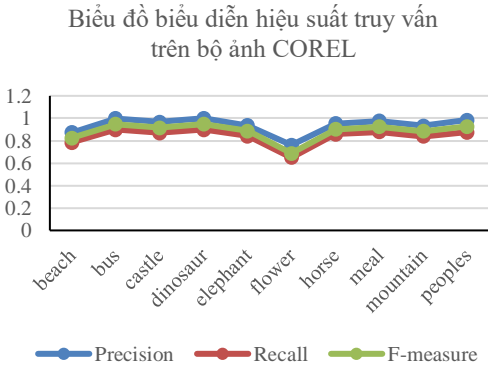


Hình 15. Precision-Recall và đường cong ROC của bộ dữ liệu 41-60 trên tập ảnh Wang

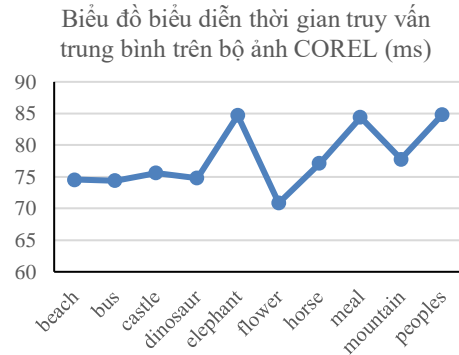


Hình 16. Precision-Recall và đường cong ROC của bộ dữ liệu 61-80 trên tập ảnh Wang

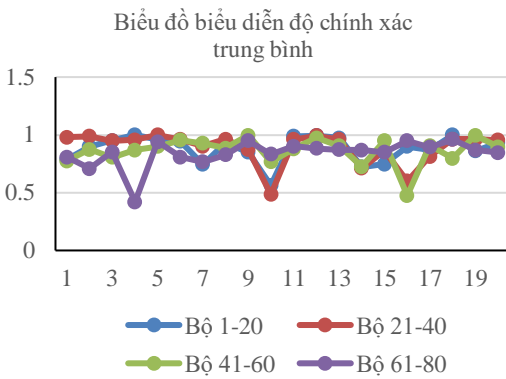
Trong Hình 15 mô tả hiệu suất và tính đúng đắn của kết quả truy vấn thuộc 20 bộ ảnh tiếp theo trong bộ ảnh Wang (*sc_cloud .. wl_butterfly*). Hình 16 mô tả hiệu suất và tính đúng đắn của kết quả truy vấn thuộc 20 bộ ảnh cuối cùng trong bộ ảnh Wang (*wl_cat .. woman*).



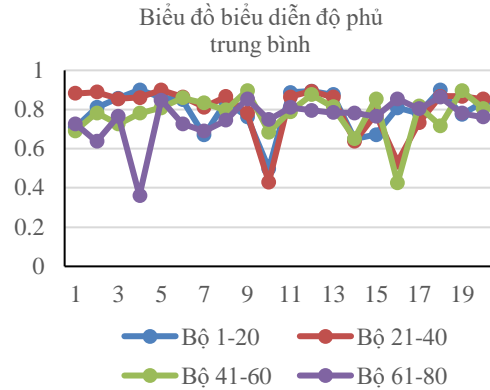
Hình 17. Biểu đồ biểu diễn thời gian truy vấn trung bình trên bộ ảnh COREL



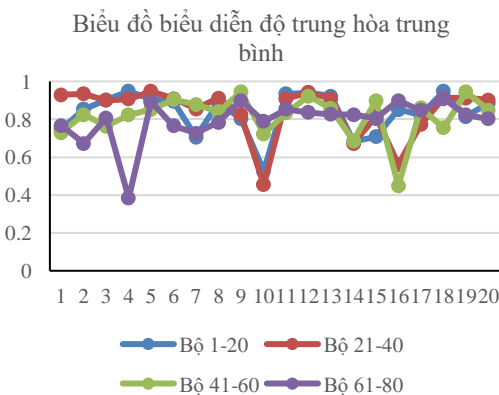
Hình 18. Biểu đồ biểu diễn thời gian truy vấn trung bình trên bộ ảnh COREL



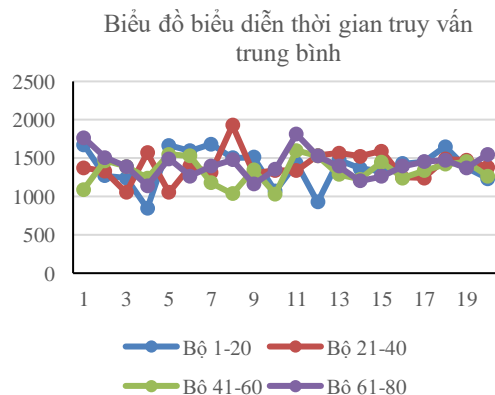
Hình 19. Biểu đồ biểu diễn độ chính xác trung bình trên bộ ảnh Wang



Hình 20. Biểu đồ biểu diễn độ phủ trung bình trên bộ ảnh Wang



Hình 21. Biểu đồ biểu diễn độ dung hòa trung bình trên bộ ảnh Wang



Hình 22. Biểu đồ biểu diễn thời gian truy vấn trung bình trên bộ ảnh Wang

Kết quả thực nghiệm được so sánh với một số công trình gần đây trên cùng bộ dữ liệu.

Bảng 4. So sánh hiệu suất truy vấn giữa các phương pháp trên bộ dữ liệu COREL

Phương pháp	Bộ dữ liệu	Độ chính xác	Độ phủ	Độ dung hòa
Raja R., 2020 [11]	COREL	87,33%	68,93%	77%
Alsmadi M. K., 2020 [19]	COREL	90,15%	18%	30%
Phương pháp CBIR-EF	COREL	93,8%	83,9%	88,5%

Bảng 5. So sánh hiệu suất truy vấn giữa các phương pháp trên bộ dữ liệu Wang

Phương pháp	Bộ dữ liệu	Độ chính xác	Độ phủ	Độ dung hòa
Madhavi D., 2018 [5]	Wang	78%	55%	65%
Antara I. B. G. W., 2020 [25]	Wang	59%	11%	18,5%
Phương pháp CBIR-EF	Wang	87%	78%	82%

Kết quả thực nghiệm phương pháp đề xuất của chúng tôi được đánh giá là tốt hơn các công trình đã công bố cùng lĩnh vực, cùng bộ dữ liệu ảnh vì: (1) Phương pháp đề xuất CBIR-EF của chúng tôi đã kết hợp được nhiều đặc trưng hơn so với các công trình so sánh; (2) Thuật toán trích xuất đặc trưng màu sắc của chúng tôi có cải tiến để thực hiện gom cụm màu theo k-Means.

5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Trong bài báo này, chúng tôi đã thực hiện việc trích xuất đặc trưng của hình ảnh dựa trên các thao tác xử lý ảnh để từ đó áp dụng vào bài toán tìm kiếm ảnh tương tự. Việc trích xuất đặc trưng đã thực hiện trên các bộ ảnh thông dụng gồm bộ dữ liệu COREL, Wang. Đồng thời áp dụng tìm kiếm ảnh tương tự dựa trên các thuật toán đã đề xuất. Theo thực nghiệm cho thấy, phương pháp trích xuất đặc trưng áp dụng cho bài toán tìm kiếm ảnh là hiệu quả và có độ chính xác cao. Việc ứng dụng trên các bộ ảnh thông dụng đã minh chứng tính khả thi của các lý thuyết đề xuất và có thể áp dụng trên các hệ thống dữ liệu đa phương tiện. Hướng phát triển tiếp theo của bài báo này là phân cụm bộ dữ liệu véc-tơ đặc trưng theo mô hình phân hoạch và phân cấp nhằm tăng tốc độ tìm kiếm hình ảnh tương tự. Vì vậy, cải tiến của bài báo này là xây dựng một hệ truy vấn ảnh theo tiếp cận ngữ nghĩa và tăng tốc độ tìm kiếm để đáp ứng yêu cầu người dùng.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. Hồ Chí Minh là nơi bảo trợ cho nghiên cứu này. Trân trọng cảm ơn nhóm nghiên cứu SBIR-HCM đã hỗ trợ về chuyên môn để nhóm tác giả hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Văn Thế Thành, Lê Mạnh Thanh - Truy vấn ảnh sử dụng Chữ ký nhị phân của Ảnh phân đoạn, Hội thảo quốc gia lần thứ XVIII: Một số vấn đề chọn lọc của Công nghệ thông tin và truyền thông TP.HCM, 05-06/11/2015.
2. Van T. T., & Le T. M. - Content-based image retrieval based on binary signatures cluster graph, Expert Systems **35** (1) (2018), e12220.

3. Jain M., & Singh S. K. - A survey on: content based image retrieval systems using clustering techniques for large data sets, *International Journal of Managing Information Technology* **3** (4) (2018) 23.
4. Abbas J., Qadri S., Idrees M., Awan S., & Khan N. A. – Framework for content based image retrieval (Textual based) system, *Journal of American Science* **6** (9) (2010) 704-707.
5. Madhavi D., & Patnaik M. R. - Genetic algorithm-based optimized Gabor filters for content-based image retrieval, In *Intelligent Communication Control and Devices - Springer Singapore* (2018) 157-164.
6. Kao W. C., Hsu M. C., & Yang Y. Y. - Local contrast enhancement and adaptive feature extraction for illumination-invariant face recognition, *Pattern Recognition* **43** (5) (2010) 1736-1747.
7. Singh C. P. - R-tree implementation of image databases, *Signal & Image Processing* **2** (4) (2011) 89.
8. Bagri N., & Johari P. K. - A comparative study on feature extraction using texture and shape for content based image retrieval, *International Journal of Advanced Science and Technology* **80** (4) (2015) 41-52.
9. Varish N., & Pal A. K. - A content based image retrieval using color and texture features, In *Proceedings of the International Conference on Advances in Information Communication Technology & Computing* (2016, August) 1-7.
10. Al-Jubouri H. A. - Integration colour and texture features for content-based image retrieval, *International Journal of Modern Education & Computer Science* **12** (2) (2020).
11. Raja R., Kumar S., Mahmood M. R. - Color object detection based image retrieval using ROI segmentation with multi-feature method, *Wireless Personal Communications* **112** (1) (2020) 169-192.
12. Han L., Tian Y., Qi Q. - Research on edge detection algorithm based on improved sobel operator, In *MATEC Web of Conferences: EDP Sciences* (309) (2020) 03031.
13. Abbas A. H., Mirza N. M., Qassir S. A., & Abbas L. H. - Maize leaf images segmentation using color threshold and K-means clustering methods to identify the percentage of the affected areas, In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **745** (1) (2020, February), 012048, IOP Publishing.
14. Panwar P., Gopal G., & Kumar R. - Image segmentation using K-means clustering and thresholding, *International Research Journal of Engineering and Technology* **3** (5) (2016) 1787-1793.
15. Guo Y., Şengür A., Akbulut Y., & Shipley A. - An effective color image segmentation approach using neutrosophic adaptive mean shift clustering, *Measurement* **119** (2018) 28-40.
16. Jaiswal V., Sharma V., & Varma S. - An implementation of novel genetic based clustering algorithm for color image segmentation, *Telkomnika* **17** (2) (2019) 1461-1467.
17. Kumar S. N., Lenin Fred A., Muthukumar S., Ajay Kumar H., & Sebastian Varghese P. - A voyage on medical image segmentation algorithms, *Biomedical Research* (2018) S75-S87.
18. Anand S., & Sangeethapriya G. - Gaussian modulated hyperbolic tangent high pass filter for edge detection in noisy images, *arXiv preprint arXiv:2005* (2020) 11432.

19. Alsmadi M. K. - Content-based image retrieval using color, shape and texture descriptors and features, *Arabian Journal for Science and Engineering* **45** (4) (2020) 3317-3330.
20. Xue W., Mou X., Zhang L., Bovik A. C., & Feng X. - Blind image quality assessment using joint statistics of gradient magnitude and Laplacian features, *IEEE Transactions on Image Processing* **23** (11) (2014) 4850-4862.
21. Suganya K., Suresh P., Babu A. V., & Akhila R. - CBIR using SIFT with LoG DoG and PCA, In *Data Engineering and Communication Technology - Springer Singapore* (2020) 623-637.
22. Zhang D., Wong A., Indrawan M., & Lu G. - Content-based image retrieval using Gabor texture features, *IEEE Transactions Pami* 3656 (2000), 13-15.
23. Deole P. A., & Longadge R. - Content based image retrieval using color feature extraction with KNN classification, *IJCSMC* **3** (5) (2014) 1274-1280.
24. Yadav S., & Biswas M. - Improved color-based K-mean algorithm for clustering of satellite image, In *2017 4th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN) – IEEE* (2017, February) 468-472.
25. Antara I. B. G. W., Dantes G. R., Gunadi I. G. A., & Ariana A. A. G. B. - Effect of image partitioning on content-based image retrieval using colour and texture, In *Journal of Physics: Conference Series* **1516** (1) (2020) 012015, IOP Publishing.
26. Roy K., & Mukherjee J. - Image similarity measure using color histogram color coherence vector and sobel method, *International Journal of Science and Research (IJSR)* **2** (1) (2013) 538-543.

ABSTRACT

A METHOD OF EXTRACTING FEATURES APPLIED FOR CONTENT-BASED IMAGE RETRIEVAL

Nguyen Thi Dinh, Nguyen Phuong Hac, Nguyen Van Thinh*
Ho Chi Minh City University of Food Industry
*Email: thinhm@hufi.edu.vn

In this paper, we approach a method of extracting for the content based images retrieval. In order to solve this problem, the technics of extracting features are proposed including segmentation of image rely on contrast, extracting the boundary of interest object based on LoG method, extracting texture based on the filter operations, and extracting color histogram rely on the method of clustering the intensens of image's pixels. On the base of these features, we extracted the feature vector to describe the image content by location, color, shape. From that, a method of similar images retrieval with a query image is built. To prove the proposed theory, an experimental was built on the datasets including COREL, Wang and compared with other works on the same data set to evaluate the accuracy of our proposed method. The experimental results show that our method of extracting image features applied to our similar image retrieval problem is effective.

Keywords: Feature vector, segmentation of image, Laplace of Gaussian, image retrieval.