

Nâng cao hiệu quả tra cứu ảnh nhãn hiệu sử dụng cây quyết định và phản hồi liên quan

Nguyễn Việt Anh¹, Vũ Văn Hiệu¹, Nguyễn Thị Trang², Lê Ngọc Minh¹

¹ Viện Công nghệ thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Trường Đại học Hạ Long

Tác giả liên hệ: Nguyễn Việt Anh, anhnv@ioit.ac.vn

Ngày nhận bài: 16/09/2021, ngày sửa chữa: 30/10/2021, ngày duyệt đăng: 18/11/2021

Định danh DOI: 10.32913/mic-ict-research-vn.v2021.n2.1012

Tóm tắt: Tra cứu ảnh nhãn hiệu là công việc quan trọng để bảo vệ bản quyền của nhãn hiệu đã đăng ký. Nhãn hiệu phân biệt ký hiệu hoặc thông điệp của một cá nhân, tổ chức thương mại hoặc pháp nhân được ủy quyền để nhận ra các sản phẩm hoặc dịch vụ từ một nguồn duy nhất. Thực tế, việc xác định sự tương đồng về mặt thị giác bởi con người và xác định sự tương đồng giữa các ảnh nhãn hiệu trên máy tính vẫn là một nhiệm vụ đầy thách thức. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một phương pháp để tra cứu ảnh nhãn hiệu dựa trên đặc điểm màu sắc, hình dạng và kết cấu của ảnh nhãn hiệu. Các đặc trưng này được kết hợp sử dụng để xây dựng một bộ độ đo khoảng cách có trọng số được sử dụng để đo độ tương tự và làm kết quả để xây dựng bộ phân lớp sử dụng cây quyết định. Để cải thiện kết quả phân lớp, chúng tôi đề xuất sử dụng phản hồi liên quan để tăng cường số mẫu huấn luyện, hiệu chỉnh trọng số tương tự và truy vấn theo quan tâm của người dùng. Kết quả thực nghiệm trên tập dữ liệu Flickr Logos 27 [1] chứng minh tính hiệu quả của phương pháp đề xuất.

Từ khóa: Nhãn hiệu, tra cứu ảnh dựa vào nội dung, phản hồi liên quan, cây quyết định.

Title: Improving Image Trademark Retrieval Effectiveness using Decision Trees and Relevance Feedback.

Abstract: Trademark images searching and comparing play important role in copyright protection of registered brands. The registered brands can help to distinguish the symbols or messages of individuals, commercial or authorized legal entities so that their original products or services can be easily recognized. In practices, identifying the visual similarity of trademark images by human is still a very challenging task. To deal with the problem, we propose in this paper a method for trademark images retrieval based on their colors, shapes and texture features. Specifically, we propose a similarity measure that take into account these features with weights. A classification model is built based on this similarity measure and the decision tree method. To improve the classifying results, the relevant feedback technique is used to improve the selection of training examples and to adjust of the similarity weights according to user's needs. Experimental results on the Flickr Logos 27 dataset [1] prove the effectiveness of our proposed method.

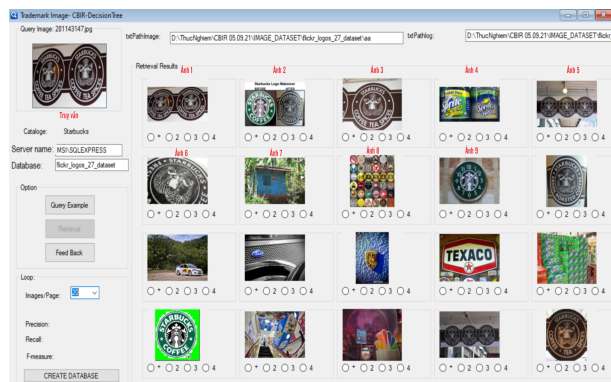
Keywords: Trademarks, content-based image retrieval, relevance feedback, decision trees.

I. GIỚI THIỆU

Nhãn hiệu là một biểu tượng để nhận biết hoặc văn bản liên quan để xác định sản phẩm hoặc dịch vụ của một cá nhân, một tổ chức kinh doanh hoặc một tổ chức pháp nhân với những sản phẩm hoặc dịch vụ của họ. Các nhãn hiệu đã đăng ký được xem như một dạng tài sản hợp pháp và cần được bảo vệ khỏi vi phạm bản quyền và vi phạm nhãn hiệu. Để bảo vệ và hợp pháp hóa nhãn hiệu của mình, chủ sở hữu phải đăng ký nhãn hiệu của họ tại các cơ quan cấp bằng sáng chế ở nhiều quốc gia. Hơn 100 triệu công ty được biết là đang tồn tại trên thị trường toàn cầu và nhiều công ty trong số đó sở hữu ít nhất một nhãn hiệu đã đăng

ký. Theo Tổ chức Sở hữu Trí tuệ thế giới [2], 3 triệu đăng ký nhãn hiệu tồn tại trên toàn thế giới và các đơn đăng ký nhãn hiệu tiếp tục tăng với tỷ lệ 6-8% trong những năm gần đây.

Khi áp dụng một nhãn hiệu mới, cần phải đảm bảo rằng nhãn hiệu mới không bắt chước hoặc đủ khác biệt với các nhãn hiệu hiện có. Ở hầu hết các nước phát triển, các tổ chức như văn phòng sáng chế có trách nhiệm bảo vệ nhãn hiệu khỏi bị xâm phạm. Để tránh các vi phạm khác nhau, họ loại trừ việc đăng ký các nhãn hiệu gần như trùng lặp hoặc bị bắt chước có chủ ý bằng cách kiểm tra nhãn hiệu trong cơ sở dữ liệu hoặc bằng cách sử dụng hệ thống theo



Hình 1. Ví dụ nhãn hiệu tương tự

cách thủ công. Số lượng đăng ký ô ạt đã làm hoạt động thủ công và tự động bị quá tải và làm giảm chất lượng dịch vụ của các văn phòng cấp bằng sáng chế, điều này để lại một kẽ hở cho các hành vi vi phạm nhãn hiệu. Điều tồi tệ hơn, hai nhãn hiệu tương tự được đăng ký nhằm sẽ làm tăng sự phức tạp của việc xử lý tranh chấp pháp lý giữa các chủ sở hữu. Để giảm bớt gánh nặng cho các văn phòng cấp bằng sáng chế, cần phải có một hệ thống tra cứu nhãn hiệu tự động mạnh với các kỹ thuật phân tích ảnh thông minh.

Thực tế, việc tra cứu tất cả các điểm tương đồng về nhãn hiệu một cách hiệu quả là một thách thức vì:

- Sự tương đồng về nội dung nhưng về mặt ngữ nghĩa lại khác nhau, như Ảnh 4 có mức tương tự cao hơn Ảnh 5, Ảnh 6 đối với ảnh truy vấn như trong Hình 1.
- Sự giống nhau mang tính chủ quan chủ yếu do thiếu các tiêu chí rõ ràng để quyết định sự giống nhau. Sự giống nhau về mặt hình ảnh, đặc biệt là trong trường hợp tương tự về nhãn hiệu, bị ảnh hưởng rất nhiều bởi nhiều khía cạnh bao gồm nền tảng giáo dục, tôn giáo, sở thích, v.v.

Một yếu tố quan trọng khác ảnh hưởng đến sự tương đồng là thực tế là số lượng nhãn hiệu hiện có là rất lớn và gia tăng nhanh chóng, đặt ra thách thức cho việc tạo ra nhãn hiệu mới, khác biệt đáng kể để thể hiện cùng một nội dung. Điều này, theo thời gian, có thể dẫn đến sự thay đổi trong việc quyết định sự giống nhau vì chúng ta có thể hết cách để diễn đạt một ý nghĩa.

- Các phương pháp tra cứu ảnh hiện nay, chủ yếu được điều chỉnh để xác định sự giống nhau về các đặc trưng liên quan đến đối tượng, không phải là giải pháp tối ưu cho các vấn đề tra cứu nhãn hiệu, vì hình ảnh nhãn hiệu chủ yếu kết hợp thông tin trừu tượng với nhiều biến đổi và chi tiết khác nhau. Trên thực tế, các hệ thống tra cứu nhãn hiệu cần được trang bị các khả năng trực quan cấp cao như phân nhóm trực quan,

nhận dạng đối tượng, hiểu cảnh/nội dung, v.v. để có thể xử lý các trường hợp như trong Hình 2.



Hình 2. Ví dụ về cách các nguyên tắc Gestalt ảnh hưởng đến nhận thức về nhãn hiệu

1. Các đóng góp chính của nghiên cứu

Trong bài báo này, chúng tôi tập trung vào xác định tương tự về nhãn hiệu trong kết quả tra cứu về mặt tương tự hình ảnh bao gồm các khía cạnh màu sắc, hình dạng và kết cấu và bỏ qua các điểm tương tự về khái niệm/ngữ nghĩa trong các lần phản hồi liên quan). Chúng tôi sử dụng kiến thức phản hồi phân loại liên quan vào xây dựng cây quyết định. Dựa trên các cây quyết định, các suy luận được đưa ra về những ảnh nào mà người dùng muốn xem nhất trong lần lặp lại tra cứu tiếp theo. Chúng tôi chứng minh độ chính xác tra cứu tăng lên sau một hoặc hai lần lặp, yêu cầu người dùng chỉ cung cấp phản hồi về một số ít hình ảnh. Để cải thiện nhanh kết quả tra cứu, chúng tôi đề xuất người dùng chọn các ảnh hiển thị thuộc nhóm liên quan với nhau (gồm 4 nhóm: liên quan với ảnh truy vấn và ba nhóm khác nhau). Chúng tôi cũng cho thấy rằng ứng dụng tra cứu của chúng tôi đủ nhanh để sử dụng trực tuyến.

2. Cấu trúc bài báo

Phần hai chúng tôi giới thiệu các nghiên cứu liên quan đến tra cứu ảnh nhãn hiệu. Phần ba chúng tôi trình bày phương pháp đề xuất. Phần bốn chúng tôi chứng minh tính hiệu quả của phương pháp tra cứu nhãn hiệu trên tập dữ liệu với các phương pháp khác. Cuối cùng, Phần năm là kết luận và hướng nghiên cứu tiếp theo.

II. NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Trong phần này, chúng tôi thảo luận về các cách tiếp cận hiện tại đối với đánh giá sự tương tự nhãn hiệu, bao gồm cả các phương pháp thủ công.

1. Kiểm tra sự tương tự của nhãn hiệu bằng phương pháp thủ công

Cho đến nay hầu hết các cơ quan cấp bằng sáng chế vẫn dựa vào nỗ lực thủ công để đánh giá tính tương tự của nhãn hiệu. Trong cách tiếp cận hoàn toàn thủ công, trước tiên con người ghi nhớ một nhãn hiệu và sau đó đọc lướt qua toàn bộ bộ sưu tập nhãn hiệu để hy vọng phát hiện ra những điểm tương đồng. Trong cách tiếp cận bán thủ công, trước tiên con người gắn nhãn các nhãn hiệu, truy xuất các nhãn hiệu có cùng nhãn và kiểm tra trực quan sự giống nhau giữa các nhãn hiệu đã tra cứu. Khi được truy vấn về sự tương tự nhãn hiệu, trước tiên nhãn hiệu đó được gắn nhãn các loại, sau đó các nhãn hiệu được đưa vào các danh mục để được truy xuất và sự tương tự được đánh giá bởi một chuyên gia bằng cách sử dụng phương pháp kiểm tra trực quan.

Hệ thống phân loại với cách tiếp cận thủ công, có một số nhược điểm: (i) Quá trình phân loại mang tính chủ quan vì chi tiết của việc gán nhãn có thể phụ thuộc vào người quan sát. (ii) Các danh mục được cố định và không thể mở rộng hay thay đổi. (iii) Không thể mô tả bằng lời tất cả nội dung của nhãn hiệu.

Tóm lại, các phương pháp tiếp cận thủ công, ngay cả các hệ thống ghi nhãn phức tạp, (i) đòi hỏi thời gian lớn (trong trường hợp hoàn toàn thủ công, phải mất 3-4 ngày để một chuyên gia là con người kiểm tra bằng mắt một nhãn hiệu trong số khoảng 1 hàng triệu nhãn hiệu), (ii) khá dễ xảy ra lỗi vì yếu tố con người có liên quan trong quá trình này, (iii) không đáp ứng thực tế đối với hệ thống nhãn hiệu đang phát triển nhanh chóng với rất nhiều các nhãn hiệu mới. Do đó, việc tự động hóa đánh giá tính tương tự nhãn hiệu là rất cần thiết.

2. Kiểm tra sự tương tự của nhãn hiệu bằng các phương pháp tự động

Mặc dù hiện tại các phòng cấp bằng sáng chế vẫn dựa vào các phương pháp thủ công là chủ yếu, các nghiên cứu đã nghiên cứu các phương pháp hoàn toàn tự động để tra cứu sự tương tự nhãn hiệu trong khoảng hai thập kỷ qua.

Trước tiên phải kể đến các kỹ thuật áp dụng đặc trưng toàn cục mức thấp, bao gồm vectơ đặc trưng [3], miêu tả Fourier [4], các moment ảnh [4, 5], cũng như các đặc trưng hình dạng đơn giản hơn và tính toán nhanh như tỷ lệ hình, tính lặp, phép lọc, biến đổi tâm [4], mức xám [6], biểu đồ hướng gradient [5], wavelets [7]. Ngoài các đặc điểm liên quan đến hình dạng và kết cấu, các phương pháp tiếp cận dựa trên đặc điểm màu sắc cũng đã được áp dụng để truy xuất nhãn hiệu [8, 9].

Jiang và cộng sự [10] chỉ ra rằng các bộ mô tả nói trên không kết hợp thông tin hình học của các đối tượng được

trích rút. Các bộ mô tả này sẽ không tốt trong trường hợp các nhãn hiệu khớp với nhau ở từng bộ phận hoặc các nhãn hiệu không liên quan dẫn đến các bộ mô tả toàn cục. Để cải thiện kết quả tra cứu, các kết hợp khác nhau của các đặc trưng này đã được áp dụng. Mặc dù có bằng chứng tương phản [11], việc tích hợp hiệu quả nhiều đặc trưng đã được chứng minh là cải thiện hiệu suất tra cứu [5].

Để cải thiện kết quả truy xuất và so khớp từng phần, một cách tiếp cận là phân đoạn nhãn hiệu thành một số đối tượng và đối sánh nhãn hiệu bằng cách so sánh các phần mô tả của chúng [12, 13].

Mô tả nhãn hiệu với các đặc điểm toàn cục được trích rút từ toàn bộ nhãn hiệu hoặc các bộ phận của nó là hiệu quả về thời gian và bộ nhớ. Tuy nhiên, những phương pháp này bỏ qua thông tin cục bộ, thông tin này có thể quan trọng trong việc giải quyết các vấn đề vi phạm một phần. Để bao gồm thông tin cục bộ giải quyết một phần đối sánh, các phương pháp dựa trên điểm chính như SIFT [14, 15], góc Harris [9], v.v. đã được thử nghiệm.

3. Các nghiên cứu liên quan: Phát hiện và xác định nhãn hiệu

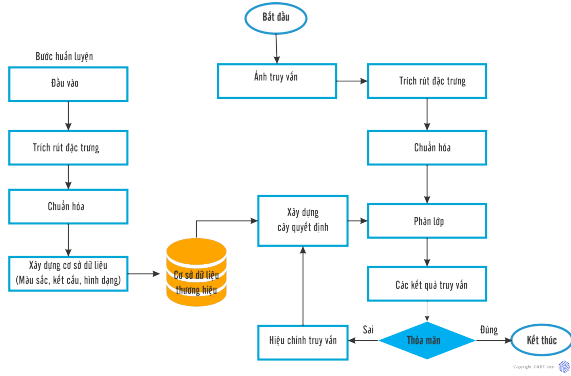
Phát hiện và xác định nhãn hiệu là hai vấn đề liên quan đến việc tra cứu nhãn hiệu. Phát hiện nhãn hiệu là bài toán tìm kiếm tất cả các nhãn hiệu trong cảnh. Mặt khác, xác định nhãn hiệu quan tâm đến việc tìm một nhãn hiệu cụ thể trong ảnh, Kesidis và cộng sự [16] khảo sát rất chi tiết về những vấn đề này.

Kesidis và cộng sự [16] chỉ ra sự khác biệt giữa sự giống nhau và sự trùng khớp là rất quan trọng đối với việc tra cứu nhãn hiệu, vì hầu hết các phương pháp tra cứu ảnh được thiết kế để đối sánh chính xác hơn là phát hiện sự giống nhau. Ví dụ, các phương pháp dựa trên điểm khóa dựa vào việc phát hiện và khớp các điểm khóa giống nhau. Tuy nhiên, trong một vấn đề tương tự, hai nhãn hiệu có thể không sở hữu chung bất kỳ điểm chính nào.

III. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

Phát biểu bài toán tra cứu nhãn hiệu như sau: Cho một cơ sở dữ liệu ảnh gồm M ảnh. Mỗi ảnh I trong cơ sở dữ liệu và truy vấn Q là nhãn hiệu cần được tra cứu để tìm ra sự tương tự với các nhãn hiệu khác được miêu tả bởi tập T đặc trưng ($t = 1, \dots, T$), mỗi ảnh I đồng nhất với một tập đặc trưng trong cơ sở dữ liệu đặc trưng $\mathbb{E}$. Độ tương tự tương ứng của truy vấn Q với ảnh I trong cơ sở dữ liệu đặc trưng là $D_Q^t(I)$, $t = 1, \dots, T$. Một tập T độ đo khoảng cách của mỗi ảnh I và truy vấn Q được xác định là $D_Q(I) = \{D_Q^t(I)\} = \{D^t(Q^t, I^t)\}_{1 \leq t \leq T}$. Sau khi tính độ tương tự của mỗi ảnh I với truy vấn Q tạo thành không gian tương tự $\mathbb{S}_Q = \{(I, D_Q(I)) / I \in \mathbb{E}\}$

Như vậy, bài toán tra cứu ảnh nhãn hiệu được xác định như việc tìm các ảnh phù hợp trên một cơ sở dữ liệu đặc trưng ảnh. Với cách tiếp cận sử dụng phản hồi liên quan trên bộ phân lớp cây quyết định, mô hình hệ thống đề xuất (RFTrademarkTree) được miêu tả như Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ hệ thống đề xuất RFTrademarkTree

Sau khi các đặc trưng được trích rút miêu tả màu sắc, hình dạng và kết cấu sẽ được chuẩn hóa. Phép chuẩn hóa thường được sử dụng là chuẩn hoá *min-max* hoặc chuẩn hoá Gauss.

1. Chuẩn hóa Gauss

Chuẩn hóa Gauss hay gọi là 3σ , chuẩn hóa này khá hiệu quả trong nghiên cứu như [17, 18]. Chuẩn hoá thành phần thứ k của bộ đặc trưng t_{ij} như sau:

$$\{t_{ijk}\} \mapsto \{\tilde{t}_{ijk}\}, \forall k, \tilde{t}_{ijk} = \frac{t_{ijk} - \mu_k}{3\sigma_k}, \quad (1)$$

trong đó $\mu_k \stackrel{def}{=} \text{mean}(\{t_{ijk}\})$, $\sigma_k \stackrel{def}{=} \text{var}(\{t_{ijk}\})$.

Giá trị khoảng cách tương ứng của các đặc trưng riêng được chuẩn hóa như sau:

$$\tilde{D}^{t_{ij}}(I_x, I_y) = \frac{D^{t_{ij}}(I_x, I_y) - \mu_{t_{ij}}}{K\sigma_{t_{ij}}}, \quad (2)$$

trong đó phân bố chuẩn $\sigma_{t_{ij}}$ theo bộ đặc trưng t_{ij} là

$$\sigma_{t_{ij}} = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{x=1}^{N-1} \sum_{y=x+1}^N [D^{t_{ij}}(I_x, I_y) - \mu_{t_{ij}}]^2, \quad (3)$$

và khoảng cách trung bình $\mu_{t_{ij}}$ giữa các cặp ảnh theo bộ đặc trưng t_{ij} :

$$\mu_{t_{ij}} = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{x=1}^{N-1} \sum_{y=x+1}^N D^{t_{ij}}(I_x, I_y). \quad (4)$$

2. Sử dụng cây quyết định và phản hồi liên quan để nâng cao hiệu quả tra cứu nhãn hiệu

Tra cứu nhãn hiệu sử dụng phản hồi liên quan giống như bộ máy phân lớp lấy đầu vào là ảnh truy vấn và danh sách các kết quả đã được người dùng đánh dấu liên quan hoặc lựa chọn phân lớp vào tập huấn luyện. Chu kỳ được lặp lại và tập huấn luyện được bổ sung theo lựa chọn của người dùng. (Lưu ý trong lần lặp đầu tiên, không tồn tại thông tin phản hồi nào như trong Hình 4.)

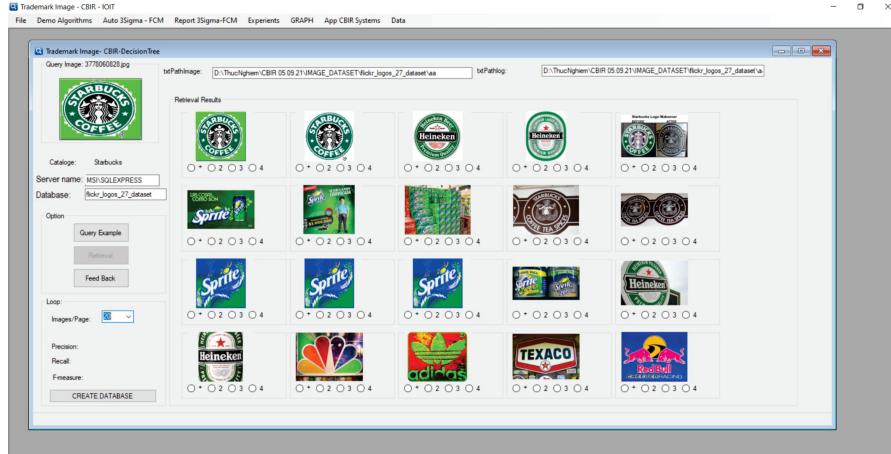
Chúng tôi xem nhiệm vụ phản hồi liên quan như giải pháp xác định dữ liệu huấn luyện (ảnh truy vấn và các ảnh được đánh dấu). Một khái niệm được suy ra từ dữ liệu này và các mẫu huấn luyện được tăng cường sau các lần phản hồi liên quan). Bài toán tra cứu ảnh nhãn hiệu được xem như một bài toán phân lớp: có liên quan và không liên quan.

Ảnh truy vấn tự động được gắn nhãn có liên quan, là tiêu chuẩn về mức độ liên quan để so sánh với các ảnh khác trong cơ sở dữ liệu. K ảnh được phân loại theo mức độ liên quan được thực hiện bởi người dùng. Với các ảnh trả về trong các lần phản hồi có liên quan đến ảnh truy vấn người dùng có thể đưa vào lớp cùng với ảnh truy vấn (lớp đầu + trên Hình 4), các ảnh không liên quan đến ảnh truy vấn, người dùng tự phán xét và đưa vào các lớp 2, 3 hoặc 4. Do đó, một nhóm các mẫu huấn luyện được thiết lập (K ảnh được đánh dấu, cộng với truy vấn). Sau đó, chúng tôi sử dụng một kỹ thuật để học từ dữ liệu huấn luyện này và tạo ra một tập các ảnh được tra cứu cho người dùng bằng cách sử dụng mô hình đã học. Thuật toán được sử dụng phân lớp là cây quyết định phản hồi về mức độ liên quan trên tập kết quả trả về.

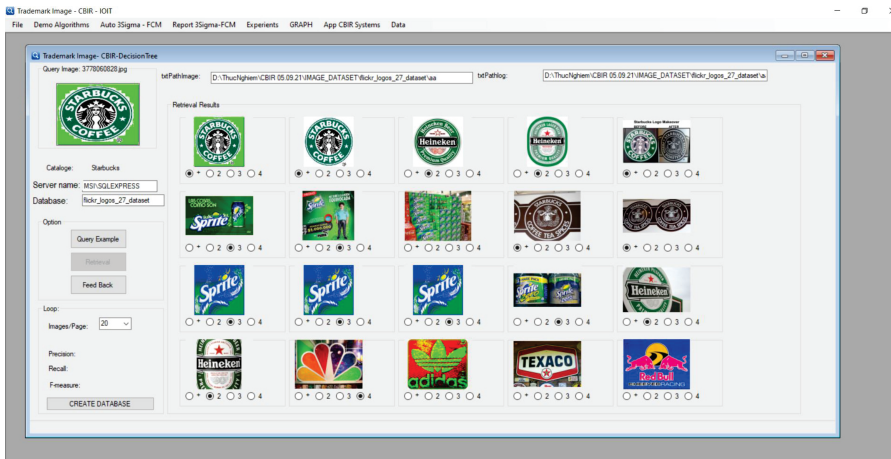
Trong lần lặp đầu tiên, không có thông tin phản hồi nào tồn tại, vì vậy bộ tra cứu thực hiện tra cứu lấy kết quả trả về là K lần cận gần nhất. Người dùng sau đó đánh dấu các ảnh đã tra cứu là có liên quan hoặc không liên quan theo quan tâm. Phản hồi này được chuyển tiếp trở lại hệ thống và lần lặp thứ hai bắt đầu. Trong lần lặp thứ hai, thuật toán được miêu tả với K ảnh có nhãn tương ứng với K mẫu huấn luyện như trong Hình 5, chúng tôi tạo ra một cây quyết định thông qua C4.5. [19].

Cây quyết định là một phương pháp để phân vùng đệ quy một không gian đặc trưng sao cho mỗi phân vùng được gắn nhãn bởi một giá trị lớp duy nhất. Thuật toán tiếp tục thực hiện cắt giảm cho đến khi tất cả các mẫu trong một phân vùng thuộc cùng một lớp; phân vùng sau đó được gắn nhãn với giá trị lớp. Thuật toán sử dụng thông tin phản hồi và phân lớp sử dụng cây quyết định được trình bày trong Thuật toán 2 được trình bày trong mục tiếp theo.

Cụ thể, cây được sử dụng để xác định mỗi vectơ đặc trưng ảnh tới một nút lá có liên quan đến lớp hoặc không



Hình 4. Kết quả trong lần lặp đầu tiên



Hình 5. Lựa chọn gắn lớp liên quan và không liên quan

liên quan. Khi tất cả các mẫu trong cơ sở dữ liệu đã lọc qua cây quyết định, tất cả các mẫu được lọc thành một lá có lớp "có liên quan" được tập hợp thành một danh sách. Từ danh sách này, các mẫu gần nhất với truy vấn được lấy ra bằng cách thực hiện một K không trọng số láng giềng gần nhất trong danh sách.

Trong lần lặp tiếp theo, hoạt động của người tra cứu giống với hoạt động ở lần lặp thứ hai, ngoại trừ việc bây giờ có các ảnh kết quả là phản hồi của người dùng mà từ đó hệ thống sẽ đưa ra cây quyết định (Đánh dấu mức độ liên quan của phản hồi được giữ lại từ lần lặp lại tiếp theo. Việc tăng cường tập huấn luyện dừng lại nếu tập ảnh kết quả phù hợp với yêu cầu người dùng). Thông tin phản hồi được sử dụng để hiệu chỉnh trọng số độ tương tự và truy vấn được trình bày trong Thuật toán 1.

Tương tự, mỗi lần lặp lại cho phép tra cứu học từ ảnh ở với lần lặp trước. Quá trình này tiếp tục cho đến khi người dùng hài lòng với kết quả hoặc cho đến khi người dùng kết

thức tra cứu. Hình 6 là kết quả tra cứu sau khi sử dụng bộ phân lớp cây quyết định và hiệu chỉnh trọng số.

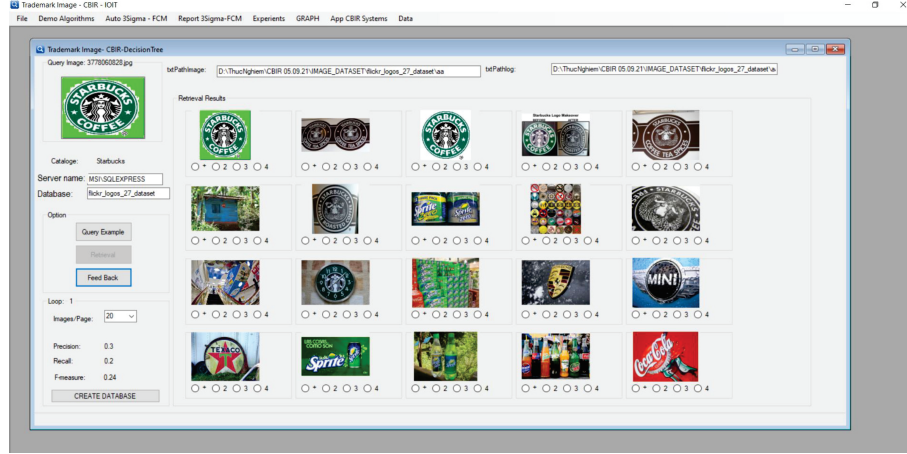
3. Hiệu chỉnh trọng số tính độ tương tự và hiệu chỉnh truy vấn

Công thức tính trọng số được điều chỉnh cho từng đặc trưng theo Công thức (5) và (6), truy vấn được hiệu chỉnh sau lần lặp đầu tiên theo Công thức (7) được xác định như sau:

- Tính giá trị trọng số

$$w_t^{(l+1)} = \max(w_t^{(l)} + \Delta w_t^{(l)}, 0) \quad (5)$$

trong đó l là ký hiệu lần lặp, $\Delta w_t^{(l)} = f\left(\text{score}(I_t^l), \sigma_{t, D_Q^{(l)}}^{(l), NB^+}, \sigma_{t, \|I_t^l\|}^{(l), NB^+}\right) \in (-\infty, +\infty)$,



Hình 6. Kết quả phân lớp và hiệu chỉnh ở lần lặp thứ hai.

hàm f có thể chọn chẳng hạn:

$$f(score(I_i^t), \sigma_{t, D_Q^t(I)}, \sigma_{t, ||I_i^t||}) = \frac{score(I_i^t)}{(\sigma_{t, D_Q^t(I)} \times \sigma_{t, ||I_i^t||})} \quad (6)$$

Truy vấn mới ứng với bộ đặc trưng t được xác định lại như sau:

$$Q_t' \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\#listNB_t^*} \sum_{I_i^t \in listNB_t^*} I_i^t \quad (7)$$

trong đó, $listNB_t^{* \text{def}} I_i^t \in listNB_t / |I_i^t - \bar{Q}_t| \leq 3\bar{\sigma}_t$ có sự đồng nhất cao về đặc trưng, khi $\#listNB_t \geq 2$ và $\#listNB_t^* \geq 1$ (đảm bảo có sự thay đổi).

Thuật toán 1 thực hiện hiệu chỉnh trọng số tính độ tương tự.

Bộ truy xuất cây (RFTree) hoạt động như sau.

IV. THỰC NGHIỆM

1. Cơ sở dữ liệu

Tập dữ liệu FlickrLogos-27 [1] là một tập dữ liệu logo có chú thích tương ứng với 27 lớp logo/nhãn hiệu (30 hình ảnh cho mỗi lớp), gồm 4207 ảnh. Chúng tôi chọn ngẫu nhiên, bộ truy vấn bao gồm 270 ảnh. Có năm ảnh cho mỗi lớp trong số 27 lớp được chú thích, gồm 135 ảnh có chứa biểu tượng. Ngoài ra, bộ truy vấn bổ sung 135 ảnh Flickr không được mô tả bất kỳ lớp nào, cho tổng cộng 270 hình ảnh thử nghiệm.

Hình 7 cho thấy các hình ảnh mẫu về nhãn hiệu được sử dụng trong quá trình thực nghiệm. Các đặc trưng mức thấp của ảnh như hình dạng, màu sắc và kết cấu thể hiện nội dung trực quan của ảnh. Việc trích rút đặc trưng hình

Thuật toán 1: Hiệu chỉnh trọng số độ đo khoảng cách.

```

1 Dữ liệu vào:
2  $\{\tilde{E}_i^t\}_{1 \leq i \leq N}$ ; // CSDL đã chuẩn hoá
3 Vector đặc trưng mức thấp  $Q$  của ảnh truy vấn.  $Lmax$  số
   lần lặp phản hồi,  $K$ : số ảnh thỏa mãn trả về.
4 Dữ liệu ra: Tập trọng số  $\{w_t\}_{1 \leq t \leq T}$ 
5 begin
6   (1) Khởi tạo  $\forall t = \overline{1, T}$ ,  $w_t = \frac{1}{T}$ ;
7   (2) Chuẩn đặc trưng ảnh truy vấn  $Q$  theo chuẩn hóa
    $3\sigma$ ;
8   for  $l = 1$  to  $Lmax$  do
9     for Each  $I_i \in \{I_i\}_{1 \leq i \leq N}$ ,  $\forall t = \overline{1, T}$  do
10      (i) Chuẩn hoá độ đo khoảng cách cho bộ đặc
        trưng  $t$  theo Công thức (2);
11      (ii) Hiệu chỉnh trọng số dựa trên tập ảnh
        phản hồi liên quan  $listNB_t^+$ ;
12      for each  $I \in NB^{(l)}$ ,  $\forall t = \overline{1, T}$  do
13        if  $I \in listNB_t^+$  then
14          Hiệu chỉnh  $w_t$  theo Công thức (5)
        và (6);
15        end
16      end
17      (iii) Chuẩn hóa lại trọng số  $w_t$ ,  $\forall t = \overline{1, T}$ ,
         $w_t = w_t / \sum_{t=1}^T w_t$ ;
18    end
19  end
20 end
21 Return: Kết thúc thu được  $\{w_t\}_{1 \leq t \leq T}$ 

```

dạng, màu sắc và kết cấu được thực hiện với kết quả là vectơ đặc trưng ảnh nhãn hiệu.

2. Các miêu tả ảnh

Trong thực nghiệm chúng tôi biểu diễn ảnh với ba miêu tả đặc trưng màu sắc, kết cấu và hình dạng với tám bộ đặc trưng mức thấp (xem Bảng I). Những đặc trưng này

Thuật toán 2: Thuật toán phản hồi liên quan sử dụng cây quyết định (RFTrademarkTree)

```

1 Dữ liệu vào:  $\{E_i^t\}_{1 \leq i \leq N}$ ; // CSDL đã chuẩn hoá
2  $\{\sigma_{i,c}^{(D)}\}_{1 \leq c \leq C_i^{(D)}}$ ; // Độ lệch chuẩn theo đặc
   trung và khoảng cách
3 Dữ liệu ra: Ảnh hoặc tập ảnh thoả mãn người dùng
4 begin
5   Khởi tạo:
6   (i)  $NB^+ = listNB^+ = \{Q\}$  gán nhãn 0;
7   (ii)  $NB^- = listNB^- = \{I_j\}$  gán nhãn 1; // ( $I_j$ 
   là ảnh người dùng lựa chọn không
   cùng khái niệm với ảnh truy vấn)
8 ; while người dùng chưa thoả mãn do
9   (1) Xây dựng cây quyết định
    $DTRF(Train_{(E,Q)})$ ; //  $E, Q$  Tính độ
   tương tự của đặc trưng truy vấn
   với mỗi đặc trưng trong CSDL đặc
   trưng ảnh huấn luyện
10  (2) Xây dựng tập dữ liệu kiểm tra  $Test_{(E,Q)}$ ;
11  (3) Dự báo phân lớp cho mỗi ảnh thuộc tập
    $Test$ ;
12  (4) Sắp xếp các ảnh trong tập kiểm tra theo phân
   lớp;
13  (5) Lấy ra tập ảnh có độ tương tự nhất;
   begin
14    (i)  $NB \leftarrow$  Danh sách Top  $k$  ảnh trong tập
    $Test$ ;
15    (ii) Người dùng đánh giá các ảnh theo tiêu
   chí liên quan đưa vào tập  $NB^+$  và không
   liên quan đưa vào tập  $NB^-$ ;
16  end
17  (6) Cập nhật tập huấn luyện:
   begin
18    (i)  $listNB^+ = listNB^+ \cup NB^+$ ;
19    (ii)  $listNB^- = listNB^- \cup NB^-$ ;
20  end
21  (7) Hiệu chỉnh trọng số và truy vấn theo Thuật
   toán 1;
22  (8) Xác định lại tập  $Test$  theo hiệu chỉnh;
23 end
24 end
25 end

```

có kết quả rất tốt và sử dụng trong nhiều nghiên cứu liên quan. Các kỹ thuật biểu diễn đặc trưng này được miêu tả trong [20–26]. Sau khi trích rút đặc trưng, mỗi chiều của đặc trưng được chuẩn hoá vào phạm vi $[-1, 1]$ sử dụng phương pháp chuẩn trình bày trong Mục III.1.

3. Các phương pháp cơ sở

Để chứng tỏ kỹ thuật đề xuất hiệu quả, chúng tôi so sánh với bốn kỹ thuật được đề xuất trước đó gồm:

- Kỹ thuật đề xuất bởi Zhang và cộng sự [28], (gọi tắt là Zhang) sử dụng phương pháp học máy SVM, chúng tôi đã cài đặt lại kỹ thuật này và so sánh hiệu năng trên tập dữ liệu [1].
- Kỹ thuật đề xuất bởi Su và cộng sự [29], (gọi tắt là Su) sử dụng phản hồi về mức độ liên quan, dựa trên



Hình 7. Nhãn hiệu mẫu từ Cơ sở dữ liệu FlickrLogos-27

Bảng I
CÁC MIÊU TẢ ẢNH

Miêu tả	Loại	Số chiều	Hàm đo
Lược đồ HSV [20]	Màu	32	$L1$
Tự tương quan màu [21]	Màu	64	$L2$
Các mô men màu [22]	Màu	6	$L2$
Miêu tả đồng mức (GLCM)[27]	Kết cấu	4	$L2$
Các phép lọc Gabor [23]	Kết cấu	48	$L2$
Mô men Wavelet [24]	Kết cấu	40	$L2$
Mẫu nhị phân cục bộ (LBP) [25]	Hình dạng, kết cấu	255	$L2$
Đặc trưng HOG [26]	Hình dạng	3780	$L2$

việc khai thác các mẫu và hiệu chỉnh truy vấn, thực hiện trên tập dữ liệu trên tập dữ liệu [1].

- Kỹ thuật đề xuất bởi Zhao và cộng sự [30] (gọi tắt là Zhao). Nghiên cứu này có sử dụng phản hồi liên quan, phân lớp SVM sử dụng hàm nhân RBF $K(x_i, x_j) = \exp(-\lambda \|x_i - x_j\|^2)$ và được cài đặt lại sử dụng thư viện LibSVM¹, thực hiện trên tập dữ liệu trên tập dữ liệu [1].
- Kỹ thuật đề xuất bởi Tripathi và cộng sự [31] (gọi tắt là Tripathi). Kỹ thuật này sử dụng bước: Bước 1, kết quả tra cứu nhãn hiệu tương tự dựa vào đặc trưng bất biến Zernike. Bước 2, đo độ tương tự của truy vấn với tập kết quả ở Bước 1 sử dụng các đặc trưng SIFT và SURF. Kỹ thuật này cũng được cài đặt lại và sử dụng tập dữ liệu [1].

4. Đánh giá hiệu năng

Để thống nhất và công bằng trong đánh giá độ chính xác, chúng tôi sử dụng độ đo chính (*precision* (Pr)). Giả sử

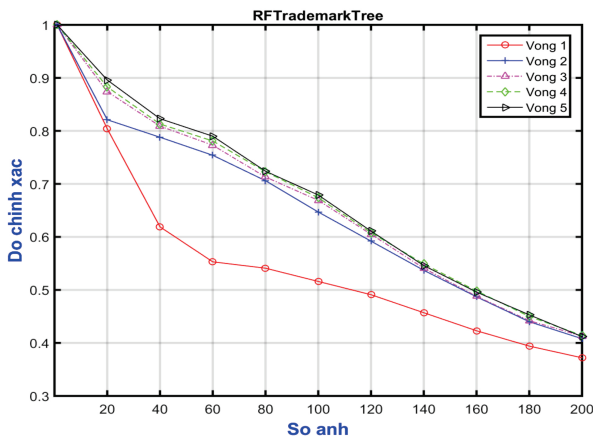
¹<https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>

số các ảnh liên quan với một truy vấn cụ thể là A , số các ảnh không liên quan cho một truy vấn cụ thể là B , tổng số các ảnh được tra cứu là D và số các ảnh liên quan được tra cứu là E . Độ chính xác là tỉ số giữa số các ảnh liên quan được tra cứu với tổng số các ảnh được tra cứu: $Pr = \frac{E}{D}$.

5. Các kết quả thực nghiệm và luận giải

Hệ thống tra cứu nhãn hiệu được chúng tôi xây dựng (gọi tắt là RFTrademarkTree) có giao diện như trong các Hình 4, Hình 5 và Hình 6. Đầu tiên, hệ thống thiết lập k ảnh có liên quan/tương tự được trả về dựa trên sự tương tự. Từ kết quả trả về, chúng tôi thu kiến thức phản hồi người dùng (phản hồi liên quan). Phản hồi của người dùng được thực hiện dựa trên nhận định thuộc cùng lớp với ảnh truy vấn (người dùng chọn +) hoặc khác lớp với nhau và khác ảnh truy vấn (chọn 2, 3 hoặc 4).

Các ảnh trong tập được phản hồi bởi người dùng sử dụng làm tập huấn luyện, các ảnh trong phần còn lại trong cơ sở dữ liệu được sử dụng làm tập kiểm tra. Quá trình được lặp đi lặp lại đến khi các hình ảnh đầu ra cuối thỏa mãn người dùng nhất. Hình 8 cho thấy hiệu quả của phản hồi liên quan và hiệu chỉnh trọng số sau mỗi lần lặp (từ vòng lặp thứ nhất đến vòng lặp thứ năm) trong 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 ảnh tương tự nhất được trả về trên màn hình kết quả.

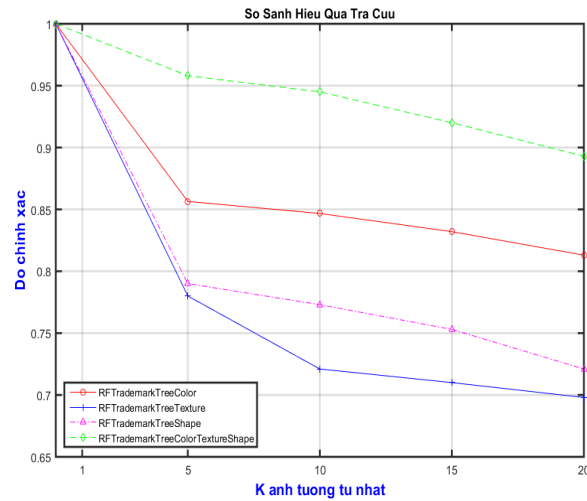


Hình 8. Biểu đồ độ chính xác từng vòng lặp trên số ảnh trả về

Để minh họa kết quả tra cứu nhãn hiệu, Bảng II minh họa kết quả tra cứu của nhãn hiệu tương ứng với các kết quả tìm được sau 5 vòng lặp phản hồi liên quan.

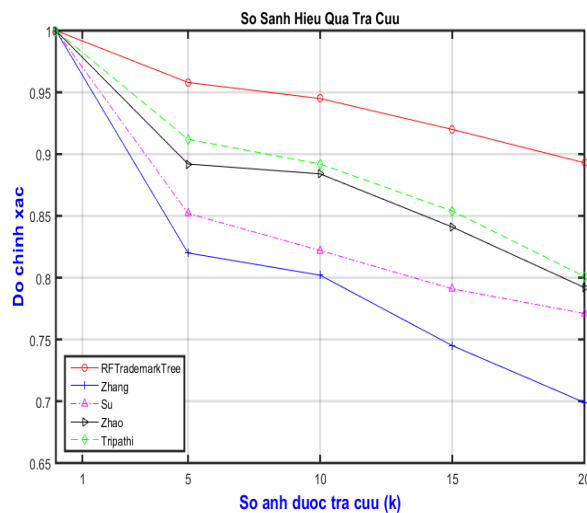
Hệ thống đề xuất sử dụng các đặc trưng miêu tả màu sắc ([21], [22],[20]), kết cấu ([24], [23], [27]) và hình dạng ([26], [25]) cho thấy hiệu quả của sự kết hợp này. Hình 9 so sánh độ chính xác hiệu quả khi kết hợp đặc trưng màu sắc, kết cấu và hình dạng (RFTrademarkTreeColorTextureShape) so các kết quả nếu chỉ sử dụng đơn lẻ đặc trưng

màu sắc (RFTrademarkTreeColor), kết cấu (RFTrademarkTreeTexture) hoặc hình dạng (RFTrademarkTreeShape)



Hình 9. Biểu đồ so sánh hiệu quả sử dụng đặc trưng

Kỹ thuật đề xuất được so sánh độ chính xác tương ứng trên 5, 10, 15 và 20 ảnh tương tự nhất sử dụng cùng một truy vấn được trả về trên giao diện tra cứu cho cả bốn thuật đề xuất bởi Zhang, Su, Zhao và Tripathi. So sánh hiệu quả của kỹ thuật đề xuất được biểu diễn bởi Hình 10.



Hình 10. Biểu đồ so sánh độ chính xác kỹ thuật đề xuất với bốn kỹ thuật

V. KẾT LUẬN VÀ NGHIÊN CỨU TƯƠNG LAI

Trong hệ thống tra cứu nhãn hiệu được đề xuất, mô hình RFTrademarkTree được kết hợp với việc hiệu chỉnh truy vấn. Trong lần lặp lại đầu tiên của phản hồi liên quan,

Bảng II
KẾT QUẢ TRA CỨU ẢNH NHÃN HIỆU ‘3193687005.JPG’

Ảnh truy vấn	Hình ảnh đầu ra có liên quan					
						
						

thông tin phản hồi từ người dùng được cung cấp làm đầu vào cho cây quyết định và được huấn luyện dựa trên các đặc trưng có liên quan và không liên quan. Trong các lần lặp lại phản hồi liên quan tiếp, các biểu diễn đặc trưng này được hiệu chỉnh trong mô hình cây quyết định. Điều này đã cải thiện hiệu suất tra cứu do hiểu biết thông tin về nhu cầu của người dùng nên mang lại ảnh gần với truy vấn và di chuyển ra xa các ảnh không liên quan. Để giảm không gian tìm kiếm, do đó, thời gian cần thiết để thực thi nên cần các kỹ thuật tối ưu. Công việc nghiên cứu trong tương lai hướng đến việc bổ sung thuật toán tối ưu để giảm không gian tìm kiếm để tăng kết quả liên quan.

Kỹ thuật đề xuất bởi Zhang [28] (2001) và Zhao [30] (2012) chưa đạt hiệu quả cao do mỗi chỉ sử dụng SVM để phân lớp, trong khi tập huấn luyện trong bài toán tra cứu ảnh là rất nhỏ và phụ thuộc vào lựa chọn của người dùng trong kết quả trả về. Kỹ thuật đề xuất bởi Su [29] (2010) đã sử dụng hiệu chỉnh trọng số để phù hợp với nhu cầu người dùng, tuy nhiên nghiên cứu này chưa có kết quả tốt do chưa giảm tập kết quả để hiển danh sách ảnh tương tự nhất so với các phương pháp có sử dụng bộ phân lớp. Kỹ thuật đề xuất bởi Tripathi và cộng sự [31] (2021) không chú trọng vào việc tìm kiếm nhãn hiệu tương tự trong màu sắc, chú trọng cao vào tìm kiếm sự tương tự về hình dạng nhãn hiệu nên chưa đạt được kết quả tốt.

Kỹ thuật đề xuất bởi chúng tôi đã có kết quả tốt hơn do kết hợp đặc trưng màu sắc kết cấu, hình dạng. Ngoài ra, kỹ thuật đề xuất sử dụng hiệu chỉnh trọng số để phù hợp với yêu cầu người dùng và sử dụng cây quyết định trong phân loại nhãn hiệu. Trong nghiên cứu tương lai, chúng tôi sẽ thử nghiệm tra cứu nhãn hiệu có sử dụng đặc trưng được trích rút trong học sâu để cải thiện tốt hơn kết quả tra cứu.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin cảm ơn đề tài mã số CS21.13 của Viện CNTT, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã hỗ trợ nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. Kalantidis, L. G. Pueyo, M. Trevisiol, R. van Zwol, and Y. Avrithis, “Scalable triangulation-based logo recognition,” in *Proceedings of the 1st ACM International Conference on Multimedia Retrieval*, 2011, pp. 1–7.
- [2] W. I. P. Organization, *WIPO Patent Report-Statistics on Worldwide Patent Activities (2007)*. WIPO, 2007, vol. 931.
- [3] T. Kato, “Database architecture for content-based image retrieval,” in *image storage and retrieval systems*, vol. 1662. International Society for Optics and Photonics, 1992, pp. 112–123.
- [4] J. P. Eakins, J. D. Edwards, K. J. Riley, and P. L. Rosin, “Comparison of the effectiveness of alternative feature sets in shape retrieval of multicomponent images,” in *Storage and Retrieval for Media Databases 2001*, vol. 4315. International Society for Optics and Photonics, 2001, pp. 196–207.
- [5] A. K. Jain and A. Vailaya, “Shape-based retrieval: A case study with trademark image databases,” *Pattern recognition*, vol. 31, no. 9, pp. 1369–1390, 1998.
- [6] J.-K. Wu, C.-P. Lam, B. M. Mehtre, Y. J. Gao, and A. D. Narasimhalu, “Content-based retrieval for trademark registration,” in *Representation and Retrieval of Visual Media in Multimedia Systems*. Springer, 1996, pp. 69–91.
- [7] G. Ciocca and R. Schettini, “Content-based similarity retrieval of trademarks using relevance feedback,” *Pattern Recognition*, vol. 34, no. 8, pp. 1639–1655, 2001.
- [8] M. Rusinol, D. Aldavert, D. Karatzas, R. Toledo, and J. Lladós, “Interactive trademark image retrieval by fusing semantic and visual content,” in *European Conference on Information Retrieval*. Springer, 2011, pp. 314–325.
- [9] A. Zeggari, F. Hachouf, and S. Foufou, “Trademarks recognition based on local regions similarities,” in *10th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA 2010)*. IEEE, 2010, pp. 37–40.
- [10] H. Jiang, C.-W. Ngo, and H.-K. Tan, “Gestalt-based feature similarity measure in trademark database,” *Pattern recognition*, vol. 39, no. 5, pp. 988–1001, 2006.
- [11] J. P. Eakins, K. J. Riley, and J. D. Edwards, “Shape feature matching for trademark image retrieval,” in *International conference on Image and video retrieval*. Springer, 2003, pp. 28–38.
- [12] S. Alwis and J. Austin, “Trademark image retrieval using multiple features,” in *Challenge of Image Retrieval*, 1999, pp. 1–11.
- [13] W. H. Leung and T. Chen, “Trademark retrieval using contour-skeleton stroke classification,” in *Proceedings. IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, vol. 2.

- IEEE, 2002, pp. 517–520.
- [14] P. Kochakornjarupong, “Trademark image retrieval by local features,” Ph.D. dissertation, University of Glasgow, 2011.
- [15] C.-H. Wei, Y. Li, W.-Y. Chau, and C.-T. Li, “Trademark image retrieval using synthetic features for describing global shape and interior structure,” *Pattern Recognition*, vol. 42, no. 3, pp. 386–394, 2009.
- [16] A. Kesidis and D. Karatzas, “Logo and trademark recognition,” in *Handbook of Document Image Processing and Recognition*, 2014, pp. 591–646.
- [17] Y. Rui, T. S. Huang, and S. Mehrotra, “Content-based image retrieval with relevance feedback in mars,” in *Image Processing, 1997. Proceedings., International Conference on*, vol. 2. IEEE, 1997, pp. 815–818.
- [18] Y. Rui, T. S. Huang, M. Ortega, and S. Mehrotra, “Relevance feedback: a power tool for interactive content-based image retrieval,” *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, vol. 8, no. 5, pp. 644–655, 1998.
- [19] S. L. Salzberg, “C4. 5: Programs for machine learning by j. ross quinlan. morgan kaufmann publishers, inc., 1993,” 1994.
- [20] M. J. Swain and D. H. Ballard, “Color indexing,” *International journal of computer vision*, vol. 7, no. 1, pp. 11–32, 1991.
- [21] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W.-J. Zhu, and R. Zabih, “Image indexing using color correlograms,” in *Computer Vision and Pattern Recognition, 1997. Proceedings., 1997 IEEE Computer Society Conference on*. IEEE, 1997, pp. 762–768.
- [22] M. A. Stricker and M. Orengo, “Similarity of color images,” in *IS&T/SPIE’s Symposium on Electronic Imaging: Science & Technology*. International Society for Optics and Photonics, 1995, pp. 381–392.
- [23] T. S. Lee, “Image representation using 2d gabor wavelets,” *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 18, no. 10, pp. 959–971, 1996.
- [24] P. Hiremath, S. Shivashankar, and J. Pujari, “Wavelet based features for color texture classification with application to cbir,” *International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 6, no. 9A, pp. 124–133, 2006.
- [25] T. Ojala, M. Pietikäinen, and D. Harwood, “A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions,” *Pattern recognition*, vol. 29, no. 1, pp. 51–59, 1996.
- [26] N. Dalal and B. Triggs, “Histograms of oriented gradients for human detection,” in *2005 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition (CVPR’05)*, vol. 1. Ieee, 2005, pp. 886–893.
- [27] B. Pathak and D. Barooah, “Texture analysis based on the gray-level co-occurrence matrix considering possible orientations,” *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 2, no. 9, pp. 4206–4212, 2013.
- [28] L. Zhang, F. Lin, and B. Zhang, “Support vector machine learning for image retrieval,” in *Image Processing, 2001. Proceedings. 2001 International Conference on*, vol. 2. IEEE, 2001, pp. 721–724.
- [29] J.-H. Su, W.-J. Huang, S. Y. Philip, and V. S. Tseng, “Efficient relevance feedback for content-based image retrieval by mining user navigation patterns,” *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, vol. 23, no. 3, pp. 360–372, 2010.
- [30] L. Zhao, J. Tang, X. Yu, Y. Li, S. Mi, and C. Zhang, “Content-based remote sensing image retrieval using image multi-feature combination and svm-based relevance feedback,” in *Recent Advances in Computer Science and Information Engineering*. Springer, 2012, pp. 761–767.

- [31] R. Tripathi and S. Agrawal, “A shape and texture features fusion to retrieve similar trademark image material,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1116, no. 1. IOP Publishing, 2021, p. 012026.

SƠ LƯỢC VỀ TÁC GIẢ

Nguyễn Việt Anh



Tốt nghiệp Đại học Kyoto, nhận bằng tiến sĩ năm 2012.

Hiện là Nghiên cứu viên chính của Viện Công nghệ Thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Lĩnh vực nghiên cứu: Học máy, khai phá dữ liệu và phân tích mạng xã hội.

Email: anhnv@ioit.ac.vn

Vũ Văn Hiệu



Nhận bằng tiến sĩ Cơ sở toán học cho tin học tại Học Viện Khoa học Công nghệ, Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam năm 2017.

Hiện là nghiên cứu viên tại Viện Công nghệ thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý ảnh và nhận dạng, ứng dụng trí tuệ nhân tạo, học máy.

Email: vvhiu@ioit.ac.vn

Nguyễn Thị Trang



Tốt nghiệp trường Đại học Khoa học- Đại học Thái Nguyên năm 2019, đang làm Nghiên cứu sinh tại Học viện Khoa học Công nghệ - Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Hiện là Phó Giám đốc trung tâm ngoại ngữ - tin học, trường Đại học Hạ Long.

Lĩnh vực nghiên cứu: Trí tuệ nhân tạo, học sâu. Một số ứng dụng đã triển khai gần đây: Phần mềm quản lý trung tâm ngoại ngữ - tin học, phần mềm học trực tuyến.

Email: nguyenthitrang.daihochalong@gmail.com

Phạm Ngọc Minh



Nhận bằng tiến sĩ Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa tại Học Viện Khoa học Công nghệ, Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam năm 2021.

Hiện là nghiên cứu viên chính tại Phòng Điều khiển và Hệ thống nhúng, Viện Công nghệ thông tin.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hệ thống nhúng, điều khiển quá trình, mạng truyền thông công nghiệp, mạng không dây băng thông rộng, điều khiển robot, hình ảnh tiên tiến.

Email: pnminh@ioit.ac.vn