

Nghiên cứu tiếp cận học sâu ứng dụng trong quản lý lớp học hiệu quả ở Trường Đại học Đông Á

Nguyễn Trọng Tùng^{a*}, Ngô Thế Anh Tuấn^b

Tóm tắt:

Ứng dụng công nghệ trong việc quản lý lớp học đã được nhiều đơn vị giáo dục triển khai với nhiều cách thức và mức độ khác nhau. Ngày nay với sự phát triển của các thuật toán học sâu trong nhận diện vật thể, khuôn mặt đã thúc đẩy việc ứng dụng vào nhiều lĩnh vực như giám sát đường phố qua hệ thống camera, ứng dụng trong các nhà máy giám sát quy trình thực hiện, xe tự hành,... Ứng dụng mô hình học sâu trong quản lý, giám sát lớp học như tỷ lệ sinh viên đến lớp, mức độ sinh viên tập trung nghe giảng, hiểu bài thông qua kết quả học sâu và mô hình tính toán xác suất thống kê. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất giải pháp giám sát lớp học bằng cách sử dụng trí tuệ nhân tạo nhận diện khuôn mặt. Thực nghiệm trên bộ dữ liệu khuôn mặt tự thu thập và bảng theo dõi tại một trường đại học cho thấy sự kết hợp giữa mô hình và kỹ thuật đề xuất đã cho kết quả tích cực là tỷ lệ nhận diện đạt trên 95% ngay cả trong điều kiện thiếu sáng, nghiêng hoặc bị che khuất một phần.

Từ khóa: học sâu, nhận diện khuôn mặt, phát hiện đối tượng, thị giác máy tính, tự động nhận diện

^a Trường Đại học Đông Á; 33 Xô Viết Nghệ Tĩnh, phường Hòa Cường Nam, quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng. e-mail: tungqn@donga.edu.vn

^b Trường Đại học Đông Á; 33 Xô Viết Nghệ Tĩnh, phường Hòa Cường Nam, quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng. e-mail: tuannta@donga.edu.vn

* Tác giả chịu trách nhiệm chính.

Research on Applied Deep Learning Approaches in Managing Learners at Dong A University

Nguyen Trong Tung^{a*}, Ngo The Anh Tuan^b

Abstract:

Technology application in classroom management has been implemented by many Universities in different ways and levels. Today, the development of deep learning algorithms in object and face recognition has promoted applications in many fields such as street surveillance through Camera systems, and applications in process monitoring factories. implementation, self-driving cars, etc. Applying deep learning in classroom management and supervision such as the rate of students attending class, the level of student concentration in listening to lectures, and understanding lessons through deep learning results and computational model statistical probability math. In this article, we propose a classroom monitoring solution using artificial intelligence combined with student attendance using facial recognition. Experiments on self-collected facial data sets and tracking tables at an university show that the combination of the model and proposed techniques has given positive results with a recognition rate of over 95% even in low light, tilted or partially obscured conditions.

Key words: *deep learning, face recognition, object detection, computer vision, automatic recognition*

Received: 20.01.2024; Accepted: 15.3.2024; Published: 31.3.2024

DOI: 10.59907/daujs.3.1.2024.298

^a Dong A University; 33 Xo Viet Nghe Tinh Street, Hoa Cuong Nam Ward, Hai Chau District, Danang City, Vietnam. e-mail: tungqn@donga.edu.vn

^b Dong A University; 33 Xo Viet Nghe Tinh Street, Hoa Cuong Nam Ward, Hai Chau District, Danang City, Vietnam. e-mail: tuannta@donga.edu.vn

* Corresponding Author.

Đặt vấn đề

Hiện nay, công nghệ sinh trắc học đang được phát triển mạnh mẽ và ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Đặc điểm sinh học là đặc trưng của mỗi người, do vậy công nghệ sinh trắc học được coi là công nghệ xác thực hiệu quả và đáng tin cậy nhất. Công nghệ nhận diện khuôn mặt được xem là công nghệ đo sinh trắc học của con người tự nhiên nhất, dễ triển khai và áp dụng trong nhiều lĩnh vực như an ninh, bảo mật, quân sự, y tế, ngân hàng, giáo dục, du lịch,...

Trước đây khi máy tính chưa được ứng dụng rộng rãi, các công việc quản lý được thực hiện thủ công bằng sổ sách dẫn đến việc lưu giữ rất cồng kềnh, gây tốn nhiều thời gian, công sức và thiếu độ chính xác. Do đó, công việc quản lý sử dụng phương pháp thủ công sẽ không đáp ứng được nhiệm vụ và mục tiêu của hệ thống và nó cũng gây ảnh hưởng rất lớn tới năng suất, chất lượng và hiệu quả của công việc.

Để nhận biết một lớp học hiệu quả cần đánh giá dựa trên nhiều tham số, các tham số được kiểm đếm thống kê hầu như thủ công sẽ mất nhiều thời gian và công sức, ngoài ra độ chính xác và tính kịp thời chưa đảm bảo.

Để khắc phục một số nhược điểm trên đây, đồng thời nhờ vào sự phát triển nhanh chóng của khoa học - công nghệ, dần thay thế một số công việc mang tính lặp đi lặp lại và có thể định lượng được. Nhằm quản lý và nâng cao chất lượng giám sát hoạt động giảng dạy của giảng viên và học tập của sinh viên, nhiều trường đại học đã tiến hành trang bị camera giám sát trong các khuôn viên của trường đặc biệt là các phòng học, việc ứng dụng công nghệ vào việc kiểm tra, giám sát trở nên thuận lợi hơn.

Bảng 1. Thông số đánh giá lớp học hiệu quả

TT	Tiêu chí	Phương pháp hình thức đánh giá hiện nay	Phương pháp, hình thức đánh giá đề xuất
1	Thống kê tỷ lệ sinh viên đến lớp học	Điểm danh gọi tên từng sinh viên tại lớp, tích lên phần mềm hoặc bản điểm danh bằng giấy	Nhận diện khuôn mặt thông qua camera và hệ thống học trên dữ liệu (<i>khuôn mặt sinh viên đã đăng ký trước đó</i>)
2	Tỷ lệ sinh viên chuẩn bị tài liệu, dụng cụ học tập tại lớp	Giảng viên quan sát ghi nhận; dự giờ kiểm tra tại lớp	Hệ thống nhận diện bằng cách học dữ liệu cung cấp từ camera và đưa ra kết luận việc sinh viên mang đủ tài liệu, dụng cụ học tập
3	Tỷ lệ sinh viên tập trung nghe giảng, ghi chép đầy đủ tại lớp học	Giảng viên quan sát ghi nhận; dự giờ kiểm tra tại lớp	Hệ thống nhận diện hành vi tập trung nghe giảng, ghi chép bằng cách học dữ liệu cung cấp từ camera và đưa ra kết luận

TT	Tiêu chí	Phương pháp hình thức đánh giá hiện nay	Phương pháp, hình thức đánh giá đề xuất
4	Tỷ lệ trao đổi, thảo luận, phát biểu bài	Dự giờ tại lớp, ghi nhận mức độ sinh viên phát biểu, thảo luận	Hệ thống ghi nhận hành vi của sinh viên, giảng viên; nhận diện hoạt động trao đổi, thảo luận, phát biểu bài thông qua dữ liệu được học với cơ sở dữ liệu được xây dựng
5	Đánh giá mức độ sinh viên hiểu bài	Dự giờ tại lớp; khảo sát ý kiến sinh viên về mức độ hiểu bài. Tỷ lệ sinh viên làm bài tập đạt	Hệ thống nhận diện kết hợp hành vi, khuôn mặt, đôi mắt thông qua camera và đưa ra kết luận: sự tức giận (anger), ghê tởm (disgust), nỗi sợ (fear), vui mừng (happy), trung tính (neutral), sự sầu não (sadness); sự ngạc nhiên (surprise)

Trong khuôn khổ bài báo, chúng tôi đề xuất giải pháp quản lý lớp học thông minh; tiết kiệm được nhân lực và thời gian cho việc quản trị các phòng thực hành với số lượng lớn tại trường đại học; thống kê tỷ lệ sinh viên có mặt tại lớp học bằng việc sử dụng trí tuệ nhân tạo nhận diện khuôn mặt; và kết hợp với dữ liệu lớp học, phòng học, lịch học từ phần mềm đào tạo. Qua đó kiểm soát được thông tin sinh viên và thời gian ra vào lớp.

Nội dung nghiên cứu

Liên hệ nghiên cứu

Wenyi Zhao, Arvindh Krishnaswamy và các cộng sự (1998) với đề xuất (Discriminant Analysis of Principal Component for Face Recognition) sử dụng phương pháp PCA kết hợp LDA: các bước lần lượt là chuyển đổi các ảnh chứa khuôn mặt từ không gian ảnh thô sang không gian các không gian khuôn mặt dùng PCA (Zhao et al., 1998). Sau đó sử dụng phương pháp LDA để tạo bộ phân loại tuyến tính có khả năng phân lớp các khuôn mặt. Nhóm tác giả (Nguyen Trong et al., 2023; Cuong et al., 2023), đã nghiên cứu các kỹ thuật cung cấp tài nguyên dựa trên trí tuệ nhân tạo, cũng đã liệt kê các phương pháp, đối sánh giữa các thuật toán. Guodong Guo, Stan Z.Li, Kap Luk Chan (2001) dùng phương pháp SVM để nhận dạng khuôn mặt. Sử dụng chiến lược kết hợp nhiều bộ phân loại nhị phân để xây dựng bộ phân loại SVM đa lớp (Guo et al., 2000).

Tác giả J. Wu và cộng sự đã so sánh các thuật toán cải tiến PCA-SIFT, GSIFT, CSIFT, SURF và ASIFT. Kết quả thực nghiệm cho thấy mỗi loại đều có ưu điểm riêng. SIFT và CSIFT thực hiện thay đổi quy mô và vòng quay tốt nhất. CSIFT cải thiện SIFT trong điều kiện thay đổi độ mờ và thay đổi liên kết, nhưng không thay đổi độ sáng. GSIFT hoạt động

tốt nhất trong điều kiện thay đổi độ mờ và thay đổi độ sáng. ASIFT hoạt động tốt nhất trong điều kiện thay đổi liên kết. PCA-SIFT luôn đứng thứ hai trong các tình huống khác nhau. SURF hoạt động kém nhất trong các tình huống khác nhau, nhưng chạy nhanh nhất (Wu et al., 2013); Trong Cuong et al. (2023) nhóm tác giả đề xuất so khớp các đặc trưng SIFT trong khi nghiên cứu nhận diện chuyển động của đối tượng. Liu Z cùng cộng sự đã kết hợp giải thuật Bayer và mạng Fuzzy trong nhận dạng đưa ra kết quả khả quan trong việc nhận dạng các ảnh không bị giới hạn (Z. Liu et al., 2020).

Nhóm tác giả Cuong et al. (2019) đã đề xuất giải pháp cập nhật cân bằng khi cung cấp tài nguyên máy chủ ảo, di trì tính nhất quán dữ liệu, đảm bảo chi phí và độ trễ. Trong khi đó, nhóm tác giả Suganthi et al. (2022) đề xuất mô hình Deep learning để phát hiện và nhận diện khuôn mặt giả dạng. Đặc biệt, Ghofrani A và cộng sự đã phát triển thuật toán nhận diện khuôn mặt, nhận dạng cảm xúc. Trong giai đoạn 1, phát hiện chính xác các ranh giới của khuôn mặt, với tỷ lệ lẻ dư tối thiểu. Giai đoạn 2, tận dụng kiến trúc ShuffleNet V2 có thể cân bằng giữa độ chính xác và tốc độ chạy mô hình, dựa trên điều kiện của người dùng. Kết quả thử nghiệm cho thấy rõ ràng rằng mô hình đề xuất vượt trội hơn so với bộ dữ liệu FER 2013 tiên tiến nhất do Kaggle cung cấp (Ghofrani et al., 2019).

Trong khi đó Li và cộng sự đã đưa ra mô hình nhận diện cảm xúc khuôn mặt ResNet-50 dựa trên mạng học sâu, kết quả cho độ chính xác tốt (Li et al., 2021). Trong nghiên cứu, nhóm tác giả Tan et al. (2010) và cộng sự đề xuất nhận dạng khuôn mặt người bằng tia hồng ngoại, đưa ra sơ đồ bộ lọc cửa sổ theo kiểu sao - SIFT (SWF-SIFT) để cải thiện hiệu suất nhận dạng khuôn mặt người bằng tia hồng ngoại bằng cách lọc ra các kết quả trùng khớp không chính xác.

So sánh hiệu suất giữa thuật toán SIFT và SWF - SIFT cho thấy những ưu điểm của thuật toán SWF - SIFT thông qua các bài kiểm tra sử dụng cơ sở dữ liệu khuôn mặt người hồng ngoại điển hình. Tác giả J. Yang et al đã phát triển phương pháp DIC không phụ thuộc vào đường dẫn được hỗ trợ bởi SIFT và tăng tốc nó bằng cách giới thiệu tính toán song song trên đơn vị xử lý đồ họa (GPU) hoặc CPU đa lõi (Yang et al., 2020). Nhóm tác giả T. Connie, M. Al-Shabi, W. P. Cheah, and M. Goh đã mô tả một cách tiếp cận mới đối với nhiệm vụ nhận dạng nét mặt (Connie et al., 2017). Phương pháp được đề xuất được thúc đẩy bởi sự thành công của mạng nơron (CNN) trong vấn đề nhận dạng khuôn mặt. Kết quả chứng minh sự vượt trội của CNN với SIFT dày đặc so với CNN thông thường và CNN với SIFT; Trong khi đó G. Zhang và cộng sự trong (Zhang et al., 2017) đã đề xuất một cách tiếp cận mới để sử dụng bằng chứng CNN để cải thiện độ chính xác đối sánh SIFT, đóng một vai trò quan trọng trong việc cải thiện hiệu suất truy xuất đối tượng.

Để làm suy yếu sự giao thoa của nhiễu, tác giả trích xuất các biểu diễn CNN nhỏ gọn từ một số vùng đối tượng chung. Sau đó, một phương pháp thích ứng với truy vấn được đề xuất để chọn bằng chứng CNN thích hợp để xác minh từng cặp SIFT được so khớp trước. Hai chức năng xác minh đối sánh trực quan khác nhau được giới thiệu và đánh giá; Trong

ngghiên cứu, nhóm tác giả Sima et al. (2013) đã tối ưu hóa SIFT để đối sánh hình ảnh bước sóng nhìn thấy và hồng ngoại sóng ngắn. Để việc tối ưu hóa các tham số SIFT để phù hợp với các bộ hình ảnh đa bước sóng được ghi lại; Tác giả Y. Zhu và cộng sự lại đề xuất một thuật toán đăng ký hình ảnh có tên là BP-SIFT, trong đó xây dựng kết hợp điểm chính của các bộ mô tả SIFT như một bài toán tối ưu hóa toàn cục và cung cấp một giải pháp tối ưu bằng cách sử dụng truyền niềm tin (BP). Kết quả thử nghiệm cho thấy sự cải thiện đáng kể so với đối sánh dựa trên SIFT thông thường với độ phức tạp tính toán hợp lý; Mặc dù bộ mô tả SIFT đã được chứng minh là hoạt động tốt hơn các bộ mô tả cục bộ hiện có khác, nhưng nó không có đủ tính phân biệt và mạnh mẽ trong đối sánh hình ảnh, đặc biệt là trong trường hợp biến đổi affine và gương, trong đó nhiều điểm không khớp có thể xảy ra (Zhu et al., 2013). Nên trong nghiên cứu, nhóm tác giả Liao et al. (2013) đã trình bày một cải tiến đối với bộ mô tả SIFT để đối sánh và truy xuất hình ảnh. Khung của bộ mô tả được đề xuất bao gồm các bước sau: chuẩn hóa vùng lân cận hình elip, chuyển đổi sang không gian tỷ lệ affine.

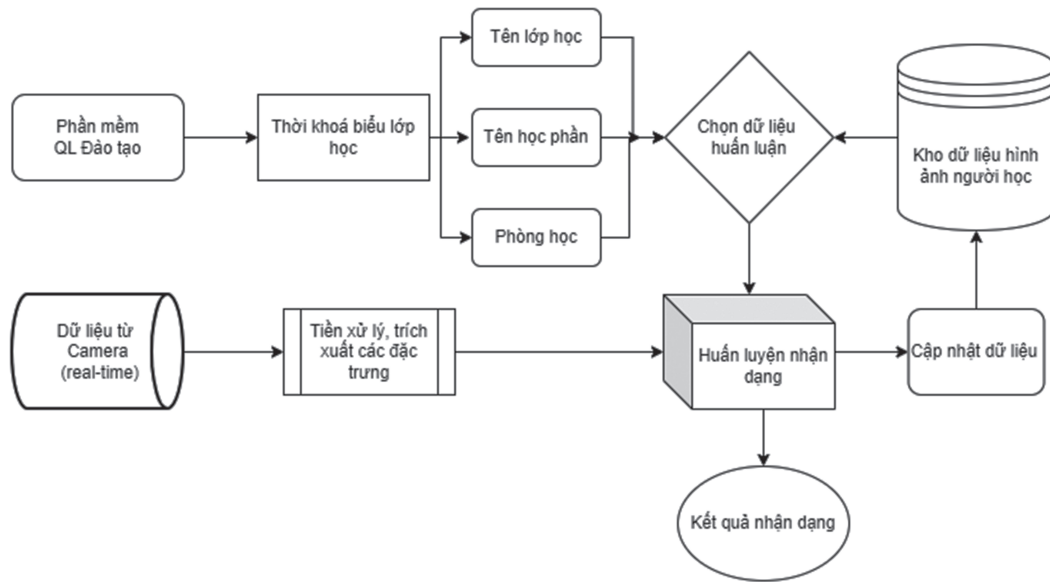
Việc đánh giá so sánh các bộ mô tả khác nhau được thực hiện cho thấy rằng phương pháp hiện tại cung cấp kết quả tốt hơn các phương pháp hiện có. Trong khi đó, E. Rublee và cộng sự lại đề xuất một bộ mô tả nhị phân rất nhanh dựa trên BRIEF, được gọi là ORB, có khả năng quay bất biến và có khả năng chống nhiễu. ORB nhanh hơn hai bậc độ lớn so với SIFT, hiệu quả được thử nghiệm trên một số ứng dụng trong thế giới thực, bao gồm phát hiện đối tượng và theo dõi bản vá trên điện thoại thông minh (Rublee et al., 2011); độ nhiễu cao và biến dạng cục bộ của hình ảnh đa phương thức làm giảm độ chính xác của đối sánh hình ảnh biến đổi tính năng bất biến tỷ lệ (SIFT).

Để giải quyết vấn đề này, nhóm tác giả H. Liu et al. (2019) trong nghiên cứu đề xuất một phương pháp mới dựa trên khung SIFT, kết hợp chiến lược tối ưu hóa nhất quán pha và hướng gradient của phân tích thành phần chính (PCA) với tám hướng giảm vĩ độ.

Hệ thống kiểm soát nhận diện khuôn mặt người thực hiện rút trích tự động khuôn mặt người trong ảnh thu được từ camera (webcam) và xác định danh tính của đối tượng trong hệ thống dựa vào nội dung của ảnh khuôn mặt rút trích được. Hệ thống điểm danh thực hiện nhận dạng khuôn mặt người qua 2 bước chính: định vị khuôn mặt trong ảnh thu được từ camera và định danh đối tượng từ ảnh khuôn mặt.

Đề xuất nghiên cứu

Xuất phát từ những vấn đề thực tiễn việc kiểm soát người học có mặt tại các lớp học bằng phương pháp thủ công mất nhiều thời gian của GV, cán bộ quản lý, độ chính xác không cao, công việc lặp đi lặp lại ở các cơ sở giáo dục. Chúng tôi đã nghiên cứu và đề xuất ứng dụng triển khai trí tuệ nhân tạo (AI) vào trong quản lý và giám sát các lớp học. Hệ thống quản trị sẽ tích hợp công nghệ nhận diện khuôn mặt một cách tự động, lưu trữ những thông tin tiện cho việc quản lý.



Hình 1. Hệ thống quản lý lớp học tự động

Tạo cơ sở dữ liệu huấn luyện của người học: Để quản lý người học, các cơ sở đào tạo sẽ tổ chức nhập học, lưu các thông tin người học vào hệ thống, trong quá trình nhập học, người học sẽ được chụp ảnh, gán tên, lớp và lưu vào cơ sở dữ liệu.

Điểm danh bằng nhận diện khuôn mặt: Thu ảnh của các người học trong hệ thống từ camera (webcam) từ lớp học, định vị tự động khuôn mặt, kết hợp với dữ liệu lớp học, phòng học, thời gian, hệ thống sẽ thực hiện:

- Truy xuất dữ liệu từ cơ sở dữ liệu tương ứng (tên lớp), đưa dữ liệu đã trích xuất định vị khuôn mặt từ camera vào dữ liệu để huấn luyện và định danh người học.
- Kết quả hình ảnh huấn luyện sẽ được cập nhật vào cơ sở dữ liệu tương ứng (tên lớp).

Tiền xử lý của quá trình nhận diện khuôn mặt là một bước rất quan trọng. Thuật toán được cho là tối ưu nếu đáp ứng được các yêu cầu: độ chính xác cao, thời gian xử lý ngắn, xử lý được các tình huống xấu (bị che khuất, ánh sáng không đáp ứng đủ, nhiễu,...). Sử dụng thuật toán MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Neural Networks) gồm ba mạng: Convolution Neural Networks xếp chồng và đồng thời hoạt động khi tìm kiếm khuôn mặt. Ba mạng CNN được xếp chồng lần lượt là P-Net (Proposal Network), R-Net (Refine Network) và O-Net (Output Network). Với mỗi hình ảnh đầu vào sẽ tạo ra nhiều bản sao các hình ảnh đó với kích thước khác nhau (Pyramid Image).

Quá trình huấn luyện: Ảnh huấn luyện sẽ được lấy trực tiếp từ camera của hệ thống, sau khi ảnh đã được lấy xong sẽ được đưa qua thuật toán phát hiện và cắt ảnh MTCNN, kết quả của hình ảnh sẽ được đưa về kích thước chung là 160×160 , sau đó được qua tiếp một mô hình pre-trained FaceNet để trích xuất những đặc trưng của khuôn mặt, lúc này kích thước của khuôn mặt được biểu diễn thành euclidean một chiều và 128 embedding này sẽ

được đưa vào một mạng CNN để tiến hành phân loại, sau quá trình training thì chúng ta sẽ tạo ra được một mô hình mới, lưu mô hình đó lại và sử dụng.

Kết quả thu hoạch: Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng bộ huấn luyện bao gồm 2.000 hình ảnh của 20 hình ảnh với số lượng ảnh của mỗi sinh viên là 100 hình ảnh với các góc độ khác nhau của khuôn mặt. Hình ảnh được lưu tại các thư mục riêng cùng các thông tin của sinh viên. Chúng tôi sử dụng máy tính xách tay cá nhân có thông số bao gồm Intel Core i7, VGA Nvidia GTX 1050Ti, 16 Gb Ram. Thời gian xử lý bao gồm các bước sau: Với cách thực hiện bằng cách lần lượt qua ba bước P-Net, R-Net, O-Net trong mô hình MTCNN, chúng tôi đã nhận diện được khuôn mặt của từng sinh viên.

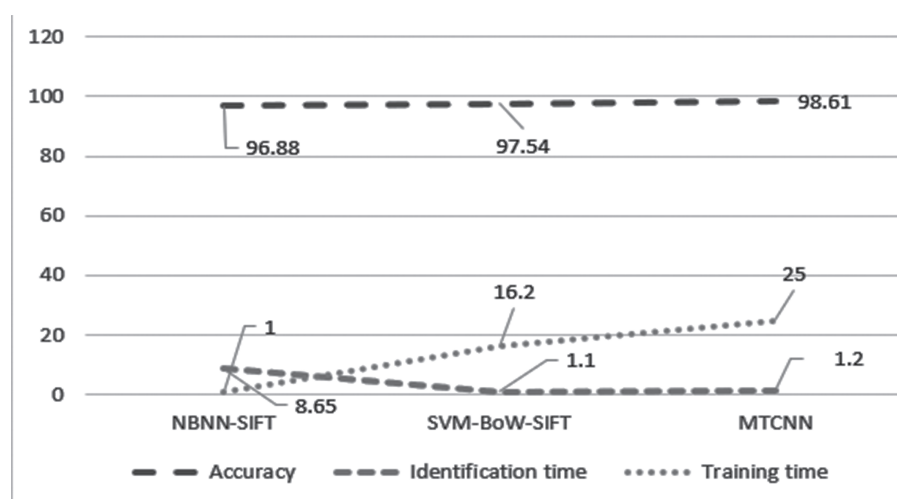
Phân tích đánh giá

Với cách thực hiện bằng cách lần lượt qua ba bước: P-Net, R-Net, O-Net trong mô hình MTCNN, chúng tôi đã nhận diện được khuôn mặt của từng sinh viên. Với bộ dữ liệu đầu vào thu được, qua các bước tiền xử lý, căn chỉnh kích thước và trích chọn đặc trưng. Thu được một mô hình huấn luyện phục vụ quá trình nhận dạng.

Bảng 2. Bảng đánh giá các phương pháp nhận dạng

ID	Method	Accuracy	Identification time	Training time
1	NBNN-SIFT	96,88	8,65	1,00
2	SVM-BoW-SIFT	97,54	1,10	16,20
3	MTCNN	98,61	1,2	25,00

Kết quả mô hình đề xuất cho kết quả nhận dạng chính xác nhất 98,61%, so với các phương pháp khác NBNN-SIFT (96,88%), SVM-BoW-SIFT (97,54%), tuy nhiên thời gian huấn luyện vẫn còn lâu hơn các phương pháp khác và thời gian nhận diện là 1,2 ở mức độ trung bình chấp nhận được so với hai phương pháp còn lại.



Hình 2. So sánh giữa các mô hình nhận dạng khuôn mặt

Kết luận

Trong bài báo này chúng tôi phát triển hệ thống giám sát người học trong lớp thông qua việc nhận diện khuôn mặt. Hệ thống kết hợp với phần mềm quản lý đào tạo cung cấp các thông số về lớp học, phòng học, danh sách người học trong lớp và dữ liệu thời gian thực từ camera được huấn luyện trong tập dữ liệu được lựa chọn theo thông số và đưa ra danh sách người học có mặt trong lớp học. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã đề xuất thuật toán mạng nơ-ron tích chập xếp tầng đa nhiệm MTCNN cho phép xác định khuôn mặt ở nhiều góc độ khác nhau, ứng dụng được trong môi trường ánh sáng phức tạp hay một phần thông tin hình ảnh bị che khuất. Kết quả thực nghiệm đã có những kết quả độ chính xác 98,61% trong thời gian 1,2 phút, khả năng nhận diện khuôn mặt, hệ thống nhận dạng, bắt được khuôn mặt chính xác và xác định thông tin của sinh viên với các trường hợp nhiễu như ánh sáng, che khuất,...

Trong tương lai hệ thống tiếp tục xây dựng cơ sở dữ liệu mẫu về lớp học chất lượng thông qua các thông số được trích xuất từ khuôn mặt nhận diện để hoàn thiện việc xây dựng hệ thống quản lý lớp học hiệu quả tự động.

Tài liệu tham khảo

Connie, T., Al-Shabi, M., Cheah, W. P., & Goh, M. (2017). Facial expression recognition using a hybrid CNN-SIFT aggregator. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10607 LNAI. Doi: 10.1007/978-3-319-69456-6_12.

Cuong Nguyen, H. H., Trong Nguyen, T., & Hai Trinh, T. (2019). Consistency Maintenance in Distributed Cloud Storage Systems. *Azerbaijan Journal of High-Performance Computing*, 2(2), 158-169. Doi: 10.32010/26166127.2019.2.2.158.169.

Cuong, N. H. H., Van Thang, D., Tung, N. T., Tan, M. N., & Dien, N. T. T. (2023). SIFT Application Separates Motion Characteristics and Identifies Symbols on Tires. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 326 SIST. Doi: 10.1007/978-981-19-7513-4_1.

Ghofrani, A., Toroghi, R. M., & Ghanbari, S. (2019). Realtime Face-Detection and Emotion Recognition Using MTCNN and miniShuffleNet V2. *2019 IEEE 5th Conference on Knowledge Based Engineering and Innovation, KBEI 2019*. Doi: 10.1109/KBEI.2019.8734924.

Guo, G., Li, S. Z., & Chan, K. (2000). Face recognition by support vector machines. *Proceedings - 4th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, FG 2000*. Doi: 10.1109/AFGR.2000.840634.

Liao, K., Liu, G., & Hui, Y. (2013). An improvement to the SIFT descriptor for image representation and matching. *Pattern Recognition Letters*, 34(11). Doi: 10.1016/j.patrec.2013.03.021.

Li, B., & Lima, D. (2021). Facial expression recognition via ResNet-50. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 2, 57-64. doi: 10.1016/j.ijcce.2021.02.002.

Liu, H., Luo, S., Lu, J., & Dong, J. (2019). Method for Fused Phase and PCA Direction Based on a SIFT Framework for Multi-Modal Image Matching. *IEEE Access*, 7. Doi: 10.1109/ACCESS.2019.2953539.

Liu, Z., Zhu, W., Zhang, H., Wang, S., Fang, L., Hong, W., Shao, H., & Wang, G. (2020). Reliability evaluation of dynamic face recognition systems based on improved Fuzzy Dynamic Bayesian Network. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 16(3). Doi: 10.1177/1550147720911558.

Nguyen Trong, T., Cuong, N. H. V., Pham, T. V., Cuong, N. H. H., & Khiết, B. T. (2023). An Approach to New Technical Solutions in Resource Allocation Based on Artificial Intelligence. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 471 LNICST. Doi: 10.1007/978-3-031-35081-8_27.

Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., & Bradski, G. (2011). ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*. Doi: 10.1109/ICCV.2011.6126544.

Sima, A. A., & Buckley, S. J. (2013). Optimizing SIFT for matching of short-wave infrared and visible wavelength images. *Remote Sensing*, 5(5). Doi: 10.3390/rs5052037.

Suganthi, S. T., Ayoobkhan, M. U. A., Kumar, V. K., Bacanin, N., Venkatachalam, K., Stepán, H., & Pavel, T. (2022). Deep learning model for deep fake face recognition and detection. *PeerJ Computer Science*, 8. Doi: 10.7717/PEERJ-CS.881

Tan, C., Wang, H., & Pei, D. (2010). SWF-SIFT approach for infrared face recognition. *Tsinghua Science and Technology*, 15(3). Doi: 10.1016/S1007-0214(10)70074-2

Wu, J., Cui, Z., Sheng, V. S., Zhao, P., Su, D., & Gong, S. (2013). A comparative study of SIFT and its variants. *Measurement Science Review*, 13(3). Doi: 10.2478/msr-2013-0021

Yang, J., Huang, J., Jiang, Z., Dong, S., Tang, L., Liu, Y., Liu, Z., & Zhou, L. (2020). SIFT-aided path-independent digital image correlation accelerated by parallel computing. *Optics and Lasers in Engineering*, 127. Doi: 10.1016/j.optlaseng.2019.105964

Zhang, G., Zeng, Z., Zhang, S., Zhang, Y., & Wu, W. (2017). SIFT Matching with CNN Evidences for Particular Object Retrieval. *Neurocomputing* 238. doi:10.1016/j.neucom.2017.01.081

Zhao, W., Chellappa, R., & Krishnaswamy, A. (1998). Discriminant analysis of principal components for face recognition. *Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, FG 1998*. Doi: 10.1109/AFGR.1998.670971

Zhu, Y., Cheng, S., Stanković, V., & Stanković, L. (2013). Image registration using BP-SIFT. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 24(4). Doi: 10.1016/j.jvcir.2013.02.005.