

XÂY DỰNG HỆ THỐNG GIỮ XE TỰ ĐỘNG SỬ DỤNG THỊ GIÁC MÁY TÍNH

DEVELOPING AN AUTOMATIC MOTORBIKE KEEPING SYSTEM

Phạm Văn Khoa*, Trần Nhật Quang, Lê Nguyễn Gia Bảo, Nguyễn Quốc Ninh

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh¹

*Tác giả liên hệ: khoapv@hcmute.edu.vn

(Nhận bài: 27/7/2022; Chấp nhận đăng: 17/8/2022)

Tóm tắt - Các hệ thống giữ xe phổ biến hiện nay chỉ thu thập và hiển thị thông tin biển số còn việc xác thực khuôn mặt người gửi thuộc về con người. Việc xác thực thủ công dẫn đến nhiều hạn chế như chiếm thời gian, dễ gây ùn tắc, có thể có sai sót khi sức khỏe con người không tốt, chi phí nhân công cao. Nghiên cứu này như là giải pháp cho vấn đề trên khi triển khai một hệ thống bãi giữ xe máy tự động ứng dụng các thuật toán xử lý và nhận dạng hình ảnh khuôn mặt và biển số xe. Độ chính xác của hệ thống được đánh giá trên tập dữ liệu thu thập được từ bãi xe thực tế. Kết quả thực nghiệm cho thấy, hệ thống có độ chính xác cao và tốc độ xử lý nhanh khi có thể khoanh vùng và nhận diện 93% các biển số xe, tỉ lệ xác định và so khớp khuôn mặt của người gửi và lấy xe là 84%. Khi so sánh với các hệ thống đang tồn tại, hệ thống được đề xuất có tính bảo mật và tin cậy cao.

Từ khóa - Bãi xe tự động; so khớp khuôn mặt; phát hiện đối tượng; khoảng cách cosine; arcface

1. Đặt vấn đề

Tại Việt Nam hiện nay, đặc biệt ở các thành phố lớn có mật độ dân số cao dẫn đến một lượng rất lớn các phương tiện giao thông cần thiết để phục vụ nhu cầu di chuyển [1]. Một khi phương tiện giao thông công cộng chưa được phát triển mạnh và chưa tạo điều kiện thuận lợi cho người sử dụng thì các phương tiện giao thông cá nhân như xe gắn máy vẫn chiếm đa số [1]. Điển hình như các thành phố lớn: Tp. Hà Nội và Hồ Chí Minh, hàng triệu xe máy được đưa vào sử dụng để giải quyết nhu cầu đi lại của người dân. Vì thế, hằng ngày tại các nơi tập trung lượng người lớn như trường học, công sở, bệnh viện... việc quản lý, trông giữ xe thật sự rất cần thiết. Từ những vấn đề hạn chế về độ an toàn, tính tự động hóa chưa cao của các bãi giữ xe máy hiện nay [2-4], việc nghiên cứu để tìm giải pháp cải tiến hệ thống nhằm tăng độ an toàn và hiệu quả trong chi phí vận hành là một vấn đề cấp bách hiện nay.

2. Hệ thống bãi giữ xe máy

2.1. Các nghiên cứu liên quan

Trong thực tế, nhiều giải pháp đã được đề xuất để cải thiện hiệu quả của việc quản lý bãi xe hiện nay. Năm 2006, Học viện Kỹ thuật Quân sự đã giới thiệu “Hệ thống quản lý bãi xe thông minh ứng dụng công nghệ nhận dạng biển số kết hợp với công nghệ thẻ từ RFID”. Được so sánh với mô hình bãi giữ xe truyền thống sử dụng thẻ giấy để khi số, thì hệ thống này có tính bảo mật tốt hơn, giảm thiểu rủi ro mất cắp có thể xảy ra [2]. Đến năm 2009, mô hình “Bãi giữ xe thông minh” được giới thiệu và dần được đưa vào sử dụng rộng rãi. Hệ thống này sử dụng công nghệ nhận dạng vân tay. Do đó, hệ

Abstract - In Vietnam, current popular parking management systems only collect and display license plate data, leaving humans to verify the driver's identity. Manual authentication has several disadvantages, including longer processing times, congestion, unexpected mistakes when human health is poor, and high labor costs as well. In this study, we provided a solution to the above problem when deploying an automatic motorcycle keeping system that uses artificial neural networks to process and recognize facial images and license plates. The accuracy of the system is evaluated using data collected from the real motorbike keeping lot. The system has high accuracy and fast processing speed when it is able to recognize 93% of license plates, and the rate of identification and matching of the sender and receiver's faces is as high as 84%. The proposed system outperforms current technologies in terms of reliability and safety.

Key words - Automatic motorbike keeping system; face matching; object detection; cosine distance; arcface

thống chỉ chấp nhận cho khách lấy xe ra khi người gửi và người lấy xe là duy nhất. Người dùng sẽ quét vân tay của mình để kích hoạt hệ thống chụp ảnh biển số và ảnh khuôn mặt khi đi vào. Khi đi ra, người dùng quét vân tay và hệ thống sẽ hiển thị hình ảnh khi vào để nhân viên gác trạm ra đối chiếu. Cách thức này giảm bớt được phiền phức phải giữ thẻ nhưng lại phát sinh một số vấn đề mới như khó đảm bảo vệ sinh, đặc biệt là trong thời điểm dịch bệnh Covid như hiện nay khi nhiều người chạm vào máy quét vân tay. Nghiên cứu [3-4] công bố các kết quả khi áp dụng mô hình nhận diện biển số xe vào hệ thống bãi giữ xe. Trong nghiên cứu này trình bày các phương pháp xử lý ảnh cho việc nhận diện biển số xe, đưa ra số liệu về độ chính xác của mô hình. Bên cạnh đó, các nghiên cứu [5-8] trình bày giải pháp nhận diện và nâng cao hiệu quả nhận dạng đối với khuôn mặt bị che chắn bởi việc sử dụng khẩu trang.

Ngày nay, đa phần các bãi giữ xe sử dụng giải pháp bán tự động [3] như minh họa trong Hình 1. Hệ thống này sử dụng thẻ từ công nghệ RFID tầm gần nhằm kích hoạt thiết bị ghi nhận hình ảnh (camera) tại mỗi ngõ vào và ra của bãi xe. Vai trò của người nhân viên sử dụng hệ thống này là phải so sánh và nhận dạng sự trùng khớp của người vào gửi và người lấy xe ra. Tuy phương pháp này có độ tin cậy cao nhưng quá phụ thuộc vào yếu tố con người. Điều này có thể dẫn đến một số sai sót do chủ quan của nhân viên và khi sức khỏe của người nhân viên không đảm bảo.

Từ hạn chế nêu trên, đã có nhiều giải pháp được đề xuất để có thể giảm sự ảnh hưởng của nhân viên khi tương tác với hệ thống [3-4]. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện đang ở giai đoạn kiểm tra đánh giá giải thuật trên các tập dữ liệu có sẵn mà chưa thực nghiệm trên các dữ liệu mẫu thực tế. Điều này

¹ HCMC University of Technology and Education (Pham Van Khoa, Tran Nhat Quang, Le Nguyen Gia Bao, Nguyen Quoc Ninh)

làm giảm độ tin cậy của hệ thống khi triển khai trong đời sống. Từ đó, nghiên cứu này đề xuất một giải pháp áp dụng và kế thừa các thành quả từ công nghệ nhận dạng khuôn mặt, ký tự và máy học trên tập dữ liệu thu thập thực tế nhằm giải quyết các vấn đề tồn đọng trên các bãi giữ xe hiện nay. Mô hình được thực nghiệm và kiểm thử thực tế tại bãi giữ xe Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Tp. Hồ Chí Minh.



Hình 1. Hệ thống giữ xe với thẻ từ RFID và CAMERA để chụp và lưu trữ ảnh biển số xe [3]

2.2. Hệ thống được đề xuất

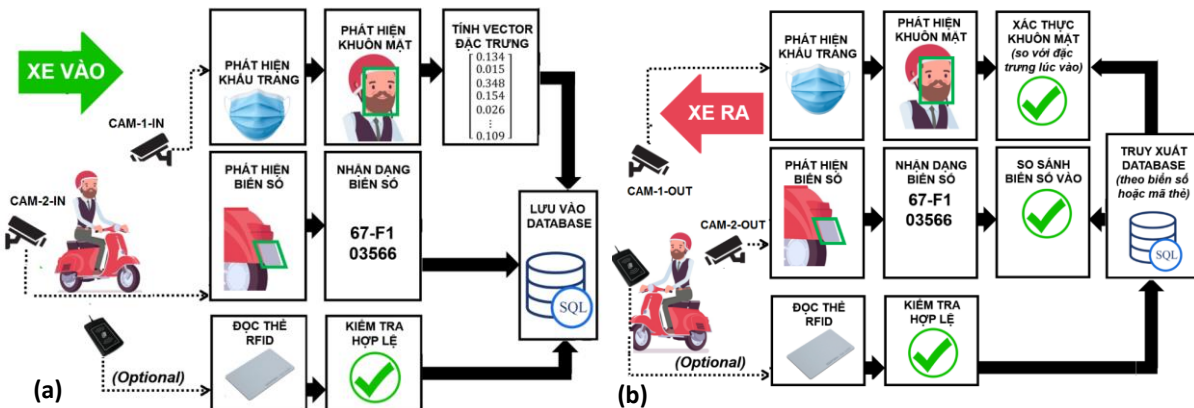
Hoạt động tổng quát của mô hình bãi xe được đề xuất trong nghiên cứu này được minh họa bởi Hình 2. Trong đó, Hình 2a mô tả hoạt động của hệ thống bãi giữ xe khi có xe vào. Thiết bị CAM-1-IN sẽ thu thập và gửi hình ảnh khuôn mặt người muốn gửi xe vào khối phát hiện khẩu trang. Đầu ra của khối phát hiện khẩu trang sẽ được gửi đến khối phát hiện khuôn mặt để kích hoạt nó nếu người dùng không đeo khẩu trang. Tiếp theo, hình ảnh khuôn mặt sẽ được gửi đến khối tính toán vec-tơ đặc trưng. Đối với CAM-2-IN, thiết bị này sẽ ghi lại hình ảnh biển số xe. Sau đó, dữ liệu sẽ được đưa vào khối phát hiện biển số và khối nhận dạng biển số để thực hiện các tính năng tương ứng. Hệ thống được đề xuất có thể kết nối máy đọc thẻ từ RFIDreader như là một giải pháp dự phòng. Dữ liệu có được từ đầu đọc

được đưa vào khối kiểm tra hợp lệ để đảm bảo thẻ từ này được phát hành đúng từ bãi xe. Thông tin từ 3 thiết bị gồm CAM-1-IN, CAM-2-IN, RFIDreader được lưu vào cơ sở dữ liệu để thực hiện xác thực khi xe muốn ra khỏi bãi.

Hoạt động của hệ thống khi xe đi ra được mô tả trong Hình 2b. Trong đó, CAM-1-OUT sẽ gửi hình ảnh vào khối phát hiện khẩu trang. Đầu ra của khối này sẽ được gửi đến khối phát hiện khuôn mặt để kích hoạt nó nếu người dùng không đeo khẩu trang. Tiếp theo, hình ảnh khuôn mặt sẽ được gửi đến khối xác thực khuôn mặt. Khối này sẽ thực hiện tính vector đặc trưng của khuôn mặt được chụp bởi CAM-1-OUT và tính khoảng cách với vector đặc trưng của khuôn mặt lúc xe đi vào và được lưu trong cơ sở dữ liệu trước đó. Đối với CAM-2-OUT dùng để lấy thông tin biển số xe, hình ảnh thu thập được sẽ được đưa vào khối phát hiện biển số và khối nhận dạng biển số để thực hiện các tính năng tương ứng. Sau đó biển số có được sẽ được so sánh với biển số vào đã được lưu trong cơ sở dữ liệu trước đó. Tương tự với phía vào, phía xe ra cũng có phần tùy chọn là máy đọc thẻ từ RFIDreader. Đầu ra của RFIDreader được đưa vào khối kiểm tra hợp lệ. Nếu các thông tin lúc xe ra khớp với lúc xe vào thì hệ thống báo hiệu cho phép xe ra. Trong trường hợp, thông tin xe vào và xe ra không trùng khớp nhau thì hệ thống sẽ cảnh báo và yêu cầu hỗ trợ của nhân viên gác trạm ra. Tóm lại, hệ thống được đề xuất gồm 3 khối chính là

- Khối Phát hiện và tính vec-tơ đặc trưng khuôn mặt;
- Khối xác thực khuôn mặt;
- Khối phát hiện và nhận dạng biển số.

Chi tiết về chức năng và đặc điểm các khối trên sẽ được mô tả cụ thể trong phần sau.



Hình 2. Hoạt động xử lý của hệ thống bãi giữ xe được đề xuất đối với a) xe đi vào b) xe đi ra

3. Thiết kế hệ thống

3.1. Phát hiện và tính vec-tơ đặc trưng khuôn mặt

Hình ảnh có được từ các CAM-1-IN hoặc CAM-1-OUT được đưa vào khối phát hiện khẩu trang. Khối này thực chất là mạng nơ-ron tích chập [9] (convolutional neural network – CNN) thông thường thực hiện nhiệm vụ phân loại vùng ảnh khuôn mặt để biết có đeo khẩu trang hay không. Khối phát hiện khuôn mặt sử dụng 2 mô hình học sâu là RetinaFace [10]. Nếu ngõ vào phát hiện có khuôn mặt nhưng không có khẩu trang thì khối phát hiện khuôn mặt sẽ gửi vùng xác định có ảnh khuôn mặt cho hàm tính và tạo vec-tơ đặc trưng của khuôn mặt. Trong nghiên cứu này, nhóm sử

dụng 2 mô hình học sâu là ArcFace [11] và Sface [12] để tính đặc trưng của khuôn mặt.

Đặc điểm khuôn mặt có sự chuyển động lớn trong quá trình lấy mẫu và tính nhất quán không đồng nhất giữa các hình ảnh khuôn mặt tại các thời điểm khác nhau. Do đó, trong nghiên cứu này, hình ảnh khuôn mặt được thu thập từ khi khuôn mặt xuất hiện trong khung hình của camera đến sau khi khuôn mặt ra khỏi khung hình của camera. Mục đích nhằm thu thập được nhiều khuôn mặt ở nhiều thời điểm, nhiều góc độ và nhiều kích thước khác nhau. Tất cả khuôn mặt này đều được tính vec-tơ đặc trưng và lưu trữ vào cơ sở dữ liệu phục vụ cho nhiệm vụ xác thực khuôn mặt về sau.



Hình 3. Tập dữ liệu hình ảnh khuôn mặt thực tế thu thập được từ bãi gửi xe

Trong nghiên cứu này, tập dữ liệu khuôn mặt được thu thập trực tiếp tại bãi gửi xe Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh. Vì trong thời gian dịch bệnh Covid, việc xây dựng cơ sở dữ liệu mẫu cho các khuôn mặt không đeo khẩu và băng số xe gặp một số khó khăn nhất định dẫn đến hạn chế về số lượng mẫu thu thập được. Dữ liệu khuôn mặt được thu thập trong cả 2 tình huống là khi thực thể vào bãi gửi xe và ra khỏi bãi gửi xe. Tập dữ liệu khuôn mặt thực tế bao gồm 1429 trường hợp khác nhau, với mỗi người bao gồm nhiều hơn một ảnh lúc vào và nhiều hơn một ảnh lúc ra. Trong đó, tập dữ liệu khuôn mặt thực tế không đeo khẩu trang bao gồm 238 thực thể trong tổng số mẫu thu thập được.

3.2. Khối xác thực khuôn mặt

Đầu vào của khối **xác thực khuôn mặt** là các vec-tơ đặc trưng của ảnh khuôn mặt lúc vào và ra. Việc xác thực khuôn mặt được diễn ra khi xe ra khỏi bãi gửi xe. Với mỗi hình ảnh khuôn mặt khi xe ra, khối **xác thực khuôn mặt** sẽ thực hiện xác thực khuôn mặt đó với tất cả các hình ảnh khuôn mặt khi xe vào. Nhằm đảm bảo độ chính xác cao, khối này chỉ chấp nhận 2 khuôn mặt là của một người nếu có nhiều hơn 3 ảnh ra và 3 ảnh vào có sự trùng khớp nhau.

Giả sử rằng, mỗi lượt xe vào hoặc xe ra, mô hình thu thập và lưu trữ 10 hình ảnh khuôn mặt, phương pháp xác thực cần tối thiểu 3 hình ảnh khuôn mặt được cho là cùng thực thể để xác nhận thực thể lúc xe vào và thực thể lúc xe ra là cùng một thực thể. Với phương thức xác thực một – nhiều hiện tại, thời gian tính toán được tối ưu và cũng đảm bảo sự đa dạng của việc xác thực khuôn mặt. Với mỗi hình ảnh khuôn mặt khi xe ra, phương thức tìm hình ảnh khuôn mặt khi xe vào có độ tương đồng cao nhất và so sánh độ tương đồng với ngưỡng chấp nhận của mô hình. Thông số về ngưỡng sẽ được trình bày chi tiết ở phần sau.

3.3. Khối phát hiện và nhận dạng biển số

Mô hình **nhận diện biển số xe** sử dụng các thiết bị ghi nhận hình ảnh từ **CAM-2-IN** và **CAM-2-OUT** ở cả hai làn vào và làn ra như được thể hiện trong Hình 2a và 2b. Hình ảnh được chụp liên tục từ các thiết bị ghi hình trên sẽ được sử dụng để nhận diện. Số lượng khung hình (frame) có thể được điều chỉnh phù hợp với hiệu năng của máy tính xử lý

sao cho thỏa mãn yêu cầu về ràng buộc thời gian xử lý.

Để thực hiện việc nhận diện biển số, nghiên cứu này sử dụng 2 mô hình là WPOD-NET [13] và PaddleOCR [14]. Trong đó, mô hình xác định vị trí biển số xe, sử dụng mô hình WPOD-NET và mô hình nhận diện ký tự biển số xe, sử dụng mô hình PaddleOCR với kiến trúc CRNN [14]. So sánh với các mô hình nhận diện khác, mô hình WPOD – NET thực hiện tốt nhiệm vụ xác định vị trí và căn chỉnh trên hầu hết các trường hợp, với dữ liệu đầu vào đa dạng về bối cảnh, góc nhìn, tỉ lệ và kích thước.

So với hệ thống sử dụng thẻ từ để kích hoạt tín hiệu ghi nhận hình ảnh bảng số xe thì hệ thống thay thế thẻ từ chỉ sử dụng biển số xe và khuôn mặt có tính đáp ứng thời gian thực thấp hơn do cần thời gian xử lý hình ảnh đầu vào. Do đó, với mỗi lượt xe vào hoặc ra, tín hiệu lấy mẫu hình ảnh được kích hoạt khi có số lượng biển số giống nhau vượt qua ngưỡng chấp nhận, nhằm đảm bảo ký tự biển số đưa vào hệ thống là chính xác. Giả định mỗi lượt xe vào hoặc xe ra cần tối thiểu 3 biển số giống nhau, mỗi lượt tính toán cách nhau khoảng thời gian là 200 mili giây. Như vậy, cần tối thiểu 600 mili giây biển số cố định để khối **nhận diện biển số xe** nhận tín hiệu biển số xe. Ngoài ra, để phù hợp với qui chuẩn biển số xe máy ở Việt Nam, các hình ảnh biển số được áp dụng phương pháp hậu xử lý cho các ký tự theo định dạng của biển số xe theo luật giao thông hiện hành. Việc hậu xử lý giúp giảm thiểu sai sót trong trường hợp một số ký tự có độ tương đồng cao với các ký tự khác như ‘B’ và ‘8’, ‘D’ và ‘0’.

4. Thi công hệ thống bãi gửi xe

4.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng nhận dạng

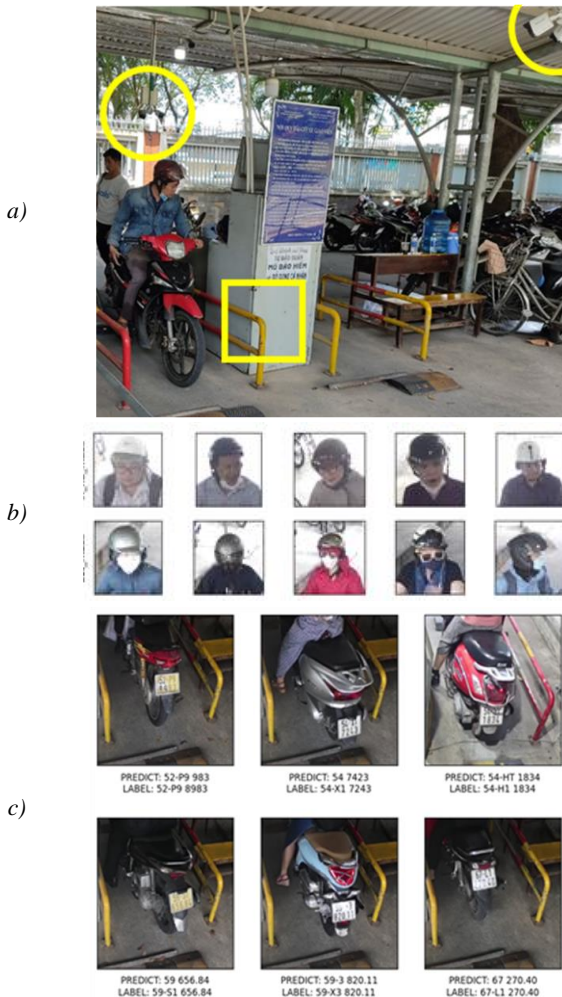
Bởi hệ thống bãi gửi xe được đặt ở điều kiện ngoài trời như minh họa trong Hình 4a, mặc dù có mái che nhưng không tránh khỏi sự ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh như ánh sáng mặt trời, ánh sáng đèn tác động đến chất lượng hình ảnh thu được. Ngoài ra, một số yếu tố chủ quan do con người và phương tiện cũng ảnh hưởng đến chất lượng hình ảnh khuôn mặt và biển số xe thu được. Đối với hình ảnh khuôn mặt một số trường hợp bị ảnh hưởng đến chất lượng như khuôn mặt có đeo khẩu trang, khuôn mặt có sử dụng kính mát, khuôn mặt không nhìn về hướng đặt thiết bị ghi hình, khuôn mặt bị che một phần cho hình dáng của nón bảo hiểm như minh họa trong Hình 4b.

Đối với hình ảnh biển số xe thì do biển số xe cũ có chất lượng mờ khiến hệ thống khó nhận dạng con số. Được minh họa trong Hình 4c, một số mẫu biển số xe được hệ thống nhận dạng sai do các điều kiện ngoại cảnh tác động. Một số giải pháp được áp dụng như cân bằng sáng của hình ảnh, thay đổi góc chiếu sáng khi trời tối... Tuy nhiên, các phương pháp trên không thể giải quyết hoàn toàn các điều kiện ngoại cảnh nêu trên.

4.2. Ứng dụng thị giác máy tính trong xây dựng bãi gửi xe

Nghiên cứu này áp dụng các thành tựu đạt được của công nghệ trí tuệ nhân tạo nói chung cũng như thị giác máy tính nói riêng để xác thực thông tin khuôn mặt và biển số xe của người gửi và lấy xe. Trong đó, định vị vị trí khuôn mặt là phương pháp xác định tọa độ khuôn mặt trong hình ảnh chụp được từ thiết bị camera. Ở trường hợp, nếu ảnh chụp được có chứa nhiều đối tượng thì mô hình sẽ đưa ra

thông tin tọa độ và những thông tin liên quan đến đặc trưng khuôn mặt. Xác định vị trí khuôn mặt chỉ giữ lại thông tin phần khuôn mặt và loại bỏ các thông tin không cần thiết. Điều này giúp cho thông tin đưa vào các khối xử lý tiếp theo được chính xác hơn.



Hình 4. a) Lắp đặt thực tế phần cứng tại trạm ra vào bãi xe thực tế. Khối hình khoanh tròn là vị trí đặt các thiết bị ghi hình, khối hình khoanh vuông là vị trí đặt máy tính xử lý. b) Hình ảnh mô tả các trường hợp khuôn mặt nhận diện sai c) Hình ảnh mô tả các trường hợp biển số xe nhận diện sai

Trong ngữ cảnh hệ thống quản lý xe, xe chỉ được phép lấy ra khỏi bãi khi bằng số xe đi kèm khuôn mặt của người gửi xe với bằng số và khuôn mặt của người lấy xe là trùng khớp nhau. Như vậy, phương pháp so sánh và đối chiếu hai thông tin này rất cần thiết tính chính xác và độ tin cậy cao. Phương pháp xác thực khuôn mặt được sử dụng trong nghiên cứu này nhằm so sánh và đối chiếu thông tin khuôn mặt của người gửi và nhận. Phương pháp này được nghiên cứu và đề xuất để xác định các dữ liệu khuôn mặt nhận được là của cùng một người. Bài toán xác thực khuôn mặt thuộc dạng bài toán xác thực một – một. Tức là với dữ liệu đầu vào là hai hình ảnh khuôn mặt, mô hình sẽ xác định hai hình ảnh này có thuộc cùng một người hay là hai người khác nhau. Bài toán xác thực khuôn mặt không cần giá trị dữ liệu thông tin cá nhân để nhận biết thông tin cá nhân của hình ảnh khuôn mặt này. Trong thực tế, yêu cầu xác thực khuôn mặt được ứng dụng vào các tác vụ như mở khóa, xác

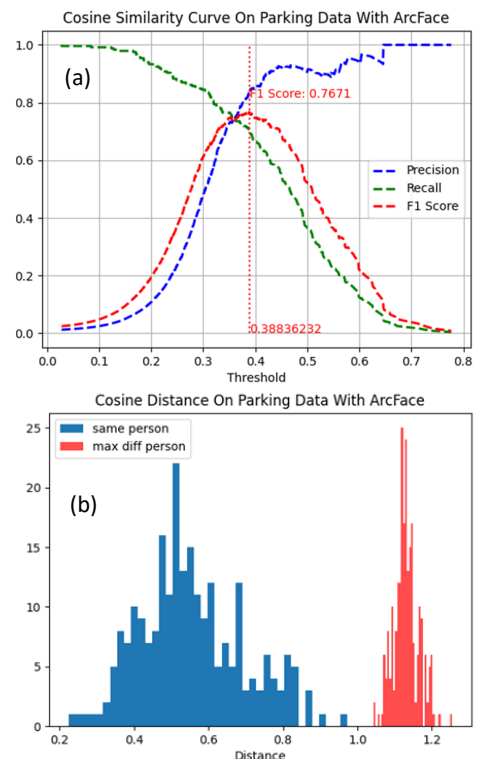
thực trong mở tài khoản, rút tiền tại các ngân hàng...

Với hệ thống bãi giữ xe được đề xuất trong nghiên cứu, khuôn mặt người gửi và nhận xe là yếu tố rất quan trọng khi quyết định để người gửi lấy xe ra khỏi bãi. Vì thế, việc xử lý thông tin khuôn mặt cần có độ chính xác cao và thời gian xử lý phù hợp. Trong phân tích ở phần trước, thông tin đặc trưng của khuôn mặt người gửi và nhận sẽ được mã hóa thành 02 vec-tơ và sẽ được so khớp vào thời điểm người gửi muốn lấy xe ra khỏi bãi.

Để có quyết định khuôn mặt người gửi và nhận là như nhau chỉ khi độ tương đồng Cosine (Cosine Similarity) [15] của 2 vector đặc trưng trong miền không gian A và B được tạo bởi quá trình xe vào và ra theo công thức:

$$S_C(A, B) := 1 - \cos(\theta) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (1)$$

Theo công thức (1), giá trị $S_C(A, B)$ càng lớn, độ tương đồng giữa hai vec-tơ càng cao. Việc sử dụng giá trị của phép tương đồng như độ chính xác của mô hình xác thực khuôn mặt giúp chuyển đổi bài toán xác thực khuôn mặt thành bài toán phân loại nhị phân. Thực tế cho thấy, giá trị của độ tương đồng S_C trong bài toán xác thực khuôn mặt trong miền giá trị $[0, 1]$ nên có thể sử dụng độ tương đồng như một giá trị tin cậy giữa 02 khuôn mặt được ghi nhận ở lần gửi và lấy xe.



Hình 5. a) Đồ thị tương quan thang đo Precision, Recall và F1 score về độ tương đồng Cosine của tập dữ liệu thu thập được khi sử dụng mô hình Arcface b) Phân phối khoảng cách theo phương pháp khoảng cách Cosine của tập dữ liệu thu thập được trên mô hình ArcFace

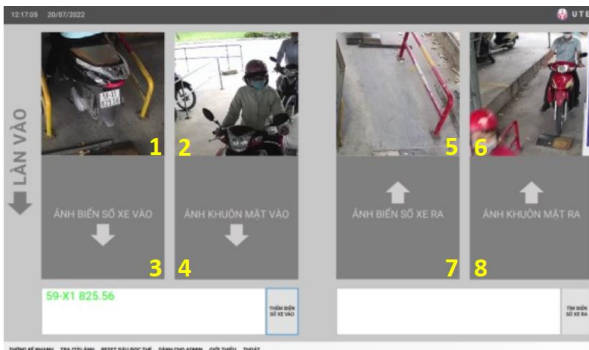
Việc xác định ngưỡng cho phương pháp xác thực bằng độ tương đồng Cosine phụ thuộc vào độ chính xác trên các thang đo Precision, Recall và F1 Score tại các giá trị ngưỡng trên miền giá trị $[0, 1]$. Giá trị ngưỡng được xác định tại điểm

có giá trị F1 Score lớn nhất. Hình 5a với các giá trị về F1-score, precision và recall được sử dụng để đánh giá được hiệu năng của mô hình ArcFace một cách toàn diện nhất. Giá trị ngưỡng theo công thức (1) được chọn dựa trên biểu đồ Hình 5a. Có thể thấy, ngưỡng cho F1-score lớn nhất là 0.7671 được sử dụng vì tại vị trí này thỏa mãn cho cả hai giá trị precision và recall được cân bằng.

Với dữ liệu khuôn mặt không đeo khẩu trang, mô hình ArcFace thể hiện được đặc trưng hội tụ của các dữ liệu cùng thực thể và phân tán của các dữ liệu khác thực thể. Giá trị ngưỡng chấp nhận giảm dần đều khi khoảng cách Cosine tăng dần. Giá trị ngưỡng chấp nhận của mô hình ArcFace trên tập dữ liệu thực tế không đeo khẩu trang trong miền không gian Cosine là 0,7671. Cùng phương pháp khi so sánh với mô hình Sface, giá trị ngưỡng về độ tương đồng trong miền không gian Cosine của mô hình SFace được xác định là 0,5718 với giá trị F1 Score đạt 0,6155. Giá trị F1 Score của mô hình SFace thấp hơn mô hình ArcFace là 0,1556, tương ứng với 15,56%. Mức chênh lệch trên là tương đối lớn, cho thấy mô hình ArcFace vượt trội hơn trong nhiệm vụ trích xuất đặc trưng khuôn mặt.

Thêm vào đó, giá trị ngưỡng chấp nhận trùng khớp của phương pháp xác thực bằng khoảng cách phụ thuộc vào miền phân phối khoảng cách của các cặp giá trị trùng khớp – không trùng khớp trên một bộ dữ liệu đủ lớn. Khi mô hình trích xuất đặc trưng là đủ tốt, phân phối của hai phần dữ liệu này được kỳ vọng là phân tách thành vùng hai phân phối, và giao điểm được chọn làm ngưỡng chấp nhận của phương pháp. Như thể hiện trong Hình 5b, có thể thấy, mô hình huấn luyện cho dữ liệu được thu thập tại bãi xe thực tế đã phân tách được 2 vùng thực tế khác nhau.

4.3. Giao diện phần mềm quản lý



Hình 6. Giao diện phần mềm của hệ thống

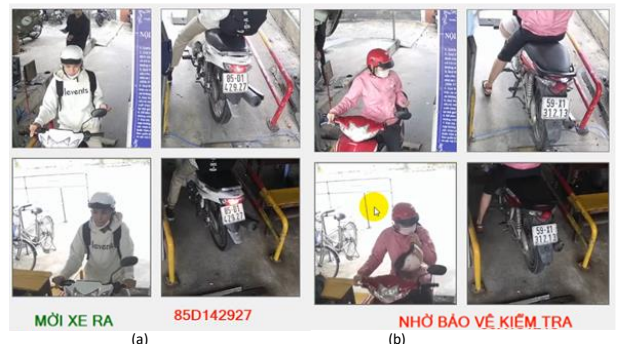
Khung đánh số (1) và (2) đảm nhận việc thể hiện liên tục truyền hình ảnh có được từ 2 camera CAM-1-IN và CAM-2-IN ở làn xe vào như mô tả ở Hình 2. Khung đánh số (3) và (4) thể hiện ảnh chụp từ CAM-1-IN và CAM-2-IN khi hệ thống phát hiện biển số xe hoặc có tín hiệu từ khối RFIDreader khi có thể được quét. Tương tự, đối với làn ra, khung đánh số (5) và (6) thể hiện hình ảnh stream từ 2 thiết bị CAM-1-OUT và CAM-2-OUT ở làn xe ra như minh họa ở Hình 2. Khung đánh số (7) và (8) thể hiện ảnh chụp từ thiết bị CAM-1-OUT và CAM-2-OUT ở làn xe ra khi hệ thống phát hiện biển số xe hoặc có tín hiệu từ khối RFIDreader khi có thể được quét.

Giao diện phần mềm của hệ thống được xây dựng với ngôn ngữ C# nhằm kết nối tất cả các thành phần như mô tả ở Hình 2. Giao diện gồm các thành phần ở các khung tương ứng được đánh số từ 1 đến 8 như minh họa bằng Hình 6.

Trong đó, khung đánh số 1 và 2 đảm nhận việc thể hiện liên tục truyền hình ảnh có được từ 2 camera CAM-1-IN và CAM-2-IN ở làn xe vào như mô tả ở Hình 2. Khung đánh số 3 và 4 thể hiện ảnh chụp từ CAM-1-IN và CAM-2-IN khi hệ thống phát hiện biển số xe hoặc có tín hiệu từ khối RFIDreader khi có thể được quét. Tương tự, đối với làn ra, khung đánh số 5 và 6 thể hiện hình ảnh stream từ 2 thiết bị CAM-1-OUT và CAM-2-OUT ở làn xe ra như minh họa ở Hình 2. Khung đánh số 7 và 8 thể hiện ảnh chụp từ thiết bị CAM-1-OUT và CAM-2-OUT ở làn xe ra khi hệ thống phát hiện biển số xe hoặc có tín hiệu từ khối RFIDreader khi có thể được quét.

Ở chiều xe ra, hệ thống xác thực sẽ được kích hoạt nếu xảy ra bất cứ tín hiệu kích hoạt nào từ khối RFIDreader khi người dùng quét thẻ hoặc từ khối phát hiện biển số xe. Nếu hệ thống xác thực so khớp thông tin lúc ra và lúc vào hợp lệ thì sẽ cho xe ra như minh họa trong Hình 7a. Trong trường hợp thông tin của xe lúc gửi và lấy khỏi bãi không trùng khớp nhau, thì hệ thống sẽ đưa ra thông báo yêu cầu bảo vệ hỗ trợ như minh họa trong Hình 7b.

Nút THÊM/TÌM BIỂN SỐ XE được thiết kế thêm để hỗ trợ các chức năng bổ sung trong trường hợp hệ thống không nhận dạng được do các trường hợp hình ảnh ngõ vào không đạt yêu cầu được thể hiện trong Hình 4. Lúc này, hệ thống sẽ phát cảnh báo và yêu cầu hỗ trợ từ nhân viên. Người nhân viên sẽ sử dụng những chức năng này để nhập biển số thủ công và cho xe vào, hoặc tìm biển số đã lưu khi xe ra để giải quyết cho xe đi ra.



Hình 7. Giao diện phần mềm khi a) Hệ thống cho xe ra nếu thông tin khi vào và ra được khớp nhau b) Hệ thống yêu cầu bảo vệ hỗ trợ nếu thông tin khi vào và ra không khớp nhau

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình khi triển khai thực tế, nghiên cứu này đã thực nghiệm và đánh giá hoạt động của hệ thống dựa trên số lần giám sát chéo mô hình hoạt động bằng con người vào các thời điểm khác nhau. Nghiên cứu giám sát độ tin cậy của việc khoanh vùng và nhận dạng bảng số xe, kết quả được thể hiện bởi Bảng 1.

Bảng 1. Độ chính xác mô hình nhận diện kỹ tự biển số xe

	Số biển sai /số xe vào	Độ chính xác làn vào	Số biển sai /số xe ra	Độ chính xác làn ra	Độ chính xác mô hình
Tổng	229/2096	89,08%	28/1139	97,55%	92,06%

Như trình bày ở các phần trước, việc xác nhận khuôn mặt là điểm mấu chốt của nghiên cứu này so với các nghiên cứu trước đó. Được thể hiện trong Hình 5a, có thể thấy được hệ thống mang lại độ chính xác khoảng 84% (precision) dựa trên dữ liệu được thu thập thực tế. Độ chính

xác này được lựa chọn để cân bằng các thông số recall và F1 score sao cho khi vận hành thực tế hệ thống có độ tin cậy và ổn định nhất.

Bên cạnh đó, để thể hiện tính tổng quát của nghiên cứu, Bảng 2 dưới đây so sánh các hệ thống đang được áp dụng thực tế gồm bãi xe áp dụng phương pháp ghi số thủ công, bãi xe sử dụng hình ảnh và thẻ từ RFID với giải pháp được đề xuất trong nghiên cứu này. Các yếu tố so sánh bao gồm tốc độ xử lý và chi phí của hệ thống. Các số liệu trong Bảng 2 được thể hiện như sau: (1) Thông số tốc độ được ước tính tùy thuộc vào tốc độ ghi, phát giấy của bảo vệ. (2) Khảo sát vào giờ cao điểm tại các bãi xe thực tế. (3) Thông số tốc độ được ước tính trên thời gian từ lúc lưu ảnh và ra quyết định mở barrier. (4) Ước tính thời gian thu thẻ xe và xác thực. (5) Khảo sát vào các khung thời gian khác nhau tại các bãi xe. Tốc độ này phụ thuộc nhiều vào nhân viên bãi với các thao tác thu thẻ và xác nhận. (6) Ước tính trên thời gian nhận dạng ảnh, mở barrier. (7) Chi phí cho các thiết bị như máy tính, camera, thiết bị mạng, đầu đọc thẻ, không gồm chi phí lắp đặt và giá các thiết bị như barrier, gờ giảm tốc. (8) Chi phí cho các thiết bị như máy tính, camera, thiết bị mạng, đầu đọc thẻ, không gồm chi phí lắp đặt và giá các thiết bị như barrier, gờ giảm tốc. (9) Chi phí phát sinh do phần mềm với các tính năng khác nhau.

Dựa vào các tham số so sánh, có thể thấy một số ưu điểm của hệ thống được đề xuất trong nghiên cứu này như có thời gian xử lý nhanh hơn cho cả 2 lần xe vào/ra, có độ an toàn cao hơn do được xử lý và nhận dạng dựa vào máy tính, có thể triển khai rộng rãi trong các nhu cầu thực tế

Bảng 2. So sánh các đặc điểm của một số hệ thống giữ xe hiện có và nghiên cứu này

	Vé thủ công	Thẻ từ	Nghiên cứu này
Tốc độ xe vào (s)	5-7 (1)	5 (2)	3 (3)
Tốc độ xe ra (s)	5-7 (4)	6-8 (5)	3.5 (6)
Chi phí đầu tư (triệu)	Không đáng kể	15 (7)	15 - 65 (8-9)
Chi phí vận hành (triệu)	Tiền công cho 2 nhân viên trực: 15k/giờ/người → 7.2 triệu/tháng	Tiền công cho 2 nhân viên trực: 15k/giờ/ người → 7.2 triệu/tháng	0-3

5. Kết luận

Nghiên cứu này ứng dụng các giải thuật máy học trong lĩnh vực xử lý ảnh khuôn mặt và biển số xe trong việc triển khai một hệ thống bãi giữ xe máy tự động. Độ chính xác của hệ thống được đánh giá dựa trên tập dữ liệu thu thập được từ bãi xe thực tế. Từ kết quả thực nghiệm cho thấy, hệ thống có độ chính xác cao và tốc độ xử lý nhanh khi có

thể khoanh vùng và nhận diện 93% các biển số xe, tỉ lệ xác định và so khớp khuôn mặt của người gửi và lấy xe là trên 84%. So sánh với các hệ thống đang tồn tại, hệ thống được đề xuất thể hiện được tính bảo mật và độ tin cậy cao.

Lời cảm ơn: Bài báo này được tài trợ kinh phí bởi chương trình Research for A Better Life của trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh với mã số đề tài T2020-03RBL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hữu Đức, etc. "Xây dựng chiến lược an toàn giao thông đối với xe máy và kế hoạch hành động: một khởi đầu của Việt Nam", *Vụ An Toàn Giao Thông*, 2019.
- [2] Xuân Luận, "Áp dụng công nghệ "giữ xe thông minh": Giải pháp chống mất cắp xe máy ở bãi xe", 2009, <https://cand.com.vn/Xa-hoi/Ap-dung-cong-nghe-giu-xe-thong-minh-Giai-phap-chong-mat-cap-xe-may-o-bai-xe-i83091/> Ngày truy cập: 01/11/2022.
- [3] Nguyễn Thái Nghe, Võ Hùng Vĩ, Nguyễn Văn Đồng, "Một giải pháp trong xây dựng hệ thống hỗ trợ giữ xe thông minh", *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (35), 2014, 17-30.
- [4] Trần Thị Hương, etc., "Kỹ thuật nhận dạng biển số xe và ứng dụng vào bài toán quản lý bãi giữ xe tại trường đại học Hà Tĩnh", *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, Tập 10, Số 3, 2020, 115-120.
- [5] Wang, Z., Wang, G., Huang, B., Xiong, Z., Hong, Q., etc, "Masked Face Recognition Dataset And Application", arXiv:2003.09093, 2020.
- [6] Hariri, W., "Efficient Masked Face Recognition Method during the COVID-19 Pandemic", *Signal, image and video processing*, 16(3), 2022, 605-612.
- [7] Huang, Y., etc, "Improving Face Recognition from Hard Samples via Distribution Distillation Loss", *European Conference on Computer Vision*, 2020 (12375), pp. 138-154.
- [8] Damer, N., etc., "The Effect of Wearing a Mask on Face Recognition Performance: an Exploratory Study", *International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG)*, 2020, pp. 1-6.
- [9] Krizhevsky, Alex, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." *Advances in neural information processing systems*, 2012.
- [10] Deng, J., Guo, J., Ververas, E., Kotsia, I., & Zafeiriou, S., "RetinaFace: Single-Shot Multi-Level Face Localisation in the Wild", *In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, 2020, pp. 5203-5212.
- [11] Deng, J., Guo, J., Xue, N., & Zafeiriou, S., "ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition", *In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, 2018, pp. 4690-4699.
- [12] Zhong, Y., Deng, W., Hu, J., Zhao, D., Li, X., & Wen, D., "SFace: Sigmoid-Constrained Hypersphere Loss for Robust Face Recognition", *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 2021, 2587-2598.
- [13] Silva, S. M., & Jung, C. R. "License Plate Detection and Recognition in Unconstrained Scenarios", *In Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)*, 2018, pp. 580-596.
- [14] Fu, X., etc., "CRNN: A Joint Neural Network for Redundancy Detection", *IEEE international conference on smart computing (SMARTCOMP)*, 2017, pp. 1-8.
- [15] Cosine similarity, Wikipedia, the free encyclopedia, [Online] Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Cosine_similarity, Accessed July 4, 2022