

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐẠI NAM
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN
HỌC PHẦN: CHUYỂN ĐỔI SỐ

ỨNG DỤNG AI NHẬN DIỆN BIỂN SỐ XE VÀ THU PHÍ
KHÔNG DỪNG

Sinh viên thực hiện : **Bùi Trọng Tài**
Hoàng Đức Trung
Vũ Quang Chung
Ngành : **Công nghệ thông tin**
Giảng viên hướng dẫn : **Nguyễn Thái Khánh**
Lê Trung Hiếu

Lời cảm ơn

Trong kỷ nguyên cách mạng công nghiệp 4.0, công nghệ số ngày càng đóng vai trò quan trọng trong việc thay đổi cách con người sống, làm việc và di chuyển. Chuyển đổi số không chỉ là xu thế tất yếu của thế giới, mà còn là một trong những định hướng chiến lược trọng tâm của Việt Nam nhằm nâng cao hiệu quả quản lý, thúc đẩy phát triển kinh tế – xã hội và hướng tới xây dựng chính phủ số, nền kinh tế số và xã hội số.

Trong lĩnh vực giao thông vận tải, sự gia tăng nhanh chóng về số lượng phương tiện cơ giới đã và đang đặt ra nhiều thách thức lớn, đặc biệt là tình trạng ùn tắc giao thông và quá tải tại các trạm thu phí. Các phương thức quản lý thủ công truyền thống bộc lộ nhiều hạn chế: mất nhiều thời gian cho việc dừng xe, thanh toán bằng tiền mặt, nguy cơ xảy ra sai sót, gian lận, đồng thời gây ô nhiễm môi trường do việc dừng chờ lâu. Chính vì vậy, việc ứng dụng công nghệ mới để tự động hóa quá trình kiểm soát và thu phí là yêu cầu cấp thiết.

Sự kết hợp giữa AI (Trí tuệ nhân tạo) và Computer Vision (Thị giác máy tính) đã mở ra hướng đi mới trong quản lý giao thông. Công nghệ nhận diện biển số xe tự động (ALPR – Automatic License Plate Recognition) cho phép hệ thống nhanh chóng quét, phân tích và nhận diện chính xác biển số xe, ngay cả trong điều kiện khó khăn như ban đêm, thời tiết xấu hoặc xe di chuyển tốc độ cao. Khi tích hợp vào hệ thống thu phí không dừng (ETC), toàn bộ quá trình xác minh phương tiện, trừ tiền và lưu trữ dữ liệu giao dịch diễn ra tự động, minh bạch và hiệu quả.

Đề tài “Ứng dụng AI Nhận diện Biển số Xe Và Thu phí Không Dừng” được thực hiện với mục tiêu tiếp cận một trong những ứng dụng tiêu biểu của công nghệ số trong đời sống thực tiễn. Bên cạnh đó, đề tài còn thể hiện rõ vai trò của chuyển đổi số trong giao thông thông minh, góp phần xây dựng thành phố thông minh, giảm áp lực hạ tầng, tiết kiệm nguồn lực xã hội và tạo tiền đề cho việc ứng dụng AI vào nhiều lĩnh vực khác như giám sát an ninh, quản lý bãi đỗ xe, phát hiện vi phạm giao thông.

Với cách tiếp cận này, chúng em hy vọng đề tài không chỉ mang lại kiến thức chuyên môn mà còn khơi gợi tư duy sáng tạo, tinh thần đổi mới và khả năng áp dụng công nghệ của sinh viên trong học tập và nghiên cứu. Đồng thời, đây cũng là một ví dụ điển hình minh chứng rằng AI không còn là khái niệm xa vời, mà đã trở thành công cụ hữu ích, gắn liền với cuộc sống hàng ngày.

Mục lục

1	GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI	1
1.1	Đặt vấn đề	1
1.2	Lý do chọn đề tài	2
1.3	Lịch sử nghiên cứu	2
1.4	Mục tiêu nghiên cứu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu đề tài	3
1.4.1	Mục tiêu nghiên cứu	3
1.4.2	Đối tượng nghiên cứu	3
1.4.3	Phạm vi nghiên cứu đề tài	3
1.5	Ý nghĩa và tầm quan trọng	4
2	TỔNG QUAN VỀ LÝ THUYẾT VÀ HỆ THỐNG TRONG CHUYỂN ĐỔI SỐ	5
2.1	Khái niệm chuyển đổi số	5
2.2	Các trụ cột của Chuyển đổi số	6
2.3	Mục tiêu của chuyển đổi số trong lĩnh vực giáo dục và ngôn ngữ	6
2.4	Liên hệ giữa chuyển đổi số và đề tài	6
2.5	Lợi ích của Chuyển đổi số	7
2.6	Lợi ích cụ thể khi gắn với chuyển đổi số	8
2.7	Thách thức và yêu cầu trong chuyển đổi số	8
2.8	Thách thức và Hạn chế trong Quá trình Triển khai	8
2.8.1	Về Hạ tầng Kỹ thuật	8
2.8.2	Về Công nghệ AI	9
2.8.3	Về An ninh và Bảo mật	9
2.8.4	Về Môi trường Triển khai	10
2.9	Tổng quan về xử lý ảnh	10
2.9.1	Một số khái niệm và các vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh	11
2.9.2	Biểu diễn ảnh	13
2.9.3	Tăng cường ảnh - Khôi phục ảnh	13
2.9.4	Biến đổi ảnh	13
2.9.5	Phân tích ảnh	14

2.9.6	Nhận dạng ảnh	14
2.10	Thu nhận ảnh	14
2.10.1	Các thiết bị thu nhận ảnh	14
2.10.2	Bộ cảm biến ảnh	14
2.11	KIẾN TRÚC HỆ THỐNG	15
2.11.1	Phân tích bài toán	15
2.11.2	Mục tiêu tổng quát	15
2.12	Triển khai và thử nghiệm	16
2.12.1	Phân tích mã nguồn	16
2.12.2	Thử nghiệm	16
2.12.3	Kết quả đánh giá	17
3	Kết luận và hướng phát triển	18
3.1	Phân tích hiệu quả	18
3.1.1	Phân tích và nhận xét đặc điểm của các thuật toán sử dụng	18
3.1.2	Đề xuất cải tiến	20

Chương 1

GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

1.1 Đặt vấn đề

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0 đang diễn ra mạnh mẽ, chuyển đổi số đã trở thành xu thế tất yếu trên toàn cầu. Ở Việt Nam, cùng với sự phát triển của đô thị hóa và phương tiện giao thông, nhu cầu ứng dụng công nghệ hiện đại để giải quyết các vấn đề về quản lý giao thông, thu phí và kiểm soát phương tiện ngày càng cấp thiết.

Hiện nay, hệ thống thu phí đường bộ truyền thống tại các trạm BOT vẫn tồn tại nhiều hạn chế:

- Người lái xe phải dừng lại để trả phí → gây ùn tắc, lãng phí thời gian.
- Việc thu phí thủ công bằng tiền mặt dễ phát sinh sai sót, gian lận và làm tăng chi phí vận hành.
- Dữ liệu thu phí chưa được đồng bộ, gây khó khăn trong công tác quản lý và minh bạch tài chính.

Để giải quyết những vấn đề trên, Chính phủ đã triển khai chương trình thu phí tự động không dừng (ETC – Electronic Toll Collection). Tuy nhiên, hiệu quả của hệ thống còn phụ thuộc nhiều vào công nghệ nhận diện và xử lý dữ liệu phương tiện. Đây chính là lý do đề tài “Ứng dụng AI nhận diện biển số xe và thu phí không dừng” được nhóm bọn em thực hiện.

Việc ứng dụng Trí tuệ nhân tạo (AI) và Xử lý ảnh (Image Processing) cho phép hệ thống:

- Nhận diện chính xác biển số xe ngay cả trong điều kiện phức tạp (ánh sáng yếu, xe di chuyển nhanh).
- Kết nối dữ liệu thanh toán để trừ phí tự động, giảm thiểu sự can thiệp của con người.

- Nâng cao hiệu quả quản lý, minh bạch hóa dòng tiền, và góp phần hiện đại hóa hạ tầng giao thông.

1.2 Lý do chọn đề tài

Lĩnh vực xử lý ảnh số, bao gồm xử lý, phân tích và nhận biết tự động bằng máy tính, đa và đang có sự phát triển mạnh mẽ trong cả lý thuyết và các ứng dụng thực tế. Xử lý ảnh được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực quan trọng như: viễn thông, truyền thông, chụp ảnh y tế, sinh học, khoa học vật liệu, rô-bốt, sản xuất, các hệ thống cảm biến thông minh, tự động điều khiển, đồ họa, in ấn... Sự phát triển mạnh mẽ này có thể được thấy rõ qua số lượng các bài báo, báo cáo khoa học về xử lý ảnh hàng năm cũng như qua số lượng các đầu sách viết về xử lý ảnh số.

Như chúng ta đã biết, ngày nay xe máy là phương tiện giao thông chính và số lượng ngày càng tăng. Vì vậy vấn đề quản lý giao thông, bảo đảm an ninh, thu phí giao thông... đòi hỏi và cần thiết có sự hỗ trợ của khoa học kỹ thuật. Một trong những sự hỗ trợ đầy hiệu quả đó là làm sao giúp những người quản lý nhận dạng biển số xe được dễ dàng, nhanh chóng và thuận lợi nhất.

Nhận dạng biển số xe trở thành một ứng dụng hữu ích, được đưa vào trong những lĩnh vực như: quản lý giao thông, kiểm tra an ninh, thu phí giao thông, trạm gác cổng, quản lý các bãi giữ xe một cách tự động... Nó không chỉ giúp những người quản lý có khả năng bao quát được tất cả khách hàng, đối tượng theo dõi của mình mà còn giúp tiết kiệm thời gian làm việc đáng kể. Ngoài ra với phương pháp này sẽ giúp giảm được nhiều người trông giữ xe để phân công họ vào việc khác. Từ những lý do trên bọn em quyết định lựa chọn đề tài "Ứng Dụng AI Nhận Diện Biển Số Xe Và Thu Phí Không Dừng".

1.3 Lịch sử nghiên cứu

Các phương pháp xử lý ảnh bắt đầu từ các ứng dụng chính: nâng cao chất lượng ảnh và phân tích ảnh. Ứng dụng đầu tiên được biết đến là nâng cao chất lượng ảnh báo được truyền qua cáp từ Luân đôn đến New York từ những năm 1920. Vấn đề nâng cao chất lượng ảnh có liên quan tới phân bố mức sáng và độ phân giải của ảnh. Việc nâng cao chất lượng ảnh được phát triển vào khoảng những năm 1955. Điều này có thể giải thích được vì sau thế chiến thứ hai, máy tính phát triển nhanh tạo điều kiện cho quá trình xử lý ảnh số thuận lợi. Năm 1964, máy tính đã có khả năng xử lý và nâng cao chất lượng ảnh từ mặt trăng và vệ tinh Ranger 7 của Mỹ bao gồm: làm nổi đường biên, lưu ảnh.

Từ năm 1964 đến nay, các phương tiện xử lý, nâng cao chất lượng, nhận dạng ảnh phát triển không ngừng. Các phương pháp tri thức nhân tạo như mạng nơ-ron nhân tạo, các thuật toán xử

lý hiện đại và cải tiến, các công cụ nén ảnh ngày càng được áp dụng rộng rãi và thu nhiều kết quả khả quan.

Để dễ tương tương, xét các bước cần thiết trong xử lý ảnh. Đầu tiên, ảnh tự nhiên từ thế giới ngoài được thu nhận qua các thiết bị thu (như Camera, máy chụp ảnh). Trước đây, ảnh thu qua Camera là các ảnh tương tự (loại Camera ống kính CCIR). Gần đây, với sự phát triển của công nghệ, ảnh màu hoặc đen trắng được lấy ra từ Camera, sau đó nó được chuyển trực tiếp thành ảnh số tạo thuận lợi cho xử lý tiếp theo. (Máy ảnh số hiện nay là một thí dụ gần gũi). Mặt khác, ảnh cũng có thể tiếp nhận từ vệ tinh; có thể quét từ ảnh chụp bằng máy quét ảnh.

1.4 Mục tiêu nghiên cứu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu đề tài

1.4.1 Mục tiêu nghiên cứu

Hệ thống nhận dạng biển số xe là một ứng dụng dựa trên kỹ thuật xử lý ảnh số. Mục đích của nhận dạng biển số xe là thực hiện các bước xử lý để từ một ảnh đầu vào, máy tính có thể nhận ra chính xác biển số xe trên ảnh. Nhận dạng biển số xe trở thành một ứng dụng hữu ích, được đưa vào trong những lĩnh vực như: quản lý giao thông, kiểm tra an ninh, thu phí giao thông, trạm gác cổng, quản lý các bãi giữ xe một cách tự động.

1.4.2 Đối tượng nghiên cứu

Đây là một trong những ứng dụng xử lý ảnh nhận được nhiều sự quan tâm nghiên cứu về cả hai mặt lý thuyết và thực hiện chương trình. Đề tài của em bao gồm các quá trình xử lý: phân vùng biển số, tách các ký tự, nhận biết các ký tự, phân mềm quản lý cơ sở dữ liệu biển số xe máy. Mục đích của phân mềm quản lý cơ sở dữ liệu biển số xe máy là thu nhận chuỗi biển số sau khi đã được nhận dạng, lưu vào cơ sở dữ liệu để người dùng dễ dàng quản lý và theo dõi thông qua các báo cáo chi tiết các lượt xe vào - ra. Mục đích của phân mềm quản lý cơ sở dữ liệu là theo dõi số lượt vào - ra.

1.4.3 Phạm vi nghiên cứu đề tài

Chủ yếu dựa vào các tài liệu và chạy mô phỏng nhận dạng biển số xe máy trên máy tính bằng phân mềm, chưa có mô hình thực tế.

Việc có nhiều biển số xe với định dạng và độ sáng khác nhau gây khó khăn cho việc nhận dạng. Do quá trình nhận dạng dựa vào phương pháp xử lý ảnh và trích xuất biển số từ ảnh chụp nên độ sáng khác nhau làm tăng độ phức tạp trong quá trình nhận dạng.

Do thời gian thực hiện đề tài không cho phép nên người thực hiện giới hạn các biểu số và điều kiện như sau:

- Biểu số có chữ đen, nền trắng, có 2 hàng, số ký tự là 9.
- Biểu số phải còn nguyên vẹn, không bị troc sơn hay ri sét, không bị che khuất.
- Góc nghiêng của biểu số không qua 45 so với phương ngang.
- Hình chụp biểu số không bị mờ, ký tự biểu số còn phân biệt, nhận dạng được bằng trực quan.
- Không bị nhiễu bởi ánh sáng làm ảnh chụp bị chói.

1.5 Ý nghĩa và tầm quan trọng

Như vậy, chuyển đổi số không chỉ mang ý nghĩa ứng dụng công nghệ mà còn là sự thay đổi về tư duy quản lý và cách thức tổ chức hoạt động. Đây là một quá trình lâu dài, liên tục, đòi hỏi sự tham gia đồng bộ từ con người, công nghệ đến quy trình vận hành.

Trong bối cảnh toàn cầu, chuyển đổi số đã và đang trở thành xu thế tất yếu, đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh của quốc gia, doanh nghiệp và chất lượng dịch vụ công.

Tại Việt Nam, Chính phủ đã ban hành nhiều chương trình, chiến lược quốc gia về chuyển đổi số, nhấn mạnh ba trụ cột chính:

- Chính phủ số
- Kinh tế số
- Xã hội số

Qua đó, khẳng định tầm quan trọng của chuyển đổi số đối với sự phát triển bền vững.

Chương 2

TỔNG QUAN VỀ LÝ THUYẾT VÀ HỆ THỐNG TRONG CHUYỂN ĐỔI SỐ

2.1 Khái niệm chuyển đổi số

Chuyển đổi số (Digital Transformation) là quá trình ứng dụng công nghệ số vào mọi lĩnh vực của đời sống, kinh doanh, và quản lý. Nó không chỉ là việc số hóa dữ liệu, mà còn thay đổi cách thức tổ chức hoạt động, mô hình kinh doanh, và mang lại giá trị mới.

Ví dụ đơn giản:

- Trước đây: đi làm thủ tục hành chính phải xếp hàng, nộp giấy tờ trực tiếp.
- Sau chuyển đổi số: có thể đăng ký dịch vụ công trực tuyến, ký số, thanh toán online → nhanh hơn, tiết kiệm thời gian, minh bạch hơn.
- Trong doanh nghiệp:
 - Trước: bán hàng chỉ tại cửa hàng, ghi sổ tay.
 - Sau: bán hàng qua website/app, quản lý bằng phần mềm, phân tích dữ liệu khách hàng để đưa ra khuyến mãi chính xác.
- Khác biệt với “Số hóa”:
 - Số hóa (Digitization): chỉ là chuyển dữ liệu giấy sang file điện tử (PDF, Excel).
 - Chuyển đổi số: là thay đổi cách làm việc, đưa công nghệ vào toàn bộ hoạt động (quản lý, sản xuất, kinh doanh, chăm sóc khách hàng...).

2.2 Các trụ cột của Chuyển đổi số

Chuyển đổi số được xây dựng dựa trên ba trụ cột chính:

- Chính phủ số: Ứng dụng công nghệ để hiện đại hóa hoạt động quản lý nhà nước, tăng tính minh bạch và phục vụ người dân tốt hơn.
- Kinh tế số: Sử dụng công nghệ để tạo ra các sản phẩm, dịch vụ và mô hình kinh doanh mới.
- Xã hội số: Thúc đẩy sự phát triển của cộng đồng thông minh, nơi mọi người được hưởng lợi từ tiện ích số trong học tập, y tế, giao thông và đời sống hằng ngày.

2.3 Mục tiêu của chuyển đổi số trong lĩnh vực giáo dục và ngôn ngữ

Vai trò trong giáo dục

- Hỗ trợ dạy và học hiệu quả: Công cụ số giúp sinh viên, học sinh viết đúng chính tả, từ đó nâng cao chất lượng bài tập, báo cáo, luận văn.
- Giảm tải cho giảng viên: Thay vì phải sửa lỗi chính tả thủ công, giảng viên có thể tập trung vào nội dung, tư duy và cách trình bày.
- Cá nhân hóa việc học: Người học dễ dàng nhận diện lỗi chính tả phổ biến của bản thân, từ đó cải thiện kỹ năng viết tiếng Việt.

Vai trò trong xử lý ngôn ngữ

- Tự động hóa công việc: Các thuật toán giúp phát hiện và gợi ý từ đúng nhanh chóng.
- Đảm bảo chuẩn ngôn ngữ: Văn bản học thuật, hành chính hay truyền thông đều yêu cầu chính tả chính xác.
- Tích hợp đa nền tảng: Công cụ kiểm tra lỗi có thể nhúng vào hệ thống quản lý học tập, ứng dụng chat, trình soạn thảo văn bản, hoặc website.

2.4 Liên hệ giữa chuyển đổi số và đề tài

Vai trò của chuyển đổi số trong lĩnh vực giao thông:

- Chuyển đổi số không chỉ giới hạn trong hành chính, giáo dục hay y tế mà còn có tác động mạnh mẽ đến giao thông vận tải. Việc quản lý phương tiện, điều hành giao thông và thu

phí đường bộ vốn dĩ phức tạp, tốn nhiều nhân lực, dễ xảy ra sai sót và gian lận.

- Ứng dụng công nghệ số giúp tự động hóa các khâu, minh bạch quy trình, tiết kiệm thời gian cho người dân và nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước. Đặc biệt, việc sử dụng AI nhận diện biển số xe và thu phí không dừng là một minh chứng rõ ràng cho vai trò của chuyển đổi số trong hạ tầng giao thông thông minh (Smart Transportation).

Liên hệ trực tiếp giữa chuyển đổi số và đề tài:

•

2.5 Lợi ích của Chuyển đổi số

Lợi ích mang lại của chuyển đổi số rất đa dạng:

- - Đối với doanh nghiệp: tối ưu quy trình, tăng năng suất lao động, mở rộng thị trường, nâng cao trải nghiệm khách hàng.
- Đối với chính phủ: quản lý hiệu quả hơn, giảm chi phí hành chính, nâng cao mức độ hài lòng của người dân.
- Đối với xã hội: tạo cơ hội tiếp cận bình đẳng, thúc đẩy sáng tạo, hỗ trợ giáo dục và chăm sóc sức khỏe từ xa.

- Một số khái niệm cơ bản:

a) Ứng dụng công nghệ số

- Đề tài sử dụng AI (Trí tuệ nhân tạo) để xử lý hình ảnh, giúp nhận diện biển số xe chính xác và nhanh chóng.
- Hệ thống được kết nối với cơ sở dữ liệu tập trung để kiểm tra thông tin phương tiện, tài khoản thanh toán của chủ xe.
- Đây chính là biểu hiện rõ rệt của chuyển đổi số: thay đổi cách thức vận hành truyền thống sang quy trình số hóa, hiện đại và tự động.

b) Thúc đẩy kinh tế số

- Khi áp dụng thu phí không dừng, tiền được thanh toán qua ví điện tử, ngân hàng số, tài khoản giao thông → khuyến khích giao dịch không tiền mặt.
- Góp phần mở rộng hệ sinh thái thanh toán số, thúc đẩy kinh tế số phát triển.

c) Chính phủ số – Minh bạch, hiệu quả

- Dữ liệu xe ra vào trạm được lưu trữ và đồng bộ, hạn chế gian lận trong thu phí.
- Cơ quan quản lý có thể giám sát trực tuyến, phân tích dữ liệu giao thông theo thời gian thực.
- Đây là bước đi quan trọng trong việc xây dựng Chính phủ số trong lĩnh vực giao thông vận tải.

2.6 Lợi ích cụ thể khi gắn với chuyển đổi số

- Tốc độ: Nhận diện biển số xe và trừ phí chỉ mất vài giây.
- Chính xác: Giảm sai sót so với ghi chép thủ công.
- Tiết kiệm: Cắt giảm nhân sự trực tiếp tại trạm, tiết kiệm chi phí vận hành.
- Phân tích dữ liệu lớn: Thông tin lưu lượng xe qua trạm, tần suất sử dụng đường, mức tiêu thụ nhiên liệu... có thể được dùng cho quy hoạch giao thông.

2.7 Thách thức và yêu cầu trong chuyển đổi số

Dù có nhiều lợi ích, để đề tài này phát huy tối đa hiệu quả trong quá trình chuyển đổi số, cần giải quyết một số thách thức:

- Hạ tầng công nghệ: Hệ thống camera, máy chủ, đường truyền dữ liệu phải đồng bộ và có độ tin cậy cao.
- Nhận thức người dân: Người dùng cần quen với hình thức thanh toán không tiền mặt, cài đặt và nạp tiền vào tài khoản giao thông.
- Pháp lý: Hoàn thiện khung pháp lý về sử dụng AI, chia sẻ dữ liệu, và quy định xử phạt vi phạm liên quan đến thu phí không dừng.

2.8 Thách thức và Hạn chế trong Quá trình Triển khai

Mặc dù hệ thống AI nhận diện biển số xe và thu phí không dừng là một bước tiến quan trọng trong tiến trình chuyển đổi số ngành giao thông, quá trình triển khai vẫn đối mặt với nhiều thách thức và hạn chế sau:

2.8.1 Về Hạ tầng Kỹ thuật

- a) Chất lượng camera và thiết bị nhận diện:

- Camera lắp đặt tại các trạm thu phí cần có độ phân giải cao, khả năng hoạt động trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt (mưa, nắng, sương mù). Nếu chất lượng không đảm bảo, hệ thống sẽ dễ nhận diện sai biển số.

b) Đường truyền dữ liệu:

- Hệ thống yêu cầu tốc độ truyền tải dữ liệu nhanh, ổn định để xử lý thời gian thực. Tuy nhiên, tại nhiều khu vực xa trung tâm, hạ tầng viễn thông chưa đồng bộ, dẫn đến gián đoạn.

c) Tích hợp đồng bộ hệ thống:

- Các trạm BOT do nhiều nhà đầu tư khác nhau quản lý. Việc tích hợp chung một hệ thống quốc gia còn gặp khó khăn về chuẩn dữ liệu, giao thức truyền thông, và khả năng liên thông.

2.8.2 Về Công nghệ AI

a) Sai số trong nhận diện:

- Biển số xe ở Việt Nam có nhiều loại (màu sắc, phong chữ, ký hiệu đặc thù). Ngoài ra, bụi bẩn, va đập hoặc thay đổi góc chụp có thể gây nhầm lẫn trong quá trình nhận diện.

b) Khả năng xử lý thời gian thực:

- Khi mật độ xe cao, hệ thống phải nhận diện và xử lý trong vài giây. Nếu thuật toán chưa tối ưu, dễ gây nghẽn hệ thống hoặc lỗi ghi nhận sai.

c) Cập nhật công nghệ liên tục:

- AI cần được huấn luyện thường xuyên với tập dữ liệu mới (biển số mới, tình huống thực tế). Nếu không, độ chính xác sẽ suy giảm.

2.8.3 Về An ninh và Bảo mật

a) Rủi ro lộ lọt thông tin:

- Hệ thống lưu trữ dữ liệu phương tiện, biển số, tài khoản thanh toán – đây là dữ liệu nhạy cảm. Nếu bảo mật kém, có thể dẫn đến mất an toàn thông tin.

b) Tấn công mạng:

- Các hệ thống thu phí có nguy cơ bị tấn công từ chối dịch vụ (DDoS), giả mạo biển số, hoặc can thiệp vào dữ liệu để gian lận.

2.8.4 Về Môi trường Triển khai

a) Điều kiện thời tiết phức tạp:

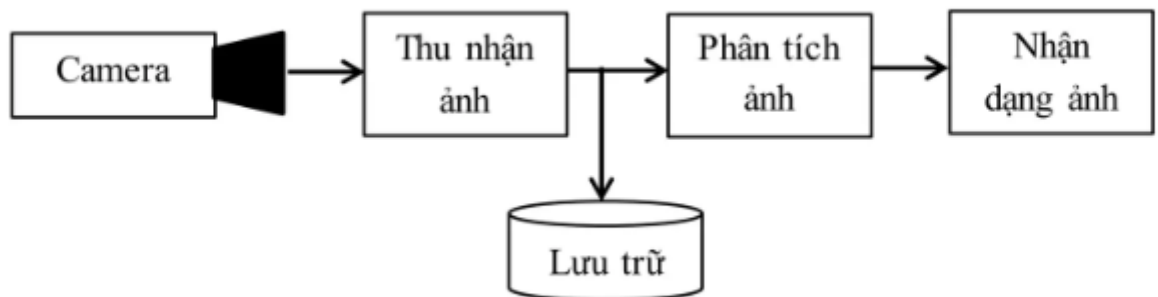
- Ở Việt Nam, thời tiết thay đổi liên tục (nắng gắt, mưa lớn, sương mù, bụi bẩn) làm giảm hiệu quả nhận diện của camera.

b) Lưu lượng giao thông quá tải:

- Vào giờ cao điểm, ngày lễ tết, lượng phương tiện tăng đột biến, hệ thống phải xử lý khối lượng dữ liệu lớn. Nếu không có phương án dự phòng, dễ dẫn đến tắc nghẽn.

2.9 Tổng quan về xử lý ảnh

Ngày nay kỹ thuật xử lý ảnh đã được ứng dụng rộng rãi ở rất nhiều lĩnh vực, trong sản xuất cũng như trong đời sống. Ví dụ các hệ thống xử lý ảnh vệ tinh để phân tích không gian vụ trụ, hệ thống thăm dò địa chất, hệ thống phân tích tế bào sinh học và gần gũi nhất với chúng ta là các phần mềm hiển thị và xử lý ảnh chuyên dụng như Photoshop, ACD See... Một hệ thống xử lý ảnh là hệ thống thực hiện các chức năng thu nhận ảnh đầu vào, thực hiện phép xử lý để tạo ảnh hoặc kết quả phân tích, nhận dạng ở đầu ra đáp ứng các yêu cầu và các ứng dụng cụ thể. Trong phạm vi đề án, Em xin giới hạn trong việc giới thiệu một hệ thống xử lý ảnh ứng dụng nhận dạng và ra quyết định trên thực tế.



Hình 2.1: Sơ đồ tổng quát một hệ thống xử lý ảnh.

Sơ đồ khối tổng quát của hệ thống này được thể hiện trong hình 2.1, trong đó gồm ba khối chức năng cơ bản:

- Khối thu nhận ảnh: thực hiện chức năng thu nhận ảnh và thực hiện quá trình số hóa (lưu giữ theo định dạng yêu cầu).
- Khối phân tích ảnh: trước hết hệ thống tiến hành bước tiền xử lý ảnh với mục đích tăng cường, cải thiện chất lượng ảnh, làm nổi các đặc trưng cơ bản của ảnh hay làm cho ảnh gần

giống nhất với trạng thái gốc. Sau đó, là qua trình phân tích ảnh và trích chọn đặc trưng của ảnh ví dụ như biên, điểm gấp khúc, điểm kết thúc, điểm chur thập. . .

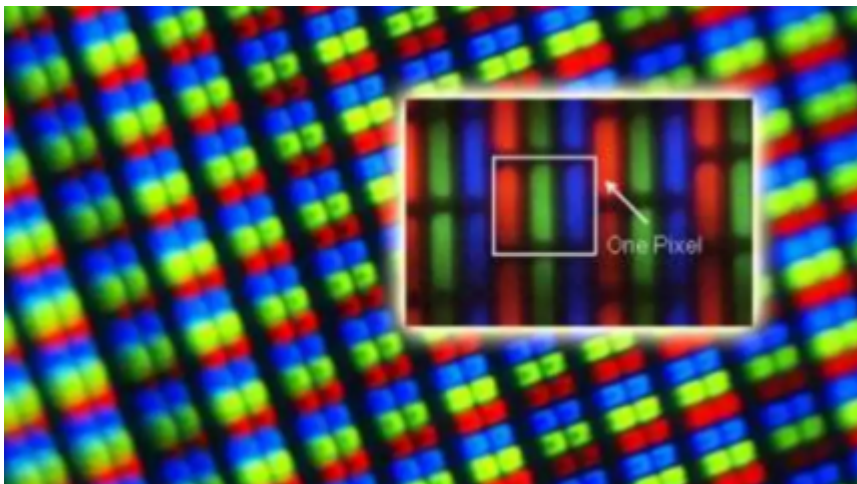
- Khôi nhận dạng: dựa vào các đặc trưng đa thu nhận từ quá trình phân tích ảnh trước đó thực hiện quá trình nhận dạng, đưa ra các quyết định ứng với các ứng dụng cụ thể.

2.9.1 Một số khái niệm và các vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh

- a) Ảnh trong thực tế là một ảnh liên tục về không gian và giá trị độ sáng. Để có thể xử lý ảnh bằng máy tính cần thiết phải số hóa ảnh. Trong quá trình số hóa, người ta biến đổi tín hiệu liên tục sang tín hiệu rời rạc thông qua quá trình lấy mẫu (rời rạc hóa về không gian) và lượng hóa thành phân giá trị. Trong quá trình này người ta sử dụng khái niệm Pixel để biểu diễn các phân tử của bức ảnh.

Ở đây, cần phân biệt khái niệm pixel hay đề cập đến trong các hệ thống đồ họa máy tính. Để tránh nhầm lẫn ta tạm thời gọi khái niệm pixel này là pixel thiết bị.

Khái niệm pixel thiết bị có thể xem xét như sau: khi ta quan sát màn hình (trong chế độ đồ họa), màn hình không liên tục mà gồm nhiều điểm nhỏ, gọi là pixel. Mỗi pixel bao gồm một cặp tọa độ x, y và màu. Cặp tọa độ x, y tạo nên độ phân giải (resolution). Như màn hình máy tính có nhiều độ phân giải khác nhau, hiện tại phổ biến là màn hình VGA có độ phân giải 640x480 hay XSGA độ phân giải 1024x768.



Hình 2.2: Hình ảnh thể hiện một điểm ảnh.

- b) Ảnh màu (Color Image):

Ảnh màu chứa thông tin màu cho mỗi phân tử ảnh. Thông thường giá trị màu này dựa trên các không gian màu (color space) trong đó không gian màu thường được dùng là RGB tương ứng với ba kênh màu đỏ (Red) – xanh lá cây (Green) – xanh da trời (Blue). Tùy thuộc vào số bit, được sử dụng để lưu trữ màu ta có số lượng màu khác nhau, ví dụ 8 bit,

16 bit, 24 bit (True Color). Nếu ta sử dụng nhỏ hơn 24 bit để lưu trữ màu thì ta phải có 1 bảng Palette màu, no tương tự như một bảng Lookup Table cho phép ánh xạ giữa một vị trí trong bảng với một tổ hợp của không gian màu RGB. Ví dụ như sử dụng 8 bit tương ứng với 256 màu thì ta phải có bảng ánh xạ 256 màu do tương ứng với 256 tổ hợp Red – Green – Blue.



Hình 2.3: Ảnh màu RGB.

- c) Mức xám của ảnh: Mức xám (Gray level) là kết quả của sự pha trộn tương ứng một cường độ sáng của mỗi điểm ảnh với một giá trị số - kết quả của quá trình lượng tử hóa. Ảnh đa mức xám là ảnh có sự chuyển dần mức xám từ trắng sang đen. Thực tế, một giá trị mức xám chính là sự tổ hợp của ba giá trị RGB (Red- Green – Blue). Thông thường mỗi điểm ảnh trong bức ảnh đa mức xám thường được mã hóa 8 bit, tương ứng với 256 mức xám.



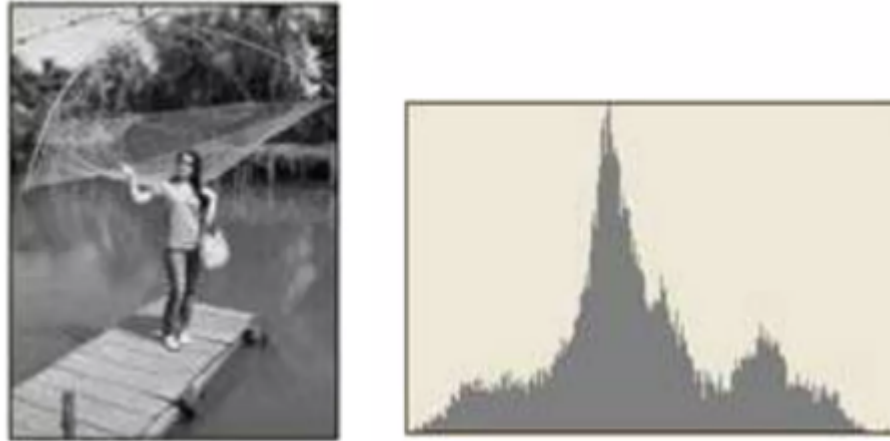
Hình 2.4: Hình ảnh được chuyển sang mức xám.

- d) Ảnh nhị phân:

Ảnh nhị phân chỉ có 2 mức đen trắng phân biệt tức là dùng 1 bit mô tả 21 mức khác nhau. Nói cách khác: mỗi điểm ảnh của ảnh nhị phân chỉ có thể là 0 hoặc 1.

- e) Lược đồ mức xám: Lược đồ này đơn giản cho ta biết tần suất xuất hiện của mỗi điểm ảnh (pixel) trong một bức ảnh ứng với mức xám tương ứng. Ví dụ, một ảnh đa mức xám sử

dụng 8 bit, có 256 mức xám từ 0 tới 255. Lược đồ mức xám sẽ có trục hoành chạy từ 0 tới 255 và trục tung chính là tổng số điểm ảnh có mức xám tương ứng. Biểu đồ này tuy đơn giản nhưng có nhiều ứng dụng trong các bài toán gian độ tương phản và phân ngưỡng ảnh (biến từ ảnh mức xám sang ảnh nhị phân).



Hình 2.5: Lược đồ mức xám của ảnh xám tương ứng.

2.9.2 Biểu diễn ảnh

Trong biểu diễn ảnh, người ta thường dùng các phân tử đặc trưng của ảnh là pixel. Nhìn chung có thể xem một hàm hai biến chứa thông tin như biểu diễn một ảnh. Các mô hình biểu diễn ảnh cho ta một mô tả logic hay định lượng các tính chất của hàm này. Trong biểu diễn ảnh cần chú ý tới đặc tính trung thực của ảnh hoặc các tiêu chuẩn “thông minh” để đo chất lượng của ảnh hoặc tính hiệu quả của các kỹ thuật xử lý.

Một số mô hình thường được dùng để biểu diễn ảnh như: mô hình toán học, mô hình thống kê, v.v.... Trong mô hình toán học, ảnh hai chiều biểu diễn như các hàm hai biến trực giao gọi là hàm cơ sở. Với mô hình thống kê, một ảnh được coi như một phân tử của một tập hợp đặc trưng bởi các đại lượng như: kỳ vọng toán học, hiệp biến, phương sai và mômen.

2.9.3 Tăng cường ảnh - Khôi phục ảnh

Tăng cường ảnh là bước quan trọng, tạo tiền đề cho xử lý ảnh. Nó gồm một loạt các kỹ thuật như: lọc độ tương phản, khử nhiễu, nổi màu... Khôi phục ảnh nhằm loại bỏ các suy giảm trong ảnh.

2.9.4 Biến đổi ảnh

Trong xử lý ảnh do số điểm ảnh lớn các tính toán nhiều (độ phức tạp tính toán cao) đòi hỏi dung lượng bộ nhớ lớn, thời gian tính toán lâu. Các phương pháp khoa học kinh điển áp dụng

cho xử lý ảnh hầu hết khó khả thi. Người ta sử dụng các phép toán tương đương hoặc biến đổi sang miền xử lý khác để dễ tính toán.

Sau khi xử lý dễ dàng hơn được thực hiện, dùng biến đổi ngược để đưa về miền xác định ban đầu, các biến đổi thường gặp trong xử lý ảnh gồm:

- Biến đổi Fourier, Cosin, Sin
- Biến đổi (mô tả) ảnh bằng tích chập, tích Kronecker
- Các biến đổi khác như KL (Karhunen Loeve), Hadamard

2.9.5 Phân tích ảnh

Phân tích ảnh liên quan đến việc xác định các độ đo định lượng của ảnh để đưa ra một mô tả đầy đủ về ảnh. Một số kỹ thuật hay dùng là dò biên, dán nhãn vùng liên thông, phân vùng ảnh...

2.9.6 Nhận dạng ảnh

Nhận dạng là quá trình liên quan đến các mô tả đối tượng mà người ta muốn đặc tả nó. Quá trình nhận dạng thường đi sau quá trình trích chọn các đặc tính chủ yếu của đối tượng.

Có hai kiểu mô tả đối tượng:

- Mô tả tham số (Nhận dạng theo tham số)
- Mô tả theo cấu trúc (Nhận dạng theo cấu trúc)

Trên thực tế, người ta đã áp dụng kỹ thuật này để nhận dạng khá thành công nhiều đối tượng khác nhau như: nhận dạng vân tay, nhận dạng chữ (chữ cái, chữ số có dấu...).

2.10 Thu nhận ảnh

2.10.1 Các thiết bị thu nhận ảnh

Hai thành phần cho công đoạn này là linh kiện nhạy với phổ năng lượng điện từ trường, loại thứ nhất tạo tín hiệu điện ở đầu ra tỷ lệ với mức năng lượng mà bộ cảm biến (đại diện là camera); loại thứ hai là bộ số hoá.

2.10.2 Bộ cảm biến ảnh

Máy chụp ảnh, camera có thể ghi lại hình ảnh (phim trong máy chụp, vidicon trong camera truyền hình). Có nhiều loại máy cảm biến (Sensor) làm việc với ánh sáng nhìn thấy và hồng

ngoại như: Micro Densitometers, Image Dissector, Camera Divicon, linh kiện quang điện bằng bán dẫn. Các loại cảm biến bằng chụp ảnh phải số hoá là phim âm bản hoặc chụp ảnh. Camera divicon và linh kiện bán dẫn quang điện có thể cho ảnh ghi trên băng từ có thể số hoá. Trong Micro Densitometer phim và ảnh chụp được gắn trên mặt phẳng hoặc cuộn quang trống. Việc quét ảnh thông qua tia sáng (ví dụ tia Laser) trên ảnh đồng thời dịch chuyển mặt phim hoặc quang trống tương đối theo tia sáng. Trường hợp dùng phim, tia sáng đi qua phim.

2.11 KIẾN TRÚC HỆ THỐNG

2.11.1 Phân tích bài toán

Tự động nhận diện biển số xe Việt Nam từ ảnh/video/camera, chuẩn hoá về định dạng hợp lệ, sau đó tính phí qua trạm dựa trên loại xe/trọng lượng/quãng đường. Hệ thống cần có UI web để vận hành, API cho tích hợp, và để lưu lịch sử/hoá đơn/thống kê.

- Vậy mục tiêu cụ thể:

- Nhận diện chính xác biển số (text) trên ảnh/video, thời gian phản hồi chấp nhận được trên CPU hoặc GPU.
- Chuẩn hoá chuỗi OCR về định dạng VN.
- Lưu dữ liệu trong SQLAlchemy để tra cứu và thống kê theo ngày.
- Áp dụng quy tắc tính phí theo loại xe/trọng lượng/quãng đường; sinh biên lai và lưu giao dịch.

2.11.2 Mục tiêu tổng quát

Đề tài hướng đến việc nghiên cứu và phát triển một hệ thống hữu ích về tự động nhận diện biển số xe từ ảnh/video/camera và tính phí qua trạm (ETC mô phỏng).

- Do đó hệ thống của bọn em cũng đã đạt được một số yêu cầu cụ thể sau:

- Xây dựng hệ thống mẫu end-to-end nhận diện biển số Việt Nam từ ảnh/video/camera, tính phí tự động, sinh biên lai và lưu lịch sử, vận hành qua giao diện web.
- Độ chính xác và chuẩn hoá: nhận diện đúng ký tự và chuẩn hoá về định dạng VN (NN[A-Z]-XXX.XX); mục tiêu độ chính xác trên ảnh rõ đạt 85–90%, tỉ lệ chuẩn hoá hợp lệ 95
- Hiệu năng trên CPU: thời gian xử lý một ảnh 0.8s (p50), video 720p 10–30s xử lý trong 20–30s; phản hồi UI (không tính OCR) < 1s.

- Tin cậy và ổn định: kiểm soát kích thước/định dạng upload, xử lý lỗi base64/giải mã ảnh, fallback khi OCR khó; không làm gián đoạn dịch vụ.
- An toàn và riêng tư: giới hạn loại file, kích thước (100MB), tùy chọn HTTPS khi cần; bảo vệ dữ liệu biển số (PII), không lưu ảnh gốc trừ khi phục vụ kiểm thử.
- Quản lý dữ liệu và nghiệp vụ: lưu giao dịch thu phí, biên lai, thống kê ngày; quy tắc tính phí rõ ràng theo loại xe/trọng lượng/quãng đường, dễ kiểm tra và truy vết.
- Mở rộng trong tương lai: kiến trúc module hoá (thay OCR/Model dễ dàng, hỗ trợ GPU), mở rộng nhiều camera, bảng giá linh hoạt, phân quyền người dùng, dashboard nâng cao.

2.12 Triển khai và thử nghiệm

2.12.1 Phân tích mã nguồn

Mã nguồn tách thành các module chính:

- Web/UI (Flask): Định tuyến trang (/detection, /toll_system, /statistics) và REST API (/api/detect_plate, /api/detect_plate_video, /api/process_toll, ...).
- Detector (EasyOCR + OpenCV): giải mã ảnh/video, resize, OCR, chuẩn hoá biển số VN
- Toll System: quy tắc tính phí theo loại xe/trọng lượng/quãng đường, sinh biên lai, lưu lịch sử.
- Database (SQLAlchemy): mô hình hoá dữ liệu (xe, giao dịch, biên lai), truy vấn thống kê ngày.
- I/O Uploads: kiểm soát định dạng (jpg/png/gif/mp4/...) và kích thước (100MB), lưu file tạm, dọn dẹp.

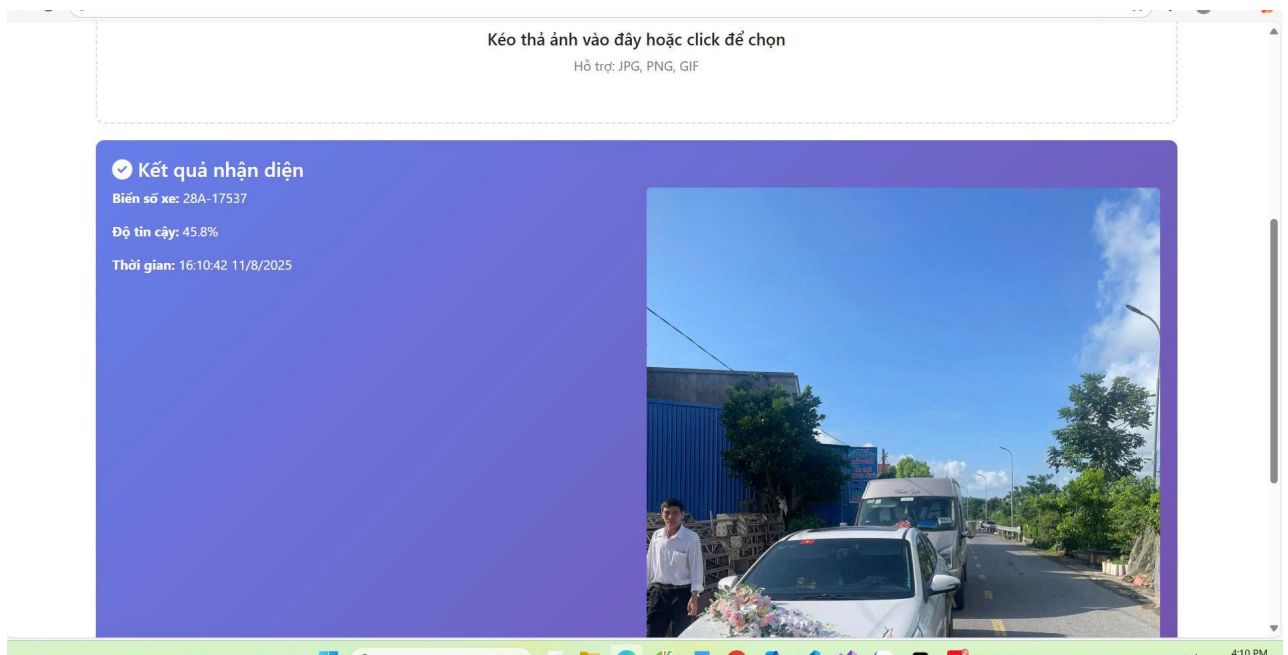
2.12.2 Thử nghiệm

- Các loại thử nghiệm tiến hành:

- Chức năng: ảnh đơn, video ngắn; các API (ảnh/video/tính phí); chuẩn hoá biển số.
- Hiệu năng: thời gian xử lý ảnh (CPU), tổng thời gian video 10–30s.
- Độ bền/robustness: ảnh tối/nhòe/lóa, thiếu dấu trong OCR, base64 hỏng.
- Khả dụng: thống kê theo ngày, lưu/đọc lịch sử giao dịch.

2.12.3 Kết quả đánh giá

- Độ chính xác nhận dạng (ảnh rõ ban ngày): 85–90% biển số hợp lệ theo regex VN (thử nghiệm nội bộ).
- Độ trễ trung bình (CPU): ảnh 0.6–0.8s/tấm; video 720p 10–30s xử lý 15–25s.
- Khả năng chịu lỗi: ảnh lớn tự resize (1024px); OCR thiếu dấu vẫn chuẩn hoá được; base64 lỗi trả 400, không làm sập dịch vụ.
- An toàn đầu vào: 100% thử nghiệm upload sai đuôi/oversize bị chặn; file tạm được xoá sau xử lý.



Hình 2.6: Kết quả thử nghiệm.

Chương 3

Kết luận và hướng phát triển

3.1 Phân tích hiệu quả

Việc triển khai hệ thống AI nhận diện biển số xe và thu phí không dừng đem lại nhiều giá trị thực tiễn, đồng thời cho phép sinh viên đánh giá được hiệu quả của các thuật toán, mô hình AI được áp dụng. Phân tích hiệu quả sẽ giúp xác định điểm mạnh, điểm yếu của hệ thống hiện tại và từ đó đề xuất những cải tiến trong tương lai.

- Không chỉ mô tả thuật toán mà còn phân tích hiệu quả trên các khía cạnh: độ chính xác, tốc độ xử lý, khả năng triển khai thực tế, tính ổn định, chi phí vận hành, tính minh bạch, trải nghiệm người dùng.
- So sánh giữa các mô hình AI (YOLO, SSD, Faster R-CNN, CRNN, Tesseract...) để thấy rõ vì sao nhóm chọn giải pháp.
- Đưa ra số liệu tham khảo (ví dụ: YOLOv5 đạt mAP 90% trên COCO, tốc độ 30–45 FPS, trong khi Faster R-CNN chính xác hơn nhưng chậm).
- Đánh giá hiệu quả thực tiễn: giảm ùn tắc, tiết kiệm chi phí nhân công, tăng tính minh bạch tài chính, thúc đẩy thanh toán không tiền mặt.
- Phân tích theo khía cạnh sinh viên nghiên cứu: học được gì, hạn chế khi làm thí nghiệm, khó khăn khi thu thập dữ liệu, kinh nghiệm triển khai mô hình.

3.1.1 Phân tích và nhận xét đặc điểm của các thuật toán sử dụng

Trong đề tài đã ứng dụng nhiều thuật toán xử lý ảnh và trí tuệ nhân tạo (AI) để thực hiện hai nhiệm vụ chính: (1) phát hiện biển số xe trên ảnh/video, và (2) nhận diện ký tự trên biển số. Mỗi thuật toán đều có đặc điểm, ưu điểm và hạn chế riêng, khi kết hợp mới tạo thành một hệ thống

hoàn chỉnh.

a) Các thuật toán phát hiện biển số xe:

- YOLO (You Only Look Once):

Đây là thuật toán được lựa chọn vì khả năng xử lý thời gian thực, phù hợp với yêu cầu của hệ thống thu phí không dừng. YOLO có khả năng phát hiện đối tượng trong một lần suy luận duy nhất, giúp giảm thiểu độ trễ.

- Ưu điểm: tốc độ nhanh, phù hợp triển khai trên hệ thống camera giám sát liên tục.
- Hạn chế: độ chính xác có thể giảm khi biển số bị nghiêng, mờ hoặc quá nhỏ so với kích thước khung hình.

- SSD (Single Shot Detector) và Faster R-CNN:

Các mô hình này có độ chính xác cao hơn YOLO trong một số trường hợp, nhưng tốc độ xử lý chậm hơn, do đó ít phù hợp với tình huống yêu cầu xử lý trực tuyến.

Trong quá trình thực hiện đề tài, nhóm chúng em đã tìm hiểu và triển khai một số thuật toán, mô hình AI trong xử lý ảnh và nhận diện ký tự quang học (OCR). Mỗi thuật toán đều có ưu điểm và hạn chế riêng:

a) Thuật toán phát hiện vật thể:

- Ưu điểm: tốc độ xử lý nhanh, phát hiện được biển số xe trong nhiều điều kiện ánh sáng và góc chụp. YOLO đặc biệt nổi bật vì khả năng xử lý thời gian thực.
- Hạn chế: khi biển số bị che khuất, bám bụi hoặc bị lóa sáng thì độ chính xác giảm.

b) Thuật toán nhận dạng ký tự:

- Ưu điểm: nhận diện được chuỗi ký tự đa dạng, hỗ trợ nhiều loại phong chữ.
- Hạn chế: với biển số mờ, phong chữ đặc biệt hoặc khi ký tự bị méo, thuật toán dễ nhận nhầm.

c) Mạng học sâu:

- Ưu điểm: tăng cường khả năng nhận dạng trong trường hợp dữ liệu phức tạp, mô hình học được đặc trưng hình dạng ký tự.
- Hạn chế: cần lượng dữ liệu huấn luyện lớn, chi phí tính toán cao, yêu cầu GPU để đạt hiệu năng tốt.

Hệ thống ứng dụng sự kết hợp giữa YOLO để phát hiện và CRNN/OCR để nhận diện ký tự

đã cho kết quả khả quan, đạt độ chính xác từ 85–90% trong điều kiện chuẩn. Tuy nhiên, ở môi trường thực tế, hiệu quả giảm đáng kể do ảnh hưởng của ánh sáng, tốc độ xe, bụi bẩn hoặc biển số bị biến dạng. Điều này phản ánh rằng AI tuy mạnh mẽ, nhưng vẫn cần huấn luyện và tối ưu hóa thường xuyên để đáp ứng thực tiễn phức tạp.

3.1.2 Đề xuất cải tiến

Để nâng cao chất lượng hệ thống trong tương lai, nhóm đề xuất một số hướng cải tiến như sau:

a) Nâng cao tập dữ liệu huấn luyện:

- Thu thập thêm dữ liệu biển số trong nhiều điều kiện khác nhau: trời tối, mưa, nhiều loại xe, nhiều kiểu font biển số.
- Áp dụng kỹ thuật Data Augmentation (xoay, làm mờ, tăng giảm sáng) để tăng độ đa dạng dữ liệu.

b) Tối ưu mô hình AI:

- Sử dụng các mô hình mới như YOLOv8, EfficientDet cho phát hiện biển số.
- Kết hợp mô hình CRNN + Attention Mechanism để tăng độ chính xác khi nhận diện ký tự.

c) Cải tiến hiệu năng xử lý:

- Tối ưu hóa mô hình để chạy trên thiết bị biên (Edge Device) thay vì phụ thuộc hoàn toàn vào máy chủ.
- Áp dụng kỹ thuật TensorRT hoặc ONNX Runtime để tăng tốc độ suy luận.

d) Tăng cường bảo mật và tính minh bạch:

- Mã hóa dữ liệu biển số và thông tin tài khoản thanh toán.
- Xây dựng hệ thống giám sát tự động phát hiện gian lận, giả mạo biển số.

e) Phát triển ứng dụng mở rộng:

- Kết hợp với hệ thống giao thông thông minh (ITS) để phân tích lưu lượng xe, dự báo ùn tắc.
- Tích hợp với ứng dụng di động để người dùng tra cứu, nạp tiền, theo dõi lịch sử thanh toán nhanh chóng.

- Mở rộng triển khai tại bãi giữ xe, khu đô thị, sân bay để đồng bộ hóa hệ thống nhận diện biển số.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Văn An, *Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong nhận diện biển số xe*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2021.
2. Trần Thị Mai, *Computer Vision và các ứng dụng trong giao thông thông minh*, Tạp chí Công nghệ Thông tin và Truyền thông, số 3, 2022.
3. Phạm Văn Bình, *AI và hệ thống thu phí không dừng tại Việt Nam*, Tạp chí Giao thông Vận tải, 2021.
4. Đại học Bách Khoa Hà Nội, *Giáo trình Trí tuệ nhân tạo nâng cao*, 2020.
5. Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi, *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016.
6. Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan et al., *SSD: Single Shot MultiBox Detector*, European Conference on Computer Vision (ECCV), 2016.
7. Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun, *Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017.