Đại học Bách Khoa Hà Nội

**Trường Công nghệ thông tin và Truyền thông**

Trịnh Quyết Tiến

**Nghiên cứu đánh giá và tối ưu phương pháp nhận dạng biển số xe tự động trên hệ thống nhúng**

Chuyên ngành: Khoa học máy tính

Mã đề tài : 2021KHDL-E12

Luận văn thạc sĩ

Hà nội tháng 10 năm 2023

**LỜI CẢM ƠN**

**TÓM TẮT**

Phân biệt biển số xe tự động (ALPR - automatic license plate recognition) là một thách thức thu hút sự chú ý của nhiều nhà nghiên cứu do ứng dụng rộng rãi trong thực tế. Nhiều nghiên cứu đã thử nghiệm nhiều phương pháp khác nhau và đã đạt được kết quả ấn tượng, cho phép tích hợp nó vào các ứng dụng cụ thể. Tuy nhiên, tùy thuộc vào bối cảnh ứng dụng, xuất phát từ những yêu cầu cụ thể, đòi hỏi về độ chính xác và khả năng xử lý của hệ thống ALPR có thể biến đổi. Chẳng hạn, trong trường hợp nhận dạng biển số cho các phương tiện ra vào bãi đỗ xe có điều kiện đơn giản (xe dừng yên trong khung hình, thời gian xử lý không cần quá nhanh), hoặc nhận dạng biển số cho các phương tiện di chuyển trên cao tốc hoặc đường phố để sử dụng trong việc xử lý vi phạm và kiểm soát giao thông, điều này đòi hỏi ngữ cảnh phức tạp hơn (xe di chuyển nhanh, khoảng cách xa). Hơn nữa, sự gia tăng của tính năng xử lý trên thiết bị cuối (edge computing) cũng đã đánh dấu một xu hướng quan trọng trong triển khai hệ thống ALPR, giúp tối ưu hóa hiệu suất và hiệu quả của nó. Với sự phát triển này, việc lựa chọn phương pháp nhận dạng biển số xe đúng để phù hợp với các tình huống ứng dụng cụ thể đã trở nên càng quan trọng hơn. Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá các phương pháp nhận dạng biển số xe và mục tiêu cuối cùng là tối ưu hóa chúng để triển khai trên hệ thống nhúng.

Các phương pháp nhận dạng biển số xe thực hiện tùy thuộc vào điều kiện ngữ cảnh, và các yếu tố như tốc độ cao của phương tiện, khoảng cách xa, hoặc hình ảnh không rõ gây khó khăn cho việc xác định và nhận dạng biển số. Điều này có thể dẫn đến sự giảm sút độ chính xác và yêu cầu việc liên tục đánh giá, cải tiến để phù hợp với các ứng dụng cụ thể. Triển khai xử lý nhận dạng biển số xe trên thiết bị nhúng có lợi thế là không cần truyền dữ liệu hình ảnh hoặc video lớn đến máy chủ, giảm bớt gánh nặng xử lý tại máy chủ. Tuy nhiên, thực hiện trên thiết bị nhúng đòi hỏi sự đánh giá kỹ lưỡng về hiệu năng và thời gian xử lý. Để giải quyết các thách thức nêu trên, cần thiết phải thực hiện sự đánh giá cặn kẽ của các phương pháp nhận dạng biển số xe và tối ưu hóa chúng để đáp ứng yêu cầu về hiệu năng và độ chính xác trên hệ thống nhúng. Sử dụng hệ thống edge computing có thể giải quyết nhiều vấn đề bởi vì nó cho phép xử lý dữ liệu tại nguồn mà không cần truyền dữ liệu đến một trung tâm xử lý tập trung ở xa. Kết quả là giảm thiểu độ trễ và tăng tốc độ xử lý, đồng thời giảm tải băng thông mạng và chi phí lưu trữ dữ liệu. Hơn nữa, hệ thống edge computing có khả năng hoạt động độc lập và đảm bảo tính sẵn sàng cao, ngay cả khi kết nối mạng bị gián đoạn. Do đó, việc áp dụng hệ thống edge computing vào bài toán nhận dạng biển số xe sẽ cải thiện hiệu suất và độ tin cậy của hệ thống.

**Lời cam đoan**

**MỤC LỤC**

**Danh mục hình vẽ**

**Danh mục bảng biểu**

**Danh mục từ viết tắt**

**CHƯƠNG 1:** **GIỚI THỆU**

* 1. **Giới thiệu đề tài**

Với sự phát triển nhanh chóng của kinh tế và xã hội, nước ta đang đối mặt với nhiều thách thức phức tạp, trong đó tình trạng giao thông quá tải và hỗn loạn đang là vấn đề nghiêm trọng tại các trung tâm kinh tế lớn của cả nước. Những tác động tiêu cực của vấn đề này đang gây ra những thiệt hại lớn cho nền kinh tế cũng như đời sống xã hội. Để giải quyết vấn đề này, cần có sự nâng cao ý thức và chấp hành giao thông của người dân, đồng thời cần thiết phải tập trung vào việc giám sát và quản lý giao thông.

Trong đó, bài toán nhận diện biển số xe là một trong những bài toán quan trọng để giúp quản lý phương tiện giao thông một cách hiệu quả. Tuy nhiên, để giải quyết bài toán này cần phải áp dụng các công nghệ mới như trí tuệ nhân tạo, học sâu, xử lý ảnh, và có những phương pháp đánh giá và xử lý dữ liệu để đạt được độ chính xác cao. Vì vậy, việc nghiên cứu và giải quyết bài toán này là cực kỳ cần thiết để đóng góp vào giải quyết vấn đề giao thông chung hiện nay.

Vấn đề phát hiện và nhận diện biển số xe là một trong những hướng nghiên cứu đã được quan tâm trong lĩnh vực thị giác máy tính từ lâu. Tuy nhiên, hiện nay với sự phát triển mạnh mẽ của phương pháp học sâu (deep learning), đã mở ra một hướng tiếp cận mới cho vấn đề này. Các mạng nơ-ron trong học sâu như Convolution Neural Networks (CNN), Recurrent Neural Networks (RNN) cùng với các kiến trúc mạng như LeNet, ImageNet, Fast R-CNN, ... đang được phổ biến và được sử dụng trong nhiều ứng dụng thực tế. Đặc biệt, các kết quả đạt được thông qua các cuộc thi và nghiên cứu trong giới học thuật đều rất ấn tượng. Những phương pháp này giúp cho việc phát hiện và nhận diện biển số xe trở nên chính xác hơn, nhanh hơn và hiệu quả hơn. Việc áp dụng phương pháp học sâu này không chỉ giải quyết được bài toán giám sát giao thông tự động mà còn có thể ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác.

Các phương pháp nhận dạng biển số xe có khả năng ứng dụng thực tiễn khác nhau phụ thuộc vào điều kiện ngữ cảnh đòi hỏi. Các yếu tố làm tăng độ phức tạp, như phương tiện di chuyển nhanh, khoảng cách xa, ảnh kém chất lượng, … gây ra khó khăn cho việc phát hiện và nhận dạng biển số, làm giảm độ chính xác, dẫn đến cần phân tích đánh giá, cải tiến để phù hợp với ứng dụng.

Việc đưa các xử lý của tác vụ nhận dạng biển số xe trên thiết bị nhúng giúp không phải truyền nhận giữ liệu hình ảnh, video lớn về server, giảm tải xử lý phía server. Tuy nhiên việc thực hiện trên hệ nhúng đòi hỏi những đánh giá, đáp ứng về hiệu năng, thời gian xử lý.

Với những vấn đề nêu trên, cần có sự đánh giá các phương pháp nhận dạng biển số xe, tối ưu cho phù hợp về hiệu năng, độ chính xác đáp ứng được trên hệ thống nhúng.

Sử dụng hệ thống edge computing có thể cải thiện các yếu tố nêu trên bởi vì nó cho phép xử lý dữ liệu cục bộ tại nguồn phát sinh mà không phải truyền dữ liệu tới một trung tâm xử lý tập trung (centralized processing center) ở xa. Kết quả là giảm thiểu độ trễ và tăng tốc độ xử lý, đồng thời giảm tải băng thông mạng và chi phí lưu trữ dữ liệu. Hơn nữa, hệ thống edge computing có thể hoạt động độc lập và đảm bảo tính sẵn sàng cao, ngay cả khi kết nối mạng bị gián đoạn. Từ đó, việc áp dụng hệ thống edge computing vào bài toán nhận dạng biển số xe sẽ giúp cải thiện hiệu suất và độ tin cậy của hệ thống.

* 1. **Mục tiêu đề tài**

Đề tài luận văn tập trung vào việc đánh giá và cải thiện phương pháp nhận dạng biển số xe tự động trên hệ thống nhúng. Đề tài có 3 mục tiêu chính:

* Nghiên cứu, tìm hiểu các phương pháp nhận dạng biển số xe hiện có.
* Thực nghiệm, đánh giá phương pháp nhận dạng biển số xe với một số tập dữ liệu biển số xe Việt Nam để đưa ra một mô hình nhận dạng biển số xe tối ưu (về hiệu năng, độ chính xác).
* Triển khai đánh giá mô hình nhận dạng trên một thiết bị nhúng (Raspberry Pi 4)
  1. **Ý nghĩa của đề tài**
     1. ***Ý nghĩa thực tiễn***

Phương pháp được đề xuất trong đề tài có thể áp dụng trong nhiều ứng dụng, như giám sát giao thông tự động, bãi giữ xe thông minh, trạm thu phí tự động và nhiều ứng dụng khác. Sử dụng phương pháp này có thể giúp giảm thời gian và công sức của con người, đồng thời giảm tình trạng kẹt xe và tăng sự tiện lợi cho người tham gia giao thông. Một trong những yếu tố quan trọng để đạt được hiệu quả cao của phương pháp là xây dựng được tập dữ liệu chính xác, đa dạng và phù hợp với các điều kiện thực tế tại Việt Nam. Các ứng dụng được phát triển từ phương pháp này sẽ mang lại lợi ích cho cả xã hội và góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân.

* + 1. ***Ý nghĩa khoa học***

Đề tài đóng góp một phương pháp mới trong việc phát hiện và nhận diện biển số xe hiệu quả, với mục tiêu tăng độ chính xác và giải quyết các vấn đề còn tồn tại của các phương pháp đi trước. Nghiên cứu này có thể cung cấp cơ sở cho các nghiên cứu trong nước về sau, đặc biệt là trong lĩnh vực ứng dụng các hệ thống nhúng. Tập dữ liệu chính xác, đa dạng và sát với điều kiện thực tế của nước ta cũng được xem là một đóng góp đáng kể của nghiên cứu này.

* + 1. ***Phạm vi của đề tài***

Trong đề tài, tập dữ liệu được sử dụng để huấn luyện và kiểm tra mô hình chỉ bao gồm các hình ảnh biển số xe được chụp theo phương ngang, không bị che khuất, không bị hư hỏng, tróc sơn, rỉ sét và có độ mờ và độ biến dạng thấp. Vị trí của camera để thu thập hình ảnh là cố định hoặc di động với góc lệch không quá lớn. Hình ảnh có thể bị nhiễu từ thời tiết như mưa, sương mù, vv., nhưng vẫn có thể nhận dạng được đầy đủ các ký tự bằng mắt thường. Trong đề tài, chỉ sử dụng các biển số xe máy và ô tô phổ biến tại Việt Nam, tuân thủ theo Thông tư 24/2023/TT-BCA về kích thước, ký hiệu và bố trí của biển số xe. Các biển số xe của các nước khác sẽ không được xem xét trong đề tài.

* 1. **Phương pháp nghiên cứu**

Đề tài xoay quanh việc nghiên cứu, phát triển hệ thống nhận dạng biển số xe trên các thiết bị nhúng và dựa trên dàn ý sau:

* *Nghiên cứu khảo sát các phương pháp nhận dạng biển số xe*: Trước tiên, Đề tài sẽ tiến hành một khảo sát về các phương pháp đã được phát triển để nhận dạng biển số xe. Điều này bao gồm việc tìm hiểu về các phương pháp truyền thống cũng như các phương pháp hiện đại dựa trên học máy và trí tuệ nhân tạo. Đề tài sẽ xem xét các điểm mạnh và yếu của từng phương pháp, đánh giá khả năng áp dụng của chúng trong các tình huống ứng dụng cụ thể và nắm vững kiến thức về các tiến bộ trong lĩnh vực này.
* *Đề xuất 1 phương pháp tốt nhất để thực nghiệm, đánh giá*: Dựa trên kết quả của khảo sát, đề tài sẽ lựa chọn hoặc đề xuất một phương pháp nhận dạng biển số xe mà được xem xét là tốt nhất cho việc thực nghiệm và đánh giá. Lựa chọn này sẽ dựa trên nhiều yếu tố, bao gồm độ chính xác, hiệu năng xử lý, khả năng tùy chỉnh, và tính ứng dụng trong các tình huống khác nhau. Đề tài cũng sẽ trình bày lý do tại sao phương pháp được chọn hoặc đề xuất được coi là lựa chọn tốt nhất dựa trên mục tiêu của đề tài.
* *Triển khai trên hệ thống nhúng, tối ưu về hiệu năng:* Sau khi chọn được phương pháp, đề tài sẽ tiến hành triển khai nó trên hệ thống nhúng. Điều này bao gồm việc tối ưu hóa phương pháp để đảm bảo hiệu năng tốt nhất trên các thiết bị nhúng có tài nguyên hạn chế. Đề tài sẽ xem xét các yếu tố như tài nguyên xử lý, bộ nhớ, và khả năng tích hợp vào các ứng dụng thực tế. Đồng thời cũng sẽ đánh giá hiệu suất của hệ thống trong việc nhận dạng biển số xe trong các tình huống ngữ cảnh khác nhau, như đã thảo luận trong phần trước.

Tóm lại, đề tài sẽ bao gồm việc nghiên cứu, lựa chọn, và triển khai một phương pháp nhận dạng biển số xe trên hệ thống nhúng, tối ưu hóa nó về hiệu năng để đáp ứng được các yêu cầu của các ứng dụng thực tế.

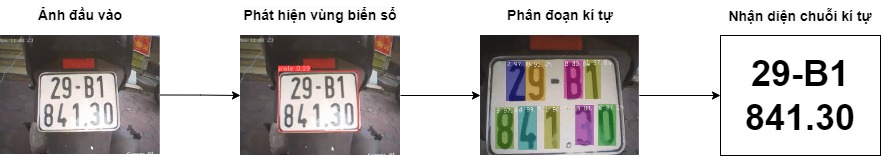
* 1. **Bố cục luận văn**

Báo cáo này gồm 4 chương, trong đó Chương 2 tập trung vào giới thiệu các nghiên cứu liên quan đến bài toán phát hiện và nhận dạng biển số xe, cách xây dựng bộ dữ liệu biển số xe, cùng với các phương pháp giải quyết được áp dụng trong lĩnh vực này, đồng thời cung cấp những kiến thức cơ bản để đặt nền móng cho các mô hình được đề xuất. Chương 3 bao gồm thông tin về các thí nghiệm thực hiện trên hệ thống nhúng, các chỉ tiêu đánh giá và kết quả đánh giá của các phương pháp, đồng thời cũng đưa ra một số nhận xét về hiệu năng của hệ thống. Chương 4 đưa ra kết luận chung của báo cáo và trình bày những hướng phát triển tiềm năng trong tương lai, kèm theo danh sách các tài liệu tham khảo được sử dụng trong đề tài.

**CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP NHẬN DẠNG BIỂN SỐ XE**

* 1. **Khảo sát các phương pháp nhận dạng biển số xe**
     1. ***Mô hình phương pháp nhận dạng biển số xe tổng quát***

Bài toán nhận dạng biển số xe là một trong những bài toán quan trọng trong lĩnh vực nhận diện văn bản ngoại cảnh. Vì vậy, các nghiên cứu liên quan đến hai bài toán này thường có sự tương quan mật thiết. Trong những năm gần đây, bài toán nhận diện biển số xe đã được quan tâm nhiều và có sự phát triển đáng kể. Thông thường, bài toán nhận dạng biển số xe bao gồm một số bước cơ bản như sau:



*Các bước cơ bản của một hệ thống nhận diện biển số xe*

Từ những bước trên, có ba bài toán chính cần được giải quyết trong việc nhận dạng biển số xe: phát hiện vị trí của biển số trên hình, phân đoạn các ký tự trong biển số và nhận diện chuỗi ký tự trên biển số. Dựa trên những nghiên cứu mới đây, đề tài nhận thấy rằng hướng tiếp cận nhận dạng chuỗi ký tự trên biển số mà không phải qua bước phân đoạn ký tự rất tiềm năng, vì có nhiều ưu điểm hơn. Do đó, đề tài tập trung vào khảo sát các công trình liên quan đến phát hiện vị trí của biển số và nhận diện ký tự trên biển số. Ngoài ra, trong số các nghiên cứu gần đây còn đề cập đến việc kết hợp xử lý cả hai quá trình phát hiện và nhận dạng một cách đồng thời, tạo ra một phương pháp tổng thể hiệu quả hơn để giải quyết bài toán này.

Ngoài ra độ chính xác của việc nhận dạng biển số xe còn phụ thuộc đặc điểm của dữ liệu đầu vào, các ảnh biển số xe thu thập từ nhiều tình huống và điều kiện khác nhau. Các đặc điểm quan trọng của dữ liệu bao gồm:

* Tình huống điều kiện qui định: Đây là ảnh chụp trong các điều kiện thông thường như ra vào bãi đỗ xe, ban ngày, ánh sáng tự nhiên tốt.
* Tình huống điều kiện phức tạp: Điều này bao gồm ảnh chụp từ xa, trong điều kiện thiếu sáng, hoặc trong các tình huống khó khăn khác nhau như mưa, tuyết, hay bị che khuất bởi các vật thể khác.

Dữ liệu đa dạng này giúp mô hình trở nên mạnh mẽ và có khả năng nhận dạng biển số xe trong nhiều tình huống thực tế khác nhau.

* + 1. ***Xác định vùng biển số xe trong ảnh***
       1. *Các phương pháp trích xuất đặc trưng thủ công bằng xử lý ảnh*

Trong quá khứ, các phương pháp trích đặc trưng thủ công được sử dụng phổ biến trong việc phân tích ảnh. Những đặc trưng thường được sử dụng bao gồm các đặc trưng cơ bản như góc, cạnh, vân ảnh, màu sắc và mức sáng. Các phương pháp phổ biến để trích xuất các đặc trưng này bao gồm việc nhị phân hóa ảnh, sử dụng thuật toán SIFT, HOG, phân tích thành phần liên thông và hình thái học. Sau đó, các đặc trưng này được đưa qua các bộ phân loại như AdaBoost, SVM để phân loại.

Các phương pháp trích xuất đặc trưng cơ bản thường đơn giản, dễ hiện thực và nhanh chóng, đặc biệt là khi kết hợp nhiều đặc trưng với nhau, kết quả có thể đạt được độ chính xác tương đối cao. Tuy nhiên, các phương pháp này có nhược điểm là khá nhạy cảm với sự thay đổi mức sáng, nhiễu và mờ. Hơn nữa, việc thiết kế bộ rút trích đặc trưng còn phụ thuộc khá nhiều vào tập dữ liệu, do đó cần phải đảm bảo tập dữ liệu đủ đa dạng để đảm bảo tính chính xác của phương pháp trích xuất.

Dưới đây là một số bài báo sử dụng phương pháp trích xuất đặc trưng thủ công trong lĩnh vực xử lý hình ảnh:  
  
- "Vehicle License Plate Recognition Using Edge-Based Connected Component Analysis":

* Tác giả: V. R. Uthariaraj, S. Baskar, and P. G. Raj.
* Năm: 2013.
* Tạp chí: International Journal of Computer Applications
* Tóm tắt: Phương pháp trong paper này tập trung vào việc sử dụng phân tích thành phần liên thông dựa trên cạnh để nhận dạng biển số xe. Cụ thể, nó sử dụng các kỹ thuật xử lý ảnh để phát hiện và xác định vị trí của biển số xe trong hình ảnh. Sau khi xác định vùng chứa biển số, các đặc trưng thủ công như cạnh và hình dạng được sử dụng để nhận dạng ký tự trên biển số. Phương pháp này đơn giản và dễ triển khai, tuy nhiên, nó có thể không đủ robust đối với biến đổi mức sáng và nhiễu mạnh và không hiệu quả trong các tình huống phức tạp hơn.
* Ưu điểm:
  + Sử dụng phân tích thành phần liên thông dựa trên cạnh để nhận dạng biển số xe, giúp xác định vùng chứa biển số.
  + Đơn giản và dễ triển khai.
  + Hiệu suất tương đối tốt trong các tình huống ổn định về ánh sáng và nhiễu.
* Nhược điểm:
  + HOG có thể nhạy cảm với thay đổi ánh sáng và góc nhìn trong hình ảnh.
  + Yêu cầu một lượng lớn dữ liệu huấn luyện để đảm bảo tính chính xác.
  + Không thể tự động học các đặc trưng mà phải được thiết lập thủ công.