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.

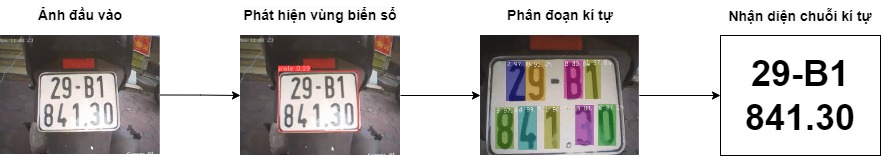
* 1. **Bố cục luận văn**

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 phương pháp và bài báo sử dụng phương pháp trích xuất đặc trưng trong lĩnh vực xử lý hình ảnh:

*A, Trích xuất biển số xe bằng cách sử dụng thông tin đường biên (License Plate Extraction using Boundary/Edge Information)*

Các phương pháp này bao gồm sử dụng bộ lọc Sobel để phát hiện các cạnh, kết hợp cạnh dọc để tạo ra các hình chữ nhật biển số, và sử dụng khối để xác định các vùng biển số ứng viên. Các phương pháp tương tự bao gồm sử dụng biến đổi Hough để phát hiện các đường thẳng và sử dụng biến đổi đối xứng tổng quát (GST) để trích xuất biển số xe. Các phương pháp trích xuất biển số xe bằng cách sử dụng thông tin đường biên là các phương pháp đơn giản và nhanh chóng. Tuy nhiên, chúng đòi hỏi tính liên tục của các cạnh. Khi kết hợp với các bước hình thái học để loại bỏ các cạnh không mong muốn, tỷ lệ trích xuất tương đối cao.

* ***Một số bài báo sử dụng phương pháp:***
* H. Bai and C. Liu, “A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology,” Int. Conf. Patt. Recog., vol. 2, pp. 831-834, 2004.
* D. Zheng et al, “An efficient method of license plate location,” Pattern recog. Letter, vol. 26, no. 15, pp. 2431-2438, 2005.
* S. Wang and H. Lee, “Detection and recognition of license plate characters with different appearances,” Int. Conf. Intell. Transp. Syst., vol. 2, pp. 979- 984, 2003.
* F. Faradji et al, “A morphological-based license plate location,” IEEE Int. Conf. Image Process., vol. 1, pp. 57-60, 2007.
* ***Ưu điểm:***
* Chính xác trong trích xuất biển số: Thông tin biên và đường biên có thể cung cấp các dấu hiệu mạnh mẽ về vị trí của biển số xe, giúp tăng độ chính xác trong việc trích xuất biển số.
* Kháng nhiễu tốt: Các thuật toán trích xuất biên thường kháng nhiễu tốt hơn so với các phương pháp dựa trên màu sắc, giúp loại bỏ các yếu tố gây nhiễu như ánh sáng yếu hoặc thay đổi màu sắc.
* Thích hợp cho các biển số có độ tương phản thấp: Khi biển số có độ tương phản thấp hoặc bị che khuất, thông tin biên có thể cung cấp dấu hiệu quan trọng để xác định vị trí của biển số.
* ***Nhược điểm:***
* Nhạy cảm với biến đổi ánh sáng: Phương pháp sử dụng biên thường nhạy cảm với biến đổi ánh sáng, đặc biệt là khi có sự thay đổi về cường độ ánh sáng hoặc điều kiện chiếu sáng không đồng đều.
* Khó xử lý trong các trường hợp biển số bị che khuất: Trong trường hợp biển số bị che khuất bởi các vật thể khác, việc trích xuất dựa trên biên có thể gặp khó khăn.
* Yêu cầu tính toán cao: Các thuật toán xử lý biên thường đòi hỏi tính toán phức tạp hơn so với một số phương pháp khác, đặc biệt là khi xử lý hình ảnh/video thời gian thực.
* Không thể xác định ký tự trực tiếp: Phương pháp này chỉ giúp trích xuất vị trí của biển số mà không thể xác định các ký tự trực tiếp. Sau khi trích xuất vị trí, cần một bước tiếp theo để nhận dạng ký tự.

Tổng quan, phương pháp trích xuất biển số xe sử dụng thông tin biên/đường biên có thể rất hữu ích trong nhiều tình huống, nhất là khi biển số xe có độ tương phản thấp hoặc trong điều kiện ánh sáng biến đổi. Tuy nhiên, nó cũng có nhược điểm và cần được kết hợp với các phương pháp khác để đảm bảo độ chính xác và hiệu quả trong ứng dụng thực tế.

*B, Trích xuất biển số xe bằng cách sử dụng Global Image Information*

Việc sử dụng phân tích thành phần kết nối (CCA) trong xử lý ảnh nhị phân để trích xuất biển số xe sẽ quét hình ảnh và gán nhãn cho các pixel dựa trên sự kết nối của chúng. Phương pháp này sử dụng các đặc điểm không gian như diện tích và tỷ lệ khía cạnh để trích xuất biển số xe. Ngoài ra, nó cũng có thể sử dụng đến các thuật toán phát hiện đường viền và tương quan 2D để tìm biển số xe. Tuy nhiên, một số phương pháp có thể gặp khó khăn trong trường hợp hình ảnh chất lượng kém hoặc đòi hỏi tính toán tốn thời gian.

* ***Một số bài báo sử dụng phương pháp:***
  + Z. Qin et al, “Method of license plate location based on corner feature,” in Proc. World Congr. Intell. Control Automat., vol. 2, pp. 8645-8649
  + J. Matas et al, “Unconstrained license plate and text loc recognition,” IEEE Int. Conf. intell. Transp. Syst., pp. 225-230
  + B.-F. Wu et al, “Extracting characters from real vehicle license doors,” IET Comput. Vis., vol. 1, no. 1, pp. 2-10, 2007.
  + M. M. I. Chacon and S. A. Zimmerman, “License plate locatio dynamic PCNN scheme,” Int. Joint Conf. Neur. Netw., vol. 2, p 2003.
* Ưu điểm:
  + Khả năng tổng hợp thông tin global: Phương pháp này sử dụng thông tin global của hình ảnh, bao gồm cả cấu trúc và ngữ cảnh của bức tranh, để xác định vị trí của biển số xe. Điều này có thể giúp cải thiện độ chính xác của việc trích xuất.
  + Kháng nhiễu tốt: Bằng cách xem xét thông tin global, phương pháp này có thể giảm thiểu ảnh hưởng của nhiễu và sự biến đổi về ánh sáng lên việc trích xuất biển số xe.
  + Độ linh hoạt trong ứng dụng: Phương pháp này thường áp dụng một loạt các kỹ thuật xử lý hình ảnh và máy học sâu để phát hiện và trích xuất biển số xe, do đó nó có thể được điều chỉnh và tùy chỉnh cho các tình huống ứng dụng cụ thể.
* Nhược điểm:
  + Yêu cầu tính toán cao: Xử lý thông tin toàn cầu của hình ảnh thường đòi hỏi nhiều tính toán, đặc biệt là khi áp dụng các thuật toán phức tạp như máy học sâu. Điều này có thể làm tăng thời gian xử lý.
  + Phụ thuộc vào chất lượng hình ảnh: Phương pháp này có thể không hiệu quả nếu hình ảnh có chất lượng kém hoặc nhiễu mạnh. Các biến đổi ánh sáng và nhiễu có thể làm giảm độ chính xác của việc trích xuất.
  + Khó khăn trong các tình huống phức tạp: Trong các tình huống phức tạp, chẳng hạn như khi có nhiều biển số xe trong cùng một khung hình hoặc các vật thể che khuất, phương pháp này có thể gặp khó khăn trong việc xác định đúng vị trí của biển số xe.

Tổng quan, "License Plate Extraction using Global Image Information" là một phương pháp tiềm năng để trích xuất biển số xe, nhưng nó cũng đối diện với các thách thức về tính toán và độ chính xác, đặc biệt trong điều kiện hình ảnh có chất lượng thấp.

*C, Trích xuất biển số xe bằng các đặc điểm về cấu trúc*

Các phương pháp trích xuất biển số xe bằng các đặc điểm về cấu trúc dựa vào sự thay đổi mức xám và cấu trúc của văn bản trên biển số xe. Dưới đây là tóm tắt các phương pháp nổi bật:

* Dò quét dòng (Scan-line techniques): Các phương pháp này dựa vào sự thay đổi mức xám để xác định số ký tự trên biển số xe. Khi sự thay đổi này xuất hiện trên dòng quét, số ký tự có thể được xác định.
  + Paper tham khảo: F. Yang and Z. Ma, “Vehicle license plate location based on h and mathematical morphology,” IEEE Workshop Automa. Ident Techn., pp. 89-94, 2005.
* Vector hóa (Vector Quantization - VQ): Phương pháp này sử dụng biểu đồ VQ để xác định vị trí văn bản trong hình ảnh. Kết quả thử nghiệm cho thấy tỷ lệ phát hiện là 98% và thời gian xử lý là 200ms.
  + Paper tham khảo: R. Zunino and S. Rovetta, “Vector quantization for license-plat image coding,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 47, no. 1, pp 159-167, 2000.
* Cửa sổ trượt tập trung (Sliding Concentric Windows - SCW): Phương pháp này xem biển số xe như là sự không đồng đều trong cấu trúc hình ảnh và sử dụng sự thay đổi đột ngột trong các đặc điểm cục bộ để xác định vị trí tiềm năng của biển số xe.
  + Paper tham khảo: C.-N. E. Anagnostopoulos et al “A license plate-recognition intelligent transportation system applications,” IEEE Trans. Syst., vol. 7, no. 3, pp. 377-392, 2006.
* Bộ lọc Gabor và biến đổi Fourier (Gabor Filters và Discrete Fourier Transform - DFT): Các phương pháp này sử dụng bộ lọc Gabor và biến đổi DFT để xác định vị trí và cấu trúc của biển số xe. Tuy nhiên, phương pháp này tốn thời gian tính toán.
  + Paper tham khảo: K. Deb, H.-U. Chae, and K.-H. Jo, “Vehicle license plate dete based on sliding concentric windows and histogram,” J. of Co no. 8, pp. 771-777, 2009
* Biến đổi sóng (Wavelet Transform - WT): Phương pháp này sử dụng WT để trích xuất biển số xe dựa trên sự thay đổi trong cạnh dọc và cạnh ngang. Thời gian thực hiện nhanh và độ chính xác là 97.33%.
  + Paper tham khảo: C.-T. Hsieh et al, “Multiple license plate detection for complex background” Int. Conf. Adv. Inform. Netw. and Applicat., vol. 2, pp. 389-395, 2005.
* AdaBoost và đặc điểm Haar-like: Các phương pháp này kết hợp AdaBoost với các đặc điểm Haar-like để xây dựng bộ phân loại cho việc trích xuất biển số xe. Chúng không nhạy cảm với độ sáng, màu sắc, kích thước và vị trí của biển số xe.
  + Paper tham khảo: L. Dlagnekov, “License Plate Detection Using AdaBoost”, Com and Engineering Department, San Diego, 2004
* Ưu điểm:
  + Khả năng xử lý trong các tình huống nhiễu: Texture features có thể giúp phát hiện biển số xe trong các hình ảnh có nhiễu hoặc điều kiện ánh sáng biến đổi, bởi vì chúng không phụ thuộc vào màu sắc hoặc cường độ pixel.
  + Phù hợp với các biển số xe có đặc điểm cấu trúc đặc biệt: Các biển số xe thường có các mẫu cấu trúc hoặc ký tự đặc biệt. Texture features có thể bắt được những đặc điểm này và giúp xác định biển số xe dựa trên chúng.
* Nhược điểm:
  + Yêu cầu tập dữ liệu lớn: Để xác định các texture features hiệu quả, phải có một tập dữ liệu lớn chứa các hình ảnh biển số xe với đa dạng về điều kiện ánh sáng, góc nhìn, và kích thước biển số.
  + Tính toán phức tạp: Phương pháp này thường đòi hỏi tính toán phức tạp hơn so với một số phương pháp khác, đặc biệt là khi sử dụng các thuật toán phân tích cấu trúc phức tạp.
  + Khó khăn trong việc xác định đặc điểm texture đặc trưng: Việc xác định các texture features phù hợp và hiệu quả có thể đòi hỏi sự nghiên cứu và tinh chỉnh đáng kể.

Phương pháp "License Plate Extraction using Texture Features" có tiềm năng trong việc trích xuất biển số xe, đặc biệt là trong các tình huống khó khăn về nhiễu và ánh sáng. Tuy nhiên, nó cũng có nhược điểm và đòi hỏi nhiều công sức trong việc xác định các đặc điểm texture thích hợp và xây dựng tập dữ liệu đủ lớn.

*D,* *Trích xuất biển số xe bằng tính năng màu sắc (License Plate Extraction using Color Features)*

Với ý tưởng cơ bản là màu sắc của biển số và ký tự trên biển số là duy nhất và thường chỉ xuất hiện trong khu vực của biển số xe. Các phương pháp dựa trên màu sắc bao gồm:

* Sử dụng mô hình màu HLS để phân loại từng điểm ảnh vào 13 loại màu sắc dựa trên định dạng cụ thể của biển số Trung Quốc.
  + Paper tham khảo: X. Shi et al, Automatic License Plate Recognition System Based on Color Image Processing, vol. 3483, O. Gervasi et al., Ed. New York: SpringerVerlag, pp. 1159-1168, 2005.
* Sử dụng mạng nơ-ron để phân loại màu sắc của từng điểm ảnh sau khi chuyển đổi hình ảnh RGB sang HLS. Màu sắc của biển số xe ở Hàn Quốc là xanh, đỏ và trắng. Sử dụng bộ cảm biến biên biến màu chỉ tập trung vào ba loại cạnh liên quan đến màu sắc biển số xe. Độ chính xác của việc xác định vị trí biển số xe đạt 97,9%.
  + Paper tham khảo: S.-L. Chang et al, “Automatic license plate recognition,” IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 5, no. 1, pp. 42-53, 2004.
* Sử dụng giải thuật di truyền (GA) để xác định màu sắc của biển số xe. GA được sử dụng để xác định ngưỡng trên và ngưỡng dưới cho màu sắc của biển số xe dựa trên đào tạo với nhiều điều kiện ánh sáng khác nhau.
  + Paper tham khảo: S. Yohimori et al, “License plate detection system by using threshold function and improved template matching method,” IEEE Annu. Meet. of the Fuzzy Inform., vol. 1, pp. 357-362, 2004.
* Sử dụng Gaussian Weighted Histogram Intersection (GWHI) để phát hiện biển số xe bằng cách so khớp màu sắc. Các phương pháp này sửa đổi histogram thông thường bằng cách sử dụng hàm Gaussian để xử lý các tình huống ánh sáng khác nhau.
  + Paper tham khảo: W. Jia et al, “Gaussian weighted histogram intersection for license plate classification,” Int. Conf. Patt. Recog., vol. 3, pp. 574-577, 2006.
* Sử dụng sự kết hợp màu sắc giữa biển số xe và màu sắc của ký tự để tạo ra hình ảnh cạnh. Tất cả các cạnh trong hình ảnh mới được phân tích để tìm các vùng tiềm năng của biển số xe.
  + Paper tham khảo: X. Wan et al, “A vehicle license plate localization method using color barycenters hexagon model,” Proc. of SPIE, vol. 8009, pp. 80092O-1- 80092O-5, 2011.
* Trong trường hợp sử dụng mô hình màu HSI, các giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của màu sắc được sử dụng để xác định các điểm ảnh của biển số màu xanh và vàng, cũng như biển số màu xanh, vàng và trắng từ hình ảnh của xe.
  + Paper tham khảo: K. Deb and K.-H. Jo, “A Vehicle license plate detection method for intelligent transportation system applications,” Cybern. and Syst.: An Int. J., vol. 40, pp. 689-705, 2009.
* **Ưu điểm:** 
  + Điểm mạnh trong việc nhận diện màu sắc đặc trưng: Phương pháp này dựa vào tính duy nhất của kết hợp màu sắc giữa biển số và ký tự, giúp xác định biển số xe một cách chính xác và hiệu quả.
  + Khả năng nhận diện biển số xe bất kể biển số bị nghiêng hoặc biến dạng: Phương pháp này có thể phát hiện biển số xe dù nó có hình dạng bị nghiêng hoặc biến dạng, giúp nâng cao độ linh hoạt trong ứng dụng thực tế.
  + Có thể áp dụng cho các quốc gia có quy định về màu sắc biển số: Trong trường hợp một số quốc gia có quy định cụ thể về màu sắc biển số xe, phương pháp này có thể dễ dàng thích nghi để trích xuất biển số.
* **Nhược điểm:** 
  + Nhạy cảm với điều kiện ánh sáng và môi trường: Phương pháp dựa vào màu sắc có thể gặp khó khăn khi đối mặt với biến đổi về ánh sáng, gây sai lầm trong việc nhận diện màu sắc.
  + Khó khăn trong định nghĩa màu sắc bằng giá trị RGB: Sử dụng mô hình màu RGB để xác định màu sắc của điểm ảnh có thể gặp khó khăn, đặc biệt trong các tình huống ánh sáng khác nhau.
  + Sai lầm trong việc phân loại màu sắc: Các phương pháp phân loại màu sắc có thể gặp sai lầm, đặc biệt khi có sự trùng lặp màu sắc giữa biển số xe và một phần của xe như thân xe, gây hiện tượng sai lầm.

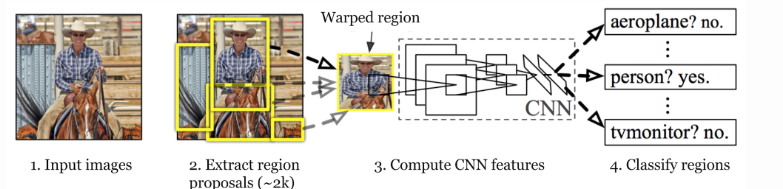
E, Trích xuất biển số xe bằng cách sử dụng các đặc điểm ký tự (License Plate Extraction using Character Features)

Các phương pháp trích xuất biển số xe dựa trên việc xác định các ký tự của biển số xem xét hình ảnh để tìm sự có mặt của các ký tự. Nếu các ký tự được tìm thấy, khu vực của chúng được trích xuất như vùng biển số xe. Một số phương pháp tiêu biểu:

* Thay vì sử dụng trực tiếp các thuộc tính của biển số xe, thuật toán cố gắng tìm tất cả các vùng giống ký tự trong hình ảnh bằng cách sử dụng phương pháp dựa trên vùng. Sau đó, các vùng này được phân loại bằng mạng nơ-ron, và nếu tìm thấy một sự kết hợp tuyến tính của các vùng giống ký tự, thì nó giả định có một biển số xe đầy đủ.
  + Paper tham khảo: J. Matas and K. Zimmermann, “Unconstrained license plate and text localization and recognition,” IEEE Conf. Intell. Transp. Syst., pp. 572-577, 2005.
* Phương pháp quét hình ảnh theo hướng ngang để tìm sự thay đổi đối phản lặp lại trên một tỷ lệ 15 điểm ảnh trở lên. Điều này giả định rằng độ tương phản giữa các ký tự và phông nền đủ tốt và có ít nhất ba đến bốn ký tự với kích thước dọc tối thiểu là 15 điểm ảnh. Đạt được độ chính xác 99% trong điều kiện ngoài trời.
  + Paper tham khảo: S. Draghici, “A neural network based artificial vision system for license plate recognition,” Int. J. on Neural Syst., vol. 8, no. 1, pp. 113-126, 1997
* Các đối tượng nhị phân có cùng tỷ lệ khung với ký tự và có hơn 30 điểm ảnh được gắn nhãn. Biến đổi Hough được áp dụng để tìm các đường thẳng, và khu vực giữa các đường thẳng song song với số lượng đối tượng giữa chúng tương tự với số lượng ký tự được coi là vùng biển số xe.
  + Paper tham khảo: F. Alegria and P. S. Girao, “Vehicle plate recognition for wireless traffic control and law enforcement system,” IEEE Int. Conf. Ind. Tech., pp. 1800- 1804, 2006.
* Các vùng cực độ ổn định tối đa (MSER) được sử dụng để có được một tập hợp các vùng ký tự. Các vùng không giống nhau được loại bỏ, và các vùng còn lại với đủ điểm chuyển đổi SIFT được giữ lại là vùng tiềm năng của biển số xe.
  + Paper tham khảo: H. W. Lim and Y. H. Tay, “Detection of license plate characters in natural scene with MSER and SIFT unigram classifier,” IEEE Conf. Sustainable Utilization and Development in Eng. and Tech., pp. 95-98, 2010.
* **Ưu điểm:** 
  + Chính xác với biển số xe hoàn chỉnh: Phương pháp này thường cho kết quả chính xác khi tìm kiếm và trích xuất biển số xe đầy đủ. Nếu tất cả các ký tự trên biển số xe có thể được tìm thấy, phương pháp này thường cho kết quả tốt.
  + Khả năng xử lý biển số xe nghiêng hoặc biến dạng: Phương pháp này có khả năng xử lý biển số xe nghiêng hoặc biến dạng mà không cần biết trước hình dạng cụ thể của biển số xe.
* **Nhược điểm:**
  + Tốn thời gian: Phương pháp này tốn nhiều thời gian khi xử lý hình ảnh vì phải quét toàn bộ hình ảnh để tìm các ký tự.
  + Khả năng nhận dạng sai khi có văn bản khác: Nếu trong hình ảnh có sự hiện diện của văn bản khác ngoài ký tự của biển số xe, phương pháp này có thể nhận dạng sai và trích xuất sai vùng của biển số xe.
  + Khả năng bị ảnh hưởng bởi độ tương phản hình ảnh: Phương pháp này yêu cầu độ tương phản tốt giữa ký tự và phông nền trên biển số xe, do đó nếu độ tương phản không đủ, phương pháp này có thể không hoạt động tốt.
  + Tốn nhiều bộ nhớ và tài nguyên tính toán: Phương pháp này cần nhiều bộ nhớ và tài nguyên tính toán để xử lý hình ảnh, điều này có thể đòi hỏi phần cứng mạnh và làm tăng chi phí xử lý hình ảnh.
    - 1. *Các phương pháp học sâu*

Hiện nay, phương pháp học sâu được sử dụng để phát hiện đối tượng rất đa dạng và hiệu quả. Có nhiều kiến trúc mạng được áp dụng, ví dụ như CNN, Fast R-CNN, Faster RCNN, SSD, YOLOv1-v8. Các kiến trúc này tỏ ra hiệu quả trong việc phát hiện nhiều đối tượng trong cùng một ảnh.

*A, Mạng CNN*



Kiến trúc tổng quan của mạng R-CNN

R-CNN (Region-based Convolutional Neural Network) là một phương pháp phát hiện đối tượng trong hình ảnh dựa trên các vùng quan tâm (RoIs) được đề xuất. Dưới đây là mô tả về kiến trúc của mạng R-CNN:

* Đề xuất RoIs: Bước đầu tiên của R-CNN là sử dụng một phương pháp để đề xuất các vùng quan tâm trong hình ảnh. Phương pháp được sử dụng thường là một thuật toán như Selective Search hoặc EdgeBoxes, và nó sinh ra một danh sách các RoIs, mỗi RoI là một vùng tiềm năng chứa đối tượng.
* Trích xuất đặc trưng: Mạng CNN được sử dụng để trích xuất đặc trưng từ mỗi RoI. Mạng CNN đã được huấn luyện trước (thường là các phiên bản của VGGNet hoặc ResNet) được sử dụng để trích xuất thông tin từ hình ảnh trong mỗi RoI. Hình ảnh trong mỗi RoI được điều chỉnh kích thước để phù hợp với mạng CNN, và sau đó được đưa vào mạng để trích xuất đặc trưng.
* Vector hóa đặc trưng: Đặc trưng từ mỗi RoI sau khi đi qua mạng CNN được vector hóa thành một biểu diễn số học. Điều này thường được thực hiện bằng cách sử dụng lớp Fully Connected (FC) hoặc một lớp Global Average Pooling (GAP).
* Phân loại đối tượng: Vector hóa đặc trưng được đưa vào một bộ phân loại, thường là một mạng neural network với một lớp Softmax ở cuối. Bộ phân loại này dự đoán xác suất rằng mỗi RoI chứa một đối tượng thuộc một trong các lớp cần phát hiện.
* Dự đoán hộp giới hạn: Ngoài việc phân loại đối tượng, mạng R-CNN cũng dự đoán hộp giới hạn cho mỗi RoI. Điều này thường được thực hiện bằng cách đưa vector hóa đặc trưng qua một lớp Fully Connected khác để dự đoán bốn giá trị: tọa độ của hộp giới hạn (x, y, width, height).
* Kết hợp các RoIs: Các RoIs sau đó được xử lý để loại bỏ các RoIs chồng lấn và lấy ra các RoIs có xác suất cao nhất. Các hộp giới hạn sau khi được điều chỉnh dựa trên dự đoán được kết hợp để tạo ra kết quả cuối cùng về các đối tượng được phát hiện trong hình ảnh.
* Paper tham khảo: X Xie, G Cheng, J Wang, X Yao, J Han, “Oriented R-CNN for object detection”, ICCV 2021. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.05699>.

Ưu điểm:

* Độ chính xác cao: Mạng R-CNN có khả năng đạt được độ chính xác rất cao trong việc phát hiện đối tượng trong hình ảnh. Điều này là do nó sử dụng các đặc trưng từ mạng CNN đã được huấn luyện trước và có khả năng biểu diễn hình ảnh một cách rất hiệu quả.
* Tích hợp thông tin cục bộ: Mạng R-CNN xử lý mỗi RoI riêng lẻ, cho phép nó chú trọng vào các vùng cụ thể trong hình ảnh thay vì phải quan tâm đến toàn bộ hình ảnh. Điều này làm cho nó phù hợp với việc phát hiện các đối tượng nhỏ hoặc đối tượng nằm trong nhiễu.
* Điều chỉnh kích thước RoIs: Mạng R-CNN có thể điều chỉnh kích thước của mỗi RoI để phù hợp với mạng CNN đã được huấn luyện trước. Điều này giúp đảm bảo rằng bất kỳ hình ảnh nào cũng có thể được xử lý một cách hiệu quả.

Nhược điểm:

*B, Mạng Fast RCNN*

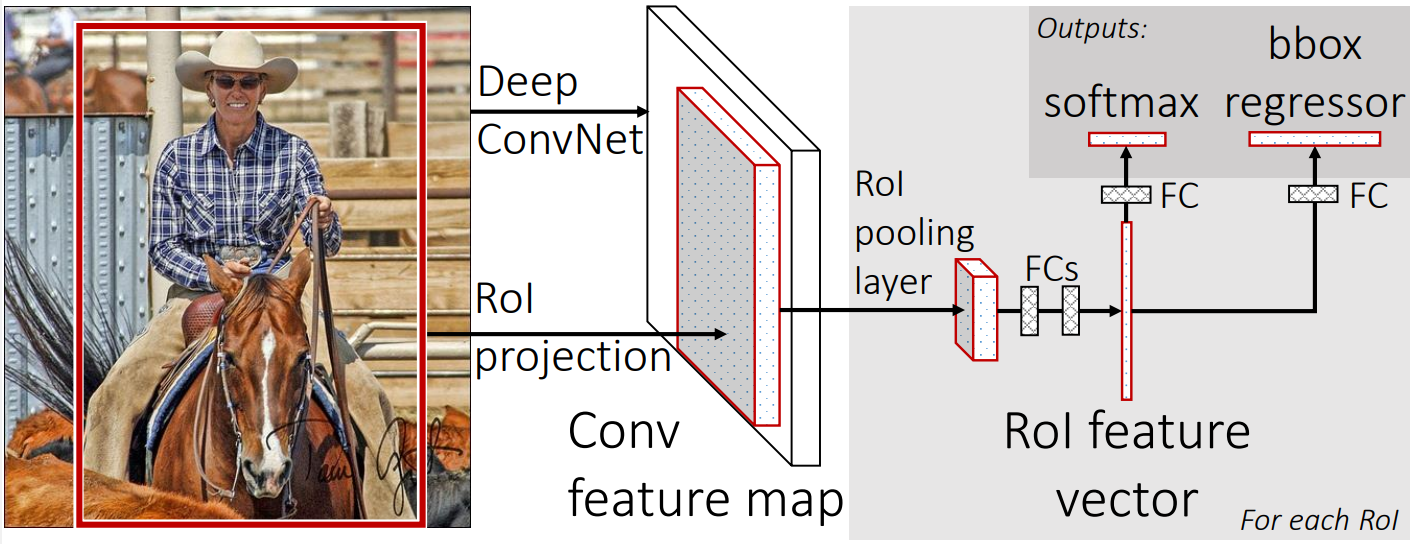
Fast R-CNN bắt đầu bằng việc đầu vào một hình ảnh (hoặc một batch hình ảnh) và truyền chúng qua một mạng ConvNet để trích xuất các đặc trưng hình ảnh. Đối với kiến trúc sử dụng mạng VGG-16, mạng ConvNet này bao gồm một loạt các lớp tích chập và lớp gộp. Mục tiêu của bước này là biến đổi hình ảnh thành một biểu diễn đặc trưng có chiều sâu cao và bao gồm thông tin đa dạng về các đặc điểm của hình ảnh.

Sau khi trích xuất đặc trưng, Fast R-CNN sử dụng một Region Proposal Network (RPN) để dự đoán vùng đề xuất (region proposals) trên ảnh. RPN này là một mạng neural convolutional dựa trên cùng một đặc trưng hình ảnh trích xuất từ bước trước. RPN dự đoán vùng đề xuất bằng cách tạo ra một bản đồ heatmap với các hộp giới hạn (bounding boxes) đề xuất cùng với điểm số đo chất lượng của mỗi hộp.

Khi đã có các vùng đề xuất, Fast R-CNN sử dụng một cơ chế "RoI pooling" để cắt và điều chỉnh các phần của đặc trưng ban đầu liên quan đến từng vùng đề xuất. Sau đó, các vùng đề xuất này được truyền qua một mạng neural nữa để thực hiện phân loại và dự đoán vị trí của đối tượng. Đầu ra của mạng Fast R-CNN chứa thông tin về các hộp giới hạn cũng như các xác suất liên quan đến mỗi lớp đối tượng.

Fast R-CNN có thể đạt được tốc độ xử lý nhanh với khả năng phát hiện đối tượng với độ chính xác cao. Phương pháp này đã đạt được nhiều kết quả xuất sắc trong các cuộc thi và được sử dụng rộng rãi trong ứng dụng thị giác máy tính.

Paper tham khảo: R. Girshick, “Fast R-CNN,” in IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2015.



*Kiến trúc của mạng Fast R-CNN*