

NGHIÊN CỨU, PHÂN TÍCH LƯU LƯỢNG PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG VÀ ĐIỀU KHIỂN ĐÈN BÁO TÍN HIỆU

RESEARCH, ANALYSIS OF VEHICLE TRAFFIC AND SIGNAL CONTROL

SV: Trần Việt An*, Lê Đức Nhật, Lê Thiện Nhân, Nguyễn Văn Hiếu

Lớp 19CE, Khoa Kỹ thuật máy tính và Điện tử;

Email: {tvan.19ce*, ldnh.19ce, lnhan.19ce, nvhieu.19ce}@vku.udn.vn

GVHD: TS. Nguyễn Vũ Anh Quang

Khoa Khoa học máy tính; Email: nvaquang@vku.udn.vn

Tóm tắt: Tầm quan trọng của nghiên cứu này tập trung vào việc xây dựng được công thức toán học phù hợp trong việc điều chỉnh thời gian hoạt động của tín hiệu đèn báo giao thông dựa trên hình ảnh trực tiếp từ camera tại các nút giao thông để tính toán mật độ lưu lượng phương tiện giao thông bằng xử lý ảnh và AI. Tắc nghẽn giao thông đang trở thành một trong những vấn đề cấp bách với sự gia tăng dân số và lượng phương tiện di chuyển ở các thành phố. Ùn tắc giao thông không chỉ gây thêm chậm trễ và căng thẳng cho người lái xe mà còn làm tăng mức tiêu thụ nhiên liệu và ô nhiễm không khí. Việc ứng dụng được kết quả của nghiên cứu này vào thực tế sẽ một phần nào đó giải quyết được vấn đề tắc nghẽn giao thông, ô nhiễm môi trường, tiết kiệm năng lượng

Từ khóa: Nhận diện phương tiện, phân loại phương tiện, Yolo, xử lý ảnh.

1. Tổng quan về đề tài nghiên cứu

1.1. Hiện trạng

Tắc nghẽn giao thông đã luôn gia tăng trên toàn cầu trong các thập kỷ qua, là vấn đề rất trầm trọng, làm lãng phí thời gian, tăng tiêu hao nhiên liệu và ô nhiễm môi trường [1][2]. Việt Nam, theo tính toán, mỗi năm TP. Hồ Chí Minh thiệt hại khoảng 1,2 triệu giờ công lao động, 1,3 tỉ USD/năm do ùn tắc giao thông và 2,3 tỷ USD do ô nhiễm môi trường từ các phương tiện cơ giới. Đánh giá từ Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông vận tải cũng cho biết, ùn tắc gây thiệt hại cho TP. Hà Nội mỗi năm khoảng 1 -1,2 tỉ USD [3]. Trước những ảnh hưởng nghiêm trọng của tắc nghẽn giao thông, ngày càng nhiều các biện pháp được nghiên cứu và áp dụng, việc ứng dụng khoa học máy tính càng được chú ý nhiều hơn. Các nghiên cứu đã sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và máy học (Machine Learning) để thiết kế hệ thống thị giác máy tính thu thập và xử lý dữ liệu nhận được từ các camera giao thông giúp tránh xung đột tại các giao lộ, đồng thời giảm thiểu tổng lượng tiêu hao nhiên liệu [4]. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu sẽ ứng dụng thị giác máy tính trong việc nhận diện và phân loại phương tiện giao thông tại Việt Nam, từ đó xác định số lượng phương tiện lưu thông trên đường và tính toán mật độ lưu lượng phương tiện tham gia giao thông trong một khoảng thời gian xác định. Kết quả thực nghiệm của bài báo được so sánh với

Abstract: The importance of this study focuses on building a suitable mathematical formula in adjusting the operating time of traffic light signals based on live images from cameras at intersections to calculate Traffic density calculation by image processing and AI. Traffic congestion is becoming one of the pressing problems with the increase in population and vehicle volume in cities. Traffic congestion not only causes additional delays and stress for drivers, but also increases fuel consumption and air pollution. The application of the results of this study in practice will partly solve the problems of traffic congestion, environmental pollution, and energy saving.

Keywords: Vehicle identification, vehicle classification, YoLo, image processing.

các phương pháp nghiên cứu khác để đánh giá hiệu quả của thuật toán cũng như khả năng ứng dụng thực tế.

Những phương pháp thông thường phải đối mặt với những hạn chế nhất định. Hệ thống điều khiển thủ công đòi hỏi một lượng lớn nhân lực. Vì lực lượng cảnh sát giao thông còn hạn chế nên chúng ta không thể để họ điều khiển giao thông bằng tay ở tất cả các khu vực của thành phố hoặc thị trấn. Vì vậy, một hệ thống tốt hơn để kiểm soát lưu lượng là cần thiết. Kiểm soát giao thông tinh sử dụng đèn giao thông có bộ hẹn giờ cho từng giai đoạn, cố định và không thích ứng theo giao thông thời gian thực trên đường đó. Trong khi sử dụng cảm biến điện tử, tức là cảm biến tiệm cận hoặc máy dò vòng lặp, độ chính xác và phạm vi bao phủ thường xung đột vì việc thu thập thông tin chất lượng cao thường dựa trên các công nghệ phức tạp và đắt tiền, do đó ngân sách hạn chế sẽ làm giảm số lượng cơ sở.

Ngoài ra, do phạm vi hiệu quả hạn chế của hầu hết các cảm biến, tổng phạm vi phủ sóng trên một mạng lưới các cơ sở thường yêu cầu rất nhiều cảm biến. Trong những năm gần đây, các hệ thống giám sát và giám sát video đã được sử dụng rộng rãi trong quản lý giao thông để đảm bảo an ninh, đo lường đoạn đường nổi và cung cấp thông tin và cập nhật cho khách du lịch trong thời gian thực. Ước tính mật độ giao thông và phân loại phương tiện cũng có thể đạt được bằng video hệ thống giám sát, sau đó có thể được sử dụng để điều khiển bộ hẹn giờ của tín hiệu giao thông nhằm

tối ưu hóa lưu lượng giao thông và giảm thiểu tắc nghẽn.

Hệ thống đề xuất của chúng tôi nhằm mục đích thiết kế bộ điều khiển đèn giao thông dựa trên thị giác máy tính có thể thích ứng với tình hình giao thông hiện tại. Nó sử dụng hình ảnh trực tiếp từ các camera quan sát tại các ngã tư giao thông để tính toán mật độ giao thông theo thời gian thực bằng cách phát hiện số lượng phương tiện tại tín hiệu và đặt thời gian tín hiệu xanh tương ứng. Các phương tiện được phân loại là ô tô, xe đạp, xe buýt, xe tải hoặc xe kéo để có được ước tính chính xác về thời gian tín hiệu đèn xanh. Ứng dụng này sử dụng Yolo để dò tìm số lượng phương tiện và sau đó cài đặt bộ đếm thời gian của tín hiệu giao thông theo mật độ phương tiện ở hướng tương ứng. Điều này giúp tối ưu hóa thời gian bật tín hiệu đèn xanh và giao thông được giải tỏa với tốc độ nhanh hơn nhiều so với hệ thống tĩnh, do đó giảm thiểu sự chậm trễ, tắc nghẽn và thời gian chờ đợi không mong muốn, từ đó sẽ giảm mức tiêu thụ nhiên liệu và ô nhiễm.

Hệ thống đề xuất của chúng tôi nhằm mục đích thiết kế bộ điều khiển đèn giao thông dựa trên thị giác máy tính có thể thích ứng với tình hình giao thông hiện tại. Nó sử dụng hình ảnh trực tiếp từ các camera quan sát tại các ngã tư giao thông để tính toán mật độ giao thông theo thời gian thực bằng cách phát hiện số lượng phương tiện tại tín hiệu và đặt thời gian tín hiệu xanh tương ứng. Các phương tiện được phân loại là ô tô, xe đạp, xe buýt, xe tải hoặc xe kéo để có được ước tính chính xác về thời gian tín hiệu đèn xanh. Ứng dụng này sử dụng Yolo để dò tìm số lượng phương tiện và sau đó cài đặt bộ đếm thời gian của tín hiệu giao thông theo mật độ phương tiện ở hướng tương ứng. Điều này giúp tối ưu hóa thời gian bật tín hiệu đèn xanh và giao thông được giải tỏa với tốc độ nhanh hơn nhiều so với hệ thống tĩnh, do đó giảm thiểu sự chậm trễ, tắc nghẽn và thời gian chờ đợi không mong muốn, từ đó sẽ giảm mức tiêu thụ nhiên liệu và ô nhiễm.

1.2. Các công trình nghiên cứu liên quan

Các nghiên cứu đầu tiên trong lĩnh vực đếm phương tiện giao thông chủ yếu dựa trên các thuật toán xử lý ảnh như phân đoạn, cắt ngưỡng để khoanh vùng điểm ảnh có xuất hiện vật thể [5]. Bắt đầu với hướng nghiên cứu nhận diện phương tiện giao thông, dần dần đi sâu hơn, nhiều bài nghiên cứu cải tiến thuật toán, ứng dụng để điều tiết luồng giao thông hiệu quả hơn. Từ khi mô hình Yolo được triển khai, nó đã giúp cải thiện rất nhiều trong việc xử lý, nhận dạng

Trong nghiên cứu [6], đã ứng dụng mô hình Yolo V4 để xây dựng thuật toán SORT (Simple Online and Realtime Tracking), thuật toán được thiết kế cho các ứng dụng theo dõi thời gian thực và phương pháp này tạo ra nhận dạng đối tượng một cách nhanh chóng. Quá trình nghiên cứu và thực nghiệm với video thực tế trên các đoạn đường tại các thành phố lớn của Việt Nam như Hà Nội, Hải Phòng, Đà Nẵng, kết quả nghiên cứu nhận thấy khi mật độ lưu thông thấp, thuật toán cho kết quả phân loại và kiểm đếm tương đối chính xác. Với mật độ lưu thông trung bình và cao, kết quả bắt đầu có độ chênh lệch và mất ổn định hơn loại phương tiện là xe đạp và xe máy.

Trong hướng nghiên cứu [7], đã xây dựng một công

thức tổng quát để tính được thời gian điều khiển đèn báo tín hiệu tại nút giao thông có bốn hướng di chuyển và hai làn đường, đồng thời mô phỏng hoạt động và kiểm tra tính đúng của công thức, tuy nhiên vẫn còn một số vấn đề chưa được làm rõ cũng như hoạt động của mô hình toán học trong nghiên cứu này.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Xử lý ảnh

Xử lý hình ảnh là quá trình chuyển đổi hình ảnh thành dạng kỹ thuật số và thực hiện một số thao tác nhất định để lấy một số thông tin hữu ích từ hình ảnh đó. Hệ thống xử lý hình ảnh thường xử lý tất cả các hình ảnh dưới dạng tín hiệu 2D khi áp dụng một số phương pháp xử lý tín hiệu định trước.



Hình 1: Các bước cơ bản trong hệ thống xử lý ảnh

Thu thập ảnh: đây là bước đầu tiên trong quá trình xử lý ảnh và có thể được thực hiện thông qua camera màu hoặc đen trắng. Chất lượng của ảnh thu được phụ thuộc vào thiết bị thu và môi trường.

Tiền xử lý: sau khi ảnh được thu nhận, nó có thể bị nhiễu hoặc có độ tương phản thấp, vì vậy cần được đưa vào bộ tiền xử lý để cải thiện chất lượng. Bộ tiền xử lý có chức năng chính là lọc nhiễu, nâng cao độ tương phản và làm cho ảnh rõ hơn, nét hơn.

Trích chọn đặc điểm: các đặc điểm của đối tượng được trích chọn tùy theo mục đích nhận dạng trong quá trình xử lý ảnh như đặc điểm không gian hoặc đặc điểm biến đổi.

Hậu xử lý: đây là quá trình thực hiện các thao tác trên kết quả đã được xử lý để cải thiện chất lượng hoặc đưa ra kết quả cuối cùng phù hợp với mục đích sử dụng.

Hệ quyết định: sử dụng các thuật toán để đưa ra quyết định dựa trên thông tin được trích xuất từ hình ảnh. Các hệ quyết định thường được sử dụng để giải quyết các vấn đề liên quan đến phân loại và nhận dạng đối tượng trong hình ảnh.

Lưu trữ: quá trình lưu trữ các dữ liệu ảnh vào các thiết bị lưu trữ để tiện cho việc sử dụng và xử lý.

Đổi sánh và rút ra kết luận: đây là một kỹ thuật quan trọng trong xử lý ảnh, nó cho phép so sánh một hình ảnh với một mẫu hoặc một tập hợp các mẫu và rút ra kết luận. Quá trình này thường được sử dụng để giải quyết các vấn đề nhận dạng đối tượng và phân loại trong hình ảnh.

Một số ứng dụng của xử lý ảnh:

- Visualization – tìm các đối tượng không nhìn thấy trong ảnh.
- Recognition – phân biệt hoặc phát hiện các đối tượng trong hình ảnh.
- Sharpening and restoration – tạo hình ảnh nâng cao từ

tính toán bằng công thức (3)[7]:

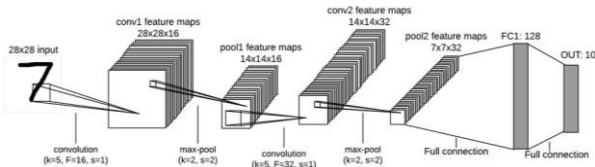
$$G = \frac{\sum(\text{NoOfVehicles}_{\text{vehicleClass}} * \text{AverageTime}_{\text{vehicleClass}})}{(\text{NoOfLines} +)} \quad (3)$$

Trong đó:

- G: thời gian đèn xanh của tín hiệu.
- NoOfVehicles: số lượng của từng loại phương tiện.
- AverageTime: thời gian trung bình của từng loại phương tiện khi đi qua ngã tư.
- NoOfLines: số lượng làn của ngã tư.

2.2.2. Đề xuất giải pháp phát hiện phương tiện giao thông

Trong các ứng dụng thực tế, phát hiện đối tượng là một trong những bước quan trọng, chẳng hạn như phát hiện đèn giao thông, biển báo giao thông, người đi bộ trong ô tô tự lái. CNN là trung tâm của các thuật toán phát hiện đối tượng. Các tính năng của các vật thể nhỏ hơn có thể biến mất ở các lớp sâu hơn và máy dò sẽ khó phát hiện các vật thể nhỏ hơn.



Hình 5: Mô hình CNN

Một giải pháp là sử dụng hình ảnh có độ phân giải cao để phát hiện các đối tượng nhỏ. Nhưng để đào tạo các mô hình có độ phân giải cao sẽ chậm và cần bộ nhớ GPU lớn. Thời gian và tài nguyên tính toán cần thiết khi suy luận cũng sẽ rất lớn.

Đề xuất trong nghiên cứu này là trích xuất các hình ảnh để xử lý nhận dạng video đầu vào thông qua thư viện OpenCV. Sau khi có được hình ảnh ban đầu cần xử lý, ta thực hiện chia bức ảnh có kích thước M.N thành k ảnh con, trong đó M=k.m và N=k.n.

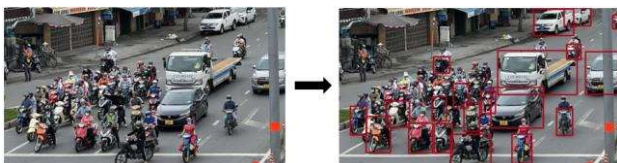
Sau khi chia bức ảnh lớn thành các ảnh con, ta áp dụng thuật toán nhận dạng vào các bức ảnh con đó và có được số lượng phương tiện giao thông, và sau đó tính tổng số lượng phương tiện trong k ảnh con.

3. Kết quả khảo sát và thảo luận

3.1. Kết quả khảo sát



Hình 6: Chia ảnh gốc thành k ảnh con



Hình 7: Nhận diện phương tiện trong từng ảnh con



(a) Kỹ thuật không chia ảnh con (b) Kỹ thuật chia ảnh thành k ảnh con

Hình 8: Kết quả nhận dạng giữa 2 kỹ thuật không chia ảnh con (a) và chia ảnh con (b)

Bảng 1: Bảng khảo sát kết quả chạy thuật toán nhận dạng

Độ phân giải	Số lượng phương tiện nhận dạng được			
	1x1	2x2	3x3	4x4
2000x1125	32	43	49	48
500x320	18	15	10	7
960x640	27	43	47	37

Phát hiện phương tiện đã được thử nghiệm với nhiều hình ảnh có chứa số lượng phương tiện khác nhau và độ chính xác đã tăng lên đáng kể khi sử dụng kỹ thuật tiling hình ảnh nhưng không phải là tuyệt đối. Lý do chính là do không đủ bộ dữ liệu để huấn luyện mô hình. Để cải thiện điều này, có thể sử dụng cảnh quay thực tế từ camera giao thông để cải thiện hệ thống.

Để đánh giá về hệ thống, 5 mô phỏng của hai hệ thống (hiện tại và đề xuất) được thực hiện. Tỷ lệ [a, b, c, d] có nghĩa là xác suất của một phương tiện đang ở làn 1, làn 2, làn 3 và làn 4.

Bảng 2: Kết quả mô phỏng của hệ thống hiện tại

TT	Tỷ lệ	Làn 1	Làn 2	Làn 3	Làn 4	Tổng
1	[0.3, 0.3, 0.2, 0.2]	59	53	44	42	198
2	[0.5, 0.2, 0.2, 0.1]	59	43	38	19	159
3	[0.25, 0.25, 0.25, 0.25]	54	50	51	51	206
4	[0.3, 0.2, 0.3, 0.2]	54	42	64	46	206
5	[0.7, 0.1, 0.1, 0.1]	67	32	27	16	142

Bảng 3: Kết quả mô phỏng của hệ thống đề xuất

TT	Tỷ lệ	Làn 1	Làn 2	Làn 3	Làn 4	Tổng
1	[0.3, 0.3, 0.2, 0.2]	59	44	72	31	206
2	[0.5, 0.2, 0.2, 0.1]	100	42	42	18	202
3	[0.25, 0.25, 0.25, 0.25]	55	65	59	39	218
4	[0.3, 0.2, 0.3, 0.2]	51	53	64	49	217
5	[0.7, 0.1, 0.1, 0.1]	95	24	20	24	163

Với tất cả điều kiện mô phỏng giống nhau (phân bố lưu lượng, tốc độ của phương tiện,...), với mỗi lần thực hiện là 300 giây. Ta nhận thấy rằng, hệ thống đề xuất đã tăng hiệu suất lên đáng kể so với hệ thống hiện tại với thời gian cố định. Có thể thấy, thời gian đèn xanh khi không có phương tiện đi qua và thời gian chờ của phương tiện đã được giảm đáng kể.

Khi phân phối giao thông giữa 4 làn xe có tỉ lệ gần bằng nhau hoặc bằng nhau, thì hệ thống đề xuất chỉ hoạt động tốt hơn một chút so với hệ thống hiện tại. Khi phân phối lưu lượng bị lệch cao, thì hệ thống được đề xuất có hiệu suất rất lớn so với hệ thống hiện tại.

3.2. Thảo luận

Quá trình xử lý hình ảnh trong trường hợp kích thước vật thể nhỏ không thể phát hiện được, do đó nên sử dụng kỹ thuật tile hình ảnh, cắt hình ảnh và nhân tương ứng thành các ô có kích thước được chỉ định.

Từ kết quả ở bảng 3.1 ta thấy, Yolo sẽ phát hiện ra nhiều phương tiện hơn khi độ phân giải của ảnh cao. Khi độ phân giải thấp, kỹ thuật này còn làm khó khăn hơn trong việc nhận dạng.

4. Kết luận và kiến nghị

Với kết quả trong nghiên cứu này, bên cạnh những kết quả tích cực như ứng dụng được thuật toán phân tích lưu lượng phương tiện giao thông và mô hình Yolo vào quá trình nhận dạng phương tiện giao thông, tăng độ chính xác khi chia nhỏ bức ảnh đầu vào để nhận dạng theo một tỉ lệ phù hợp. Song song với nó vẫn còn một số hạn chế như không thể nhận dạng được các phương tiện nếu chúng ở sát cạnh nhau, thuật toán sẽ sai lệch khi phương tiện giao thông không đi đúng làn đường, và trường hợp hình ảnh phương tiện bị chia nhỏ theo mặt cắt của bức ảnh, chưa cải thiện được chất lượng hình ảnh trong các điều kiện thời tiết, các yếu tố tác động từ bên ngoài cũng sẽ là giảm thiểu độ chính

sát và ổn định của hệ thống

Trong các đề tài nghiên cứu phát triển sau sẽ cải thiện hơn về thuật toán, ứng dụng được mô hình học sâu, tăng bộ dữ liệu để có thể nhận dạng phương tiện giao thông tốt hơn, đúng với từng loại và cải thiện được tốc độ xử lý. Phát triển, cải thiện và xây dựng được các thuật toán tiên tiến hơn từ đề xuất của nghiên cứu này, tăng độ chính xác và có thể giải quyết tiếp một số yếu tố bên ngoài làm ảnh hưởng đến chất lượng hình ảnh thu thập cũng như các vấn đề liên quan khác mà nhóm chưa tìm ra được.

Tài liệu tham khảo

- [1] Özgür Töre, ftNEWS (January 2020), World's Worst Cities for Traffic Congestion in 2019.
- [2] USA Today (March 2018), The Effects of Traffic.
- [3] Sad Mai Hà, Hà Mai, Báo Thanh Niên (5/2020), Thiệt hại hàng tỉ USD vì "nghẽn" giao thông.
- [4] The Technology that Drives Government IT (March 2020), How AI can reduce traffic congestion and fuel consumption.
- [5] W. J. Wang and M. Gao, Vehicle detection and counting in traffic video based on OpenCV, Applied Mechanics and Materials (Volumes 361-363), pp. 2232–2235, 2013.
- [6] ThS Vũ Văn Rực, TS Nguyễn Mạnh Cường: Nghiên cứu thuật toán phân loại phương tiện giao thông dựa trên thị giác máy tính, Khoa học công nghệ (số 7/2021)
- [7] Mihir M. Gandhi, Devansh S. Solanki, Rutwiji S. Daptardar, Nirmala Shinde Baloorkar: Smart Control of Traffic Light Using Artificial Intelligence, 2020 5th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)
- [8] Vladimir Gorodokin, Gorodokin, Irina Alferova Alferova Irina Alferova, Alferova, Elena Shepeleva: Calculating the duration of the traffic light green interval allowing pedestrians entering the traffic way, ScienceDirect, Transportation Research Procedia 36 (2018) 220–224.
- [9] <https://nttuan8.com/bai-6-convolutional-neural-network>. Truy cập lần cuối vào 24/04/2023.