

HỆ THỐNG DỰ ĐOÁN DÒNG LƯU THÔNG GIAO THÔNG SỬ DỤNG CÁCH TIẾP CẬN HỌC MÁY

1 Tóm lược

Đối với sản phẩm này, nhóm sẽ triển khai trước mắt một hệ thống trí tuệ nhân tạo sử dụng các ghi nhận lưu lượng lưu thông trước đó để đưa ra dự đoán cho lưu lượng lưu thông trong tương lai gần. Các ghi nhận lưu lượng lưu thông trong quá khứ này chính là thông tin được trích xuất theo thời gian thực từ dữ liệu hình ảnh được camera trên các tuyến đường truyền về. Từ những ý tưởng trên, nhóm đề xuất một hệ thống dự đoán với 2 thành phần chính như sau:

- Thành phần đầu vào: Thành phần này sẽ đảm nhiệm việc trích xuất thông tin lưu lượng lưu thông từ dữ liệu hình ảnh được các camera trên các tuyến đường truyền về. Tóm tắt về cách thức hoạt động như sau: Đầu tiên dữ liệu truyền về sẽ được tiền xử lý để tối thiểu hóa các nhiễu có trong hình ảnh; sau đó các giải thuật giúp phân đoạn hình ảnh (image segmentation) sẽ được áp dụng để tách biệt hóa các phương tiện đang tham gia giao thông có trong hình ảnh truyền về; cuối cùng từ các thành phần được tách biệt ấy, một giải thuật đặc biệt sẽ được áp dụng để đếm và ghi nhận lại thông tin lưu lượng lưu thông (dữ liệu theo dạng số) theo thời gian ở địa điểm đó, các thông tin lưu lượng lưu thông sẽ được ghi nhận lại theo chu kỳ mỗi 5 phút.
- Thành phần dự đoán: Từ các ghi nhận trước đó được trả về từ thành phần đầu vào trước đó, 12 ghi nhận gần nhất (tương đương với 1 tiếng đồng hồ) sẽ là dữ liệu đầu vào cho thành phần này. 12 ghi nhận này sẽ được sử dụng để đưa ra dự đoán theo thời gian thực cho ghi nhận lưu lượng lưu thông trong 5 phút tiếp theo dự kiến sẽ đạt được mà từ đó các quyết định kịp thời và nhanh chóng có thể được thực hiện để giảm thiểu các khó khăn mà tình trạng kẹt xe có thể mang lại nếu xảy ra.

Hiện tại vì lý do thời gian mà nhóm vẫn chưa triển khai và đánh giá được các mô hình trí tuệ nhân tạo được đề cập trong hệ thống. Trước mắt nhóm sẽ tham khảo thêm các mô hình khác phù hợp với hệ thống, tìm kiếm các bộ dữ liệu cho việc huấn luyện mô hình và lên kế hoạch cụ thể cho quá trình hoàn thiện hệ thống như đã đề cập.

Về công nghệ sử dụng, một trong những framework nổi tiếng nhất hiện giờ đó là TensorFlow sẽ được nhóm sử dụng để triển khai và huấn luyện các mô hình trí tuệ nhân tạo cho hệ thống như được nêu ở trên. Bên cạnh đó, nhóm dự định sẽ sử dụng Google Colab như là môi trường chính và chủ yếu cho việc xây dựng các mô hình của mình.

2 Vấn đề đặt ra

Ngày nay với sự phát triển dân số nhanh chóng ở các đô thị lớn, sự quá tải trong các vấn đề liên quan đến đời sống trở nên rất phổ biến và khó tránh khỏi; trong số đó các vấn đề liên quan đến việc sử dụng hạ tầng giao thông đường bộ gây ra bởi sự gia tăng của các phương tiện giao thông phổ biến ở các đô thị lớn đang là bài toán đau đầu nhất hiện nay.

Kẹt xe được xem như là hệ quả lớn nhất của các yếu tố trên, vấn đề này không chỉ ảnh hưởng lớn đến sinh hoạt hằng ngày của người dân mà bên cạnh đó còn ảnh hưởng không hề nhỏ đến các hệ thống phân phối trên đường bộ hay thậm chí huyết mạch lưu thông của nền kinh tế khu vực. Điều này cho thấy cần thiết có một ý tưởng giúp giảm thiểu khả năng xảy ra kẹt xe.

3 Giải pháp

Đây không phải là vấn đề mới và đã có rất nhiều dự án, ý tưởng được đưa ra để giải quyết nó. Các giải pháp có thể kể đến như giới hạn các xe các trọng tải lớn ở các giờ cao điểm, hạn chế số lượng phương tiện lưu thông trên các con đường, mở rộng cơ sở hạ tầng, ... Điểm chung của các giải pháp này đều là việc **giải quyết tĩnh** vấn đề, nghĩa là giải quyết không dựa trên các quan sát thời gian thực mà dựa trên các đánh giá và dữ liệu thu thập lâu dài mà đưa ra cách giải quyết mang tính bền vững và lâu dài.

Vận dụng sức mạnh của các công nghệ tiên tiến hiện nay mà nổi bật nhất chính là trí tuệ nhân tạo, một giải pháp **giải quyết động** đã được đưa ra: **Xây dựng được hệ thống dự đoán chính xác dòng lưu thông giao thông trong tương lai gần** mà dựa vào đó các giải pháp kịp thời sẽ được thực hiện trong thời gian thực giúp giảm thiểu khả năng kẹt xe. Các ưu điểm của giải pháp này bao gồm:

- Giúp cho người tham gia giao thông ít phải trải qua tình trạng kẹt xe bằng cách đưa ra các dự đoán trước cho người tham gia giao thông để họ có thể chọn lộ trình khác cho bản thân, đồng thời giảm tải cho đoạn đường được dự đoán là sẽ xảy ra kẹt xe.
- Giúp cho những người có trách nhiệm đưa ra các giải pháp kịp thời giúp giải quyết kẹt xe.
- Sử dụng các nguồn tài nguyên có sẵn (như camera giám sát đường bộ, ...) mà không phải quá tốn kém chỉnh sửa hay mở rộng cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ.

Phương pháp hiện thực giải pháp này hoàn toàn được nhóm tham khảo từ [2] và [3] với một số chỉnh sửa để phù hợp hơn với hệ thống của nhóm.

4 Mục tiêu

Từ bài toán và giải pháp giải quyết bài toán được đưa ra, nhóm có thể liệt kê các mục tiêu phát triển cho hệ thống như sau:

- Tận dụng được các tài nguyên có sẵn của hạ tầng giao thông đường bộ hiện có
- Hệ thống có thể dự đoán được dòng lưu thông giao thông (từ đây sẽ được gọi là lưu lượng lưu thông) trong tương lai gần một cách chính xác
- Các dự đoán được đưa ra theo thời gian thực

Hệ thống của nhóm sẽ được thiết kế và hiện thực sao cho phù hợp và đạt được tất cả các mục tiêu đó.

5 Mô tả hệ thống

5.1 Nguyên lý hoạt động

Đối với vấn đề kẹt xe, có rất nhiều yếu tố khác nhau ảnh hưởng đến và mức độ ảnh hưởng cũng khác nhau cho từng yếu tố; đặc biệt đối với mỗi vùng, mỗi giao lộ thì các yếu tố và mức độ ảnh hưởng của chúng lại thay đổi. Để đơn giản hóa việc dự đoán, từ những quan sát trước đó trong [3], nhóm chọn lưu lượng lưu thông đã được ghi lại trước đó trở thành yếu tố chính dùng cho việc dự đoán và xây dựng hệ thống.

Cũng như vậy, việc dự đoán lưu lượng lưu thông trong tương lai xa có thể dẫn đến nhiều vấn đề khác nhau mà nghiêm trọng nhất là độ chính xác bị giảm đi rất nhiều; do đó nhóm quyết định chỉ dự đoán kết quả lưu lượng trong tương lai gần, đủ để các quyết định kịp thời có thể được đưa ra nhằm xử lý vấn đề kẹt xe nếu có xảy ra.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống có thể được tóm tắt như sau:

- Từ những cảm biến hay camera ở các giao lộ, thông tin về lưu lượng xe sẽ được ghi nhận lại, bước này hoàn toàn có thể tận dụng được các hệ thống giám sát giao thông sẵn có
- Với các thông tin về lưu lượng xe được ghi nhận trong quá khứ, hệ thống sẽ thực hiện bước dự đoán chính xác cho lưu lượng xe trong tương lai gần của địa điểm đó
- Từ các dự đoán đó, các quyết định kịp thời sẽ được đưa ra để giải quyết vấn đề kẹt xe nếu có xảy ra

Từ nguyên lý hoạt động như trên, hệ thống có thể được phân ra thành hai nhóm thành phần chính:

- **Thành phần đầu vào:** Chuyển đổi tín hiệu từ cảm biến hay dữ liệu hình ảnh, video từ camera thành dữ liệu số thể hiện lưu lượng lưu thông sử dụng cho thành phần tiếp theo
- **Thành phần dự đoán:** Sử dụng dữ liệu được cung cấp từ thành phần đầu vào để sử dụng cho việc dự đoán lưu lượng lưu thông trong tương lai gần

Nguyên lý hoạt động và các yêu cầu của từng thành phần sẽ được đề cập rõ hơn ở phần sau.

5.2 Mô tả hệ thống

5.2.1 Thành phần đầu vào

Ở thành phần đầu vào, dữ liệu nhận vào sẽ là dữ liệu video lấy ra từ các hệ thống camera có sẵn của hệ thống đường bộ và đầu ra của thành phần là dữ liệu số thể hiện lưu lượng lưu thông của tuyến đường đó.

Dựa trên phương pháp giải quyết của [2], ta có thể khái quát hoạt động của thành phần này như sau:

- Đầu tiên áp dụng các giải thuật phân đoạn hình ảnh (image segmentation) cho các khung hình của video nhằm lấy được thông tin chính xác về vị trí của các phương tiện tham gia giao thông

- Sau đó từ thông tin của bước phân đoạn hình ảnh, sử dụng máy dò ảo (virtual detector) để thực hiện việc đếm số lượng phương tiện giao thông

Tuy vậy, nhược điểm của phương pháp này như đã được đề cập ở [2] đó chính là vấn đề đếm không chính xác do việc phân đoạn hình ảnh của các xe gần nhau bị đè lên nhau. Bên cạnh đó, việc sử dụng giá trị trung bình cho việc đếm phương tiện của máy dò ảo trở nên không phù hợp khi giải quyết các tình huống phức tạp hơn. Để giải quyết vấn đề đó, nhóm đề xuất một số thay đổi như sau:

- Trong [2], tác giả sử dụng phương pháp Ước lượng nền thích ứng (Adaptive Background Estimation) với nhược điểm lớn nhất là vấn đề chồng hình ảnh. Nhóm sẽ sử dụng phương pháp Phân đoạn đối tượng (instance segmentation) như kiến trúc Mask-RCNN được giới thiệu ở [1] để giảm thiểu đến mức tối đa vấn đề này
- Cũng tương tự thay vì sử dụng máy dò ảo nhóm sẽ sử dụng Đường đếm với vùng đăng ký (Counting line with registration region) để phục vụ tác vụ đếm. Phương pháp này thực hiện việc ghi nhận kép hai giá trị (x, y) đối với từng đối tượng khi di chuyển theo từng khung hình của video: Đầu tiên khởi tạo $(x, y) = (0, 0)$, sau khi đối tượng chạm đến đường đếm và bắt đầu tiến vào vùng đăng ký, đặt $x = 1$; cuối cùng khi đối tượng đó đi hết vùng đăng ký và $x = 1$ trước đó, đặt $y = 1$; tổng các giá trị y sẽ là giá trị lưu lượng lưu thông ta cần. Phương pháp này có thể áp dụng trên tổng thể mà không cần phải cho từng đối tượng, cần chú ý rằng $\sum_i x_i \geq \sum_j y_j$

Ở thành phần này, nhóm sẽ lưu lại giá trị lưu lượng lưu thông sau mỗi 5 phút và đây sẽ là dữ liệu đầu vào cho thành phần tiếp theo.

5.2.2 Thành phần dự đoán

Ở thành phần này, dữ liệu đầu vào sẽ là các ghi nhận về lưu lượng lưu thông trước đó được cung cấp thành phần trước và đầu ra sẽ là dự đoán cho lưu lượng lưu thông trong tương lai gần.

Dựa trên [3] cũng như quan sát đặc tính của dữ liệu đầu vào là dữ liệu chuỗi theo thời gian, nhóm sẽ sử dụng các phương pháp sau để đánh giá và so sánh:

- MLP-NN (Multi-layer Perceptron - Neural Network)
- RNN/LSTM/GRU: Cấu trúc mạng neuron phù hợp với dạng dữ liệu đầu vào chuỗi thời gian (time-series)
- Hồi quy (Regression): Phù hợp với dạng dữ liệu không rời rạc

Cũng dựa trên [3], ta sẽ sử dụng dữ liệu lưu lượng lưu thông của 12 lần ghi nhận trước đó (tương đương với 1 giờ) để dự đoán cho lưu lượng lưu thông của 5 phút tiếp theo. Dữ liệu đầu vào cho thành phần này có thể được chuẩn hóa sao cho cùng phân phối với dữ liệu khi huấn luyện.

6 Đánh giá

Để đánh giá độ hiệu quả của hệ thống, bên cạnh việc đánh giá thành phần dự đoán ta cũng cần đánh giá hiệu quả của thành phần đầu vào, các cách thức đánh giá bao gồm:

- Tác vụ phân đoạn đối tượng: Sử dụng độ đo AP (Average Precision) và các biến thể của nó như trong [1]
- Tác vụ ghi nhận lưu lượng lưu thông: Sử dụng các độ đo cho dữ liệu không rời rạc như MAE, MSE, RMSE, ...

Ta có thể đánh giá thành phần dự đoán, dựa trên [3], ta có thể sử dụng các độ đo như là MAE, MSE, RMSE, R^2 , EV score, ...

Việc đánh giá hệ thống trước hết sẽ được thực hiện ở bước huấn luyện và sau đó là dựa trên dữ liệu thực tế. Hiện tại nhóm chưa đủ khả năng để thực hiện việc huấn luyện trên các bộ dữ liệu có sẵn cũng như từ dữ liệu thực tế để đưa ra các đánh giá cụ thể và chính xác. Tuy vậy, từ những kết quả đạt được ở [2] và [3], ta có thể nhận xét rằng việc thực hiện hệ thống là khả thi và thậm chí hệ thống có thể đem đến những kết quả vượt ngoài mong đợi khi hoạt động ngoài thực tế.

7 Các nhận định và kế hoạch phát triển tương lai

Hệ thống này có thể được tích hợp với các hệ thống giao thông thông minh. Bằng cách sử dụng dữ liệu dự đoán về tình trạng kẹt xe, các thay đổi tự động có thể được thực hiện để giảm thiểu tình trạng này trong tương lai, các điều chỉnh có thể bao gồm:

- Thay đổi lộ trình đến các tuyến đường
- Thay đổi các thông báo trên các tuyến đường
- Thay đổi cài đặt về thời gian chờ ở các đèn tín hiệu giao thông
- ...

Tuy vậy giải pháp này vẫn còn khá nhiều hạn chế và nhiều điều cần được cải tiến và xem xét.

Đầu tiên về việc chỉ phụ thuộc vào giá trị ghi nhận được trước đó để dự đoán lưu lượng lưu thông trong tương lai gần là chưa đủ, đôi khi trong một số trường hợp việc lưu lượng lưu thông còn phụ thuộc vào các yếu tố ngoại cảnh khác như là giờ tan tầm, thời tiết, các vấn đề về hạ tầng, ... do đó cần đánh giá và xem xét đến việc sử dụng nhiều hơn các yếu tố này để tăng độ chính xác cho thành phần dự đoán.

Thứ hai, mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này ảnh hưởng theo thời gian thực và không hề được cố định; điều đó chỉ ra rằng một cơ chế dự đoán được huấn luyện sẵn và cố định trong tương lai sẽ trở nên lạc hậu và cho ra những kết quả không chính xác. Do đó việc áp dụng phương pháp học tăng cường (reinforcement learning) và học phân tán (federated learning) là cần thiết nhằm cập nhật hệ thống sao cho phù hợp hơn với tình hình giao thông theo thời gian.

Thứ ba, với mỗi địa điểm, mỗi giao lộ và khu vực cụ thể, các đặc tính giữa chúng có thể không giống nhau do đó rất khó có thể có một hệ thống dự đoán lưu lượng lưu thông đồng nhất cho tất cả các địa điểm. Nhóm sẽ tiếp tục nghiên cứu và đưa ra được giải pháp khắc phục vấn đề này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Kaiming He, Georgia Gkioxari, Piotr Dollár, and Ross Girshick. Mask r-cnn. In *2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 2980–2988, 2017.
- [2] Manchun Lei, Damien Lefloch, Pierre Gouton, and Kadder Madani. A video-based real-time vehicle counting system using adaptive background method. In *2008 IEEE International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems*, pages 523–528, 2008.
- [3] Alfonso Navarro-Espinoza, Oscar Roberto López-Bonilla, Enrique Efrén García-Guerrero, Esteban Tlelo-Cuautle, Didier López-Mancilla, Carlos Hernández-Mejía, and Everardo Inzunza-González. Traffic flow prediction for smart traffic lights using machine learning algorithms. *Technologies*, 10(1), 2022.