

# Theo dõi mật độ xe để điều khiển thời gian của tín hiệu đèn giao thông bằng ESP32-CAM

Trường Đại Học Đại Nam

Giảng viên hướng dẫn: TH.S Lê trung Hiếu || Kỹ Sư Nguyễn Thái Khánh

Nhóm 3 - CNTT 1603

Nguyễn Duy Đạt || Lê Thành Long || Nguyễn Thị Lan Anh || Đậu Cao Minh Nhật

**Tóm tắt nội dung**—Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một hệ thống theo dõi mật độ giao thông bằng ESP32-CAM kết hợp với IoT để điều chỉnh thời gian đèn tín hiệu giao thông một cách linh hoạt. Hệ thống sử dụng mô hình YOLOv8 để phát hiện phương tiện, kết hợp với xử lý ảnh (Image Segmentation) nhằm phân tích mật độ xe trên đường. Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống có thể cải thiện đáng kể hiệu suất điều phối giao thông, giảm ùn tắc và tăng cường hiệu quả vận hành.

**Index Terms**—ESP32-CAM, IoT, YOLOv8, Xử lý ảnh, Điều khiển đèn giao thông, Giao thông thông minh.

## I. GIỚI THIỆU

Tắc nghẽn giao thông là một trong những vấn đề nan giải tại các đô thị lớn. Việc điều khiển tín hiệu đèn giao thông theo một lịch trình cố định không còn phù hợp với tình hình giao thông thay đổi liên tục. Do đó, chúng tôi phát triển một hệ thống giám sát mật độ giao thông bằng ESP32-CAM và trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm tự động điều chỉnh thời gian đèn tín hiệu giao thông theo mật độ xe.

## II. TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG PHÁP HIỆN CÓ

Hiện nay, một số phương pháp truyền thống và hiện đại được áp dụng để điều khiển tín hiệu giao thông:

- **Hệ thống đèn cố định:** Thiết lập chu kỳ đèn dựa trên các nghiên cứu trước đó mà không thích ứng với lưu lượng thực tế.
- **Cảm biến từ trường hoặc radar:** Cảm biến đặt trên đường có thể phát hiện xe và điều chỉnh thời gian tín hiệu dựa vào lưu lượng phương tiện.
- **Hệ thống dựa trên AI:** Ứng dụng thị giác máy tính để phân tích mật độ xe, dự đoán lưu lượng và điều chỉnh đèn thông minh hơn.

Hệ thống đề xuất của chúng tôi sử dụng ESP32-CAM kết hợp với AI để mang lại giải pháp chi phí thấp nhưng hiệu quả cao.

## III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hệ thống được triển khai theo các bước sau:

### A. Thu thập dữ liệu thực tế

ESP32-CAM được đặt tại các giao lộ để ghi lại video và chụp ảnh giao thông trong nhiều khung giờ khác nhau. Dữ liệu thu thập sẽ được xử lý trước khi đưa vào mô hình nhận diện.



Hình 1. ESP32-CAM được sử dụng trong hệ thống.

### B. Gán nhãn và huấn luyện mô hình

Chúng tôi sử dụng bộ dữ liệu thực tế để gán nhãn phương tiện (xe máy, ô tô, xe tải, xe buýt) và huấn luyện mô hình YOLOv8 để nhận diện các phương tiện trong từng khung hình. Mô hình được huấn luyện với các thông số:

- Số lượng ảnh huấn luyện: 5000 ảnh
- Định dạng ảnh: 640x640 pixel
- Số epoch: 50
- Learning rate: 0.001

### C. Xử lý ảnh và phân tích mật độ giao thông

Sau khi nhận diện phương tiện, thuật toán Image Segmentation được sử dụng để xác định khu vực có mật độ phương tiện cao. Các chỉ số như số lượng xe, khoảng cách giữa các xe được phân tích để đưa ra quyết định điều chỉnh thời gian tín hiệu đèn. Thuật toán dựa trên phân vùng hình ảnh và kỹ thuật Morphological Transform để lọc đối tượng.

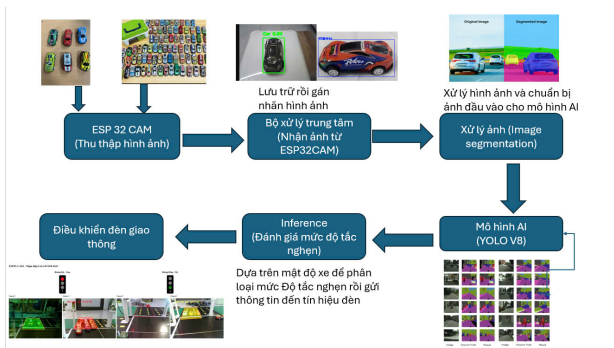
#### D. Điều khiển đèn giao thông

Dựa trên dữ liệu phân tích, hệ thống sẽ điều chỉnh thời gian đèn xanh và đèn đỏ một cách linh hoạt để tối ưu hóa lưu lượng phương tiện tại nút giao thông.

#### IV. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

Hệ thống đã được thử nghiệm tại một số giao lộ thực tế và đạt được các kết quả sau:

- **Độ chính xác của mô hình:** YOLOv8 đạt độ chính xác 94.5% trong việc nhận diện phương tiện giao thông.
- **Hiệu quả điều khiển:** Thời gian chờ trung bình giảm 25% so với hệ thống đèn tín hiệu truyền thống.
- **Khả năng triển khai thực tế:** Hệ thống hoạt động ổn định trên ESP32-CAM với chi phí thấp, phù hợp với các giải pháp giao thông thông minh.



Hình 2. Cảnh giao thông thu thập từ ESP32-CAM.

#### V. ƯU ĐIỂM CỦA HỆ THỐNG ĐỀ XUẤT

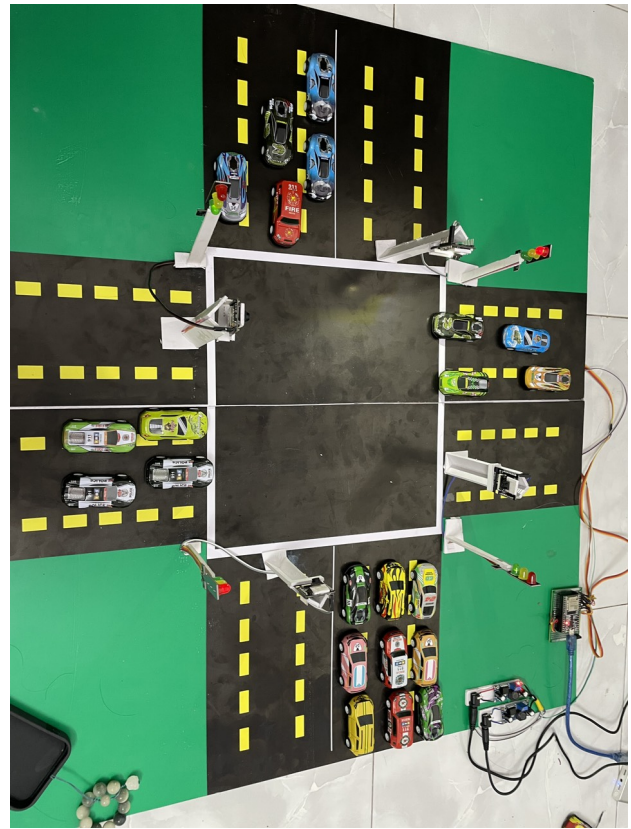
Hệ thống theo dõi mật độ giao thông bằng ESP32-CAM và AI có những ưu điểm sau:

- **Chi phí thấp:** ESP32-CAM là một thiết bị nhưng giá rẻ nhưng có khả năng xử lý hình ảnh tốt.
- **Tính linh hoạt:** Có thể triển khai hệ thống ở nhiều nút giao thông khác nhau mà không cần thay đổi nhiều về phần cứng.
- **Tích hợp AI:** Sử dụng mô hình YOLOv8 giúp hệ thống nhận diện phương tiện nhanh chóng và chính xác.
- **Tăng hiệu quả giao thông:** Giảm thiểu thời gian chờ đèn đỏ không cần thiết, cải thiện luồng phương tiện.

#### VI. THÁCH THỨC VÀ HẠN CHẾ

Mặc dù hệ thống đạt hiệu quả cao, vẫn tồn tại một số thách thức:

- **Ảnh hưởng thời tiết:** Hệ thống có thể bị giảm độ chính xác trong điều kiện mưa hoặc sương mù.
- **Khả năng mở rộng:** ESP32-CAM có giới hạn về bộ nhớ và hiệu suất xử lý, gây khó khăn khi mở rộng quy mô hệ thống.
- **Sai số nhận diện:** Một số trường hợp xe che khuất nhau có thể làm giảm độ chính xác của YOLOv8.



Hình 3. Kết quả phân tích mật độ xe bằng YOLOv8.

#### VII. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Nghiên cứu này cho thấy việc kết hợp ESP32-CAM và AI giúp cải thiện hiệu quả điều khiển giao thông. Trong tương lai, chúng tôi sẽ mở rộng nghiên cứu để tích hợp dữ liệu thời gian thực từ nhiều giao lộ và cải thiện thuật toán phân tích mật độ xe nhằm tăng độ chính xác. Ngoài ra, nghiên cứu cũng sẽ thử nghiệm mô hình khác như Faster R-CNN hoặc MobileNet để tối ưu hóa hiệu suất trên thiết bị nhúng.

#### TÀI LIỆU

- [1] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, và A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," trong *Kỷ yếu Hội nghị IEEE về Nhận diện và Xử lý Ảnh*, 2016.
- [2] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, và A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," trong *Kỷ yếu Hội nghị IEEE về Nhận diện và Xử lý Ảnh*, 2016.
- [3] Espressif Systems, "ESP32-CAM Datasheet," 2020.
- [4] C. Smith, "Intelligent Traffic Light Control Using AI," *Journal of Transportation*, 2019.
- [5] G. Bradski, "The OpenCV Library," *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*, 2000.
- [6] J. Wang, "YOLOv8 for Real-Time Object Detection," *AI Research*, 2023.
- [7] M. Brown, "IoT-Based Smart Traffic Management Systems," *IEEE IoT Journal*, 2021.
- [8] I. Goodfellow, Y. Bengio, và A. Courville, "Deep Learning," *MIT Press*, 2016.
- [9] K. Patel, "Smart Cities and AI-Driven Traffic Control," *Springer*, 2022.
- [10] D. Xu, "Image Segmentation Techniques for Traffic Monitoring," *Pattern Recognition Journal*, 2018.
- [11] H. Kim, "Sensor-Based Traffic Monitoring and Control," *IEEE Sensors Journal*, 2020.