



THUYẾT MINH

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP SINH VIÊN 2024

A. THÔNG TIN CHUNG

A1. Tên đề tài

- Tên tiếng Việt (IN HOA): THIẾT KẾ, TRIỂN KHAI VÀ ĐÁNH GIÁ LỖI IP PHÂN LOẠI CHÁY DỰA TRÊN DỮ LIỆU TỪ CAMERA NHIỆT TRÊN NỀN TẢNG FPGA
- Tên tiếng Anh (IN HOA): DESIGN, IMPLEMENTATION, AND EVALUATION OF AN OPTIMIZED FIRE CLASSIFICATION IP CORE BASED ON THERMAL CAMERA DATA ON FPGA PLATFORM

A2. Thời gian thực hiện

6 tháng (kể từ khi được duyệt).

A3. Tổng kinh phí

(Lưu ý tính nhất quán giữa mục này và mục B8. Tổng hợp kinh phí đề nghị cấp)

Tổng kinh phí: 6 triệu đồng, gồm:

- Kinh phí từ Trường Đại học Công nghệ Thông tin: 6 triệu đồng

A4. Chủ nhiệm

Họ và tên: Trương Hữu Trường Sơn

Ngày 12, tháng 12, năm sinh 2003:

Giới tính (Nam/Nữ): Nam

Số CMND: 184438729

; Ngày cấp: 30/01/2019

;

Nơi cấp: Công An thành phố Hà Tĩnh

Mã số sinh viên: 21522559

Số điện thoại liên lạc: 0705473839

Đơn vị (Khoa): Kỹ thuật máy tính

Số tài khoản: 5200522878

Ngân hàng: BIDV

A5. Thành viên đề tài

TT	Họ tên	MSSV	Khoa
1	Trương Hữu Trường Sơn	21522559	Kỹ thuật máy tính
2	Nguyễn Anh Quốc	21522526	Kỹ thuật máy tính

B. MÔ TẢ NGHIÊN CỨU

B1. Giới thiệu về đề tài

Tác động của quá trình đô thị hóa nhanh chóng, mật độ dân số tăng cao và sự phát triển mạnh mẽ của các khu đô thị, đặc biệt là các tòa nhà chọc trời, bên cạnh đó là sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế và công nghiệp, đã làm gia tăng đáng kể nguy cơ hỏa hoạn, đồng thời khiến quy mô và mức độ thiệt hại trở nên nghiêm trọng hơn. Hỏa hoạn không chỉ gây thiệt hại tài sản lớn mà còn là nguyên nhân chính dẫn đến hàng nghìn ca tử vong và bị thương mỗi năm trên toàn cầu, trong đó có Việt Nam. Cụ thể, theo thống kê từ Cục Cảnh sát Phòng cháy, Chữa cháy và Cứu nạn Cứu hộ, trong năm 2023, Việt Nam đã ghi nhận 3.440 vụ cháy, làm 146 người chết, 109 người bị thương, và thiệt hại tài sản khoảng 878 tỷ đồng, cùng 236 ha rừng bị thiêu rụi. Những con số này cho thấy mức độ nghiêm trọng của vấn đề đối với xã hội và nền kinh tế. Trước tình hình đó, việc triển khai các biện pháp phòng ngừa, phát hiện sớm và kiểm soát cháy là vô cùng cấp thiết. Một trong những giải pháp hiệu quả là phát triển các hệ thống báo cháy tự động có khả năng phát hiện và cảnh báo kịp thời, giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản. [1].



Hình 1: Các vụ cháy gây nhiều thiệt hại về người và tài sản

Các phương pháp phát hiện cháy hiện nay chủ yếu dựa vào việc kết hợp cảm biến để giám sát các yếu tố như nhiệt độ, khói, khí gas và các chỉ số liên quan [1]. Tuy nhiên, các cảm biến này vẫn có một số hạn chế, bao gồm độ trễ trong phát hiện và phạm vi quan sát hạn chế, gây khó khăn trong việc phát hiện cháy ở khu vực rộng lớn hoặc môi trường phức tạp. Trong một số trường hợp cá biệt, ngọn lửa có thể chưa đủ lớn để cảm biến nhận diện, nhưng vẫn tiềm ẩn nguy cơ nghiêm trọng. Đến khi phát hiện được dấu hiệu cháy, thiệt hại đã có thể lan rộng. Hoặc trong trường hợp khác, thiết bị báo cháy đôi khi cảnh báo sai, như nhận diện nhiệt độ từ bếp điện hoặc quá trình nấu ăn là cháy. Những hạn chế này tạo ra nhu cầu cấp thiết về phương pháp phát hiện cháy mới, có khả năng phát hiện và phân loại cháy nhanh chóng và chính xác. Một giải pháp khả thi là ứng dụng kỹ thuật xử lý hình ảnh kết hợp với phân tích nhiệt độ để phân loại tình huống cháy chi tiết hơn. Phương pháp này giúp phát hiện nguy cơ cháy nổ toàn diện, cung cấp cảnh báo kịp thời và chính xác, đồng thời giảm thiểu thiệt hại tài sản và bảo vệ tính mạng con người hiệu quả.



Hình 2: Ảnh thu được từ camera nhiệt trong thực tế

Với sự phát triển của trí tuệ nhân tạo và thị giác máy tính, các mô hình nhận diện ngọn lửa đã được nghiên cứu sâu rộng, mang lại độ chính xác cao hơn cho các hệ thống báo cháy nhờ khả năng phân tích hình ảnh [2]. Bên cạnh đó, việc thiết kế và triển khai lõi IP chuyên biệt cho phân loại cháy trên nền tảng FPGA không chỉ đảm bảo hiệu suất vượt trội mà còn mang lại sự linh hoạt, dễ dàng tích hợp vào các hệ thống báo cháy hiện có. Kiến trúc FPGA, với khả năng xử lý song song và tối ưu phần cứng, cung cấp tốc độ xử lý nhanh chóng, tiết kiệm năng lượng và đáp ứng yêu cầu khắt khe về độ tin cậy trong môi trường thực tế. Lõi IP này giúp phân loại chính xác các trạng thái cháy, cải thiện hiệu quả hoạt động của các hệ thống cảnh báo và xử lý sự cố trong các ngành công nghiệp, khu dân cư và các môi trường yêu cầu bảo vệ an toàn cao.



Hình 3: Kết quả thu được từ kiến trúc MobileNetV2 trong phân loại lửa từ hình ảnh [3]

Mục tiêu của nghiên cứu này là thiết kế và triển khai một lõi IP phân loại cháy tối ưu trên nền tảng FPGA. Lõi IP sẽ tiếp nhận dữ liệu từ các bức ảnh, bao gồm ba kênh màu R, G, B và một kênh nhiệt, sau đó thực hiện phân loại để xác định loại cháy thuộc nhóm nào trong ba phân loại đã đề cập trước đó. Nghiên cứu sẽ tập trung vào việc kết hợp các thuật toán phân loại với khả năng tăng tốc phần cứng của FPGA, nhằm phát triển một giải pháp tối ưu, có thể triển khai thực tế và đáp ứng yêu cầu khắt khe về hiệu suất và độ chính xác. Thông qua việc sử dụng camera nhiệt và các mô hình học máy, hệ thống không chỉ phát hiện cháy sớm mà còn cung cấp thông tin chính xác để thực hiện các biện pháp phòng ngừa và xử lý kịp thời, góp phần bảo vệ an toàn cho cộng đồng và giảm thiểu thiệt hại do cháy nổ.

B2. Mục tiêu, nội dung, kế hoạch nghiên cứu

B2.1 Mục tiêu

Mục tiêu của nghiên cứu này là thiết kế và triển khai một lõi IP phân loại cháy tối ưu trên nền tảng FPGA, nhằm đạt được các yêu cầu sau:

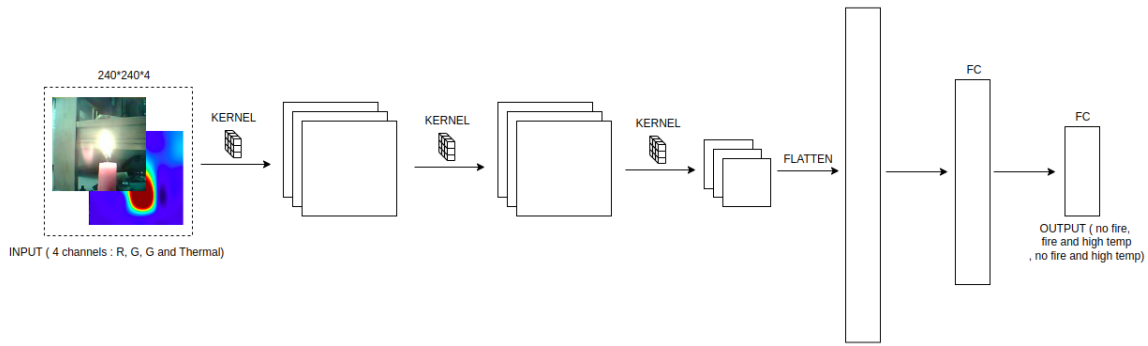
- Có khả năng phân loại cháy chính xác: dựa trên dữ liệu thu được từ camera nhiệt (là ảnh bao gồm 3 kênh màu R, G, B và kênh nhiệt) để có thể phát hiện và phân loại thành các tình huống cháy bao gồm không có cháy, có cháy và nhiệt độ cao, không có cháy nhưng nhiệt độ cao
- Có khả năng xử lý ổn định ở tốc độ 30 khung hình trên giây.
- Độ chính xác trong việc phân loại đạt trên 90%

B2.2 Nội dung và phương pháp nghiên cứu

Nội dung 1: Tìm hiểu tổng quan đề tài.

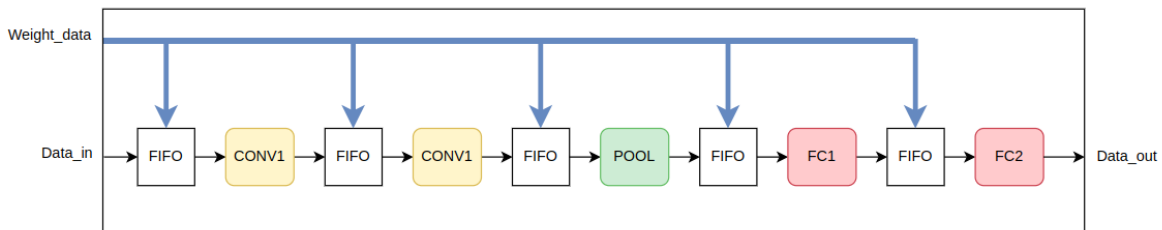
Phương pháp thực hiện:

- Nghiên cứu cấu trúc và nguyên lý hoạt động của camera nhiệt, cùng các phương pháp tiền xử lý và các kỹ thuật phân tích dữ liệu từ thiết bị để tối ưu hóa hiệu quả phát hiện cháy.
- Nghiên cứu và ứng dụng các thuật toán học máy và học sâu trong việc xử lý và trích xuất các đặc trưng từ hình ảnh nhiệt, nhằm nâng cao độ chính xác trong phân loại các sự kiện cháy. Để phù hợp với tài nguyên được cung cấp trên các phần cứng cũng như đảm bảo độ chính xác, nhóm đề xuất mô hình sau:



Hình 4: Mô hình CNN dự kiến

- Tìm hiểu về kiến trúc FPGA, cách thiết kế và triển khai các lõi IP trên nền tảng này để tối ưu hóa các tác vụ phân loại, bao gồm việc tối ưu phần cứng để đảm bảo hiệu năng và hiệu quả xử lý tối đa.



Hình 5: Mô hình CNN dự kiến trên FPGA

- Tối ưu hóa phần cứng trên FPGA, kiểm tra tính khả thi của hệ thống trong điều kiện thực tế và thực hiện tích hợp với các hệ thống hiện có (nếu cần thiết).

Kết quả dự kiến:

- Lựa chọn được mô hình học máy tối ưu cho phần cứng nhưng vẫn có đạt được độ chính xác cao.
- Triển khai sơ đồ các khối ip trên FPGA.

Nội dung 2: Thiết kế và triển khai Lõi IP CNN Phân Loại Cháy trên Nền Tảng FPGA

Phương pháp thực hiện:

- Sử dụng Python và các thư viện học sâu như TensorFlow hoặc PyTorch để huấn luyện mô hình CNN [4]. Quá trình huấn luyện này giúp xác định các tham số trọng số (weights) và tiêu chuẩn đánh giá (metrics) cần thiết để kiểm thử và tối ưu mô hình khi triển khai trên FPGA.

- Dựa trên các tham số đã được huấn luyện từ bước trước, tiến hành chuyển đổi mô hình sang dạng có thể triển khai trên FPGA. Quá trình này bao gồm việc thiết kế lõi IP, tối ưu hóa phần cứng và chuyển các thuật toán học máy thành các khối logic có thể thực thi trực tiếp trên FPGA để đạt được hiệu suất cao và độ trễ thấp.

Kết quả dự kiến:

- Xây dựng và huấn luyện một mô hình học sâu trên nền tảng Python (sử dụng các thư viện như TensorFlow hoặc PyTorch) có độ chính xác cao, nhằm đảm bảo các tham số trọng số được tối ưu hóa và đáp ứng chất lượng cần thiết để triển khai trên FPGA.
- Triển khai mô hình học sâu trên nền tảng FPGA với các tham số đã được huấn luyện từ bước 1, sao cho hệ thống có thể phân loại cháy ở tốc độ 30 khung hình mỗi giây (30 FPS) và đạt độ chính xác trên 90%. Điều này đảm bảo rằng lõi IP phân loại cháy có thể hoạt động hiệu quả trong thời gian thực và đáp ứng được yêu cầu về hiệu suất và độ tin cậy trong môi trường thực tế [5].

Nội dung 3: Đánh giá độ chính xác và tốc độ của IP

Phương pháp nghiên cứu:

- Tiến hành kiểm thử trên FPGA với bộ dữ liệu hình ảnh nhiệt được thu thập trong môi trường thực tế hoặc từ các bộ dữ liệu đã có sẵn.
- Đo lường các yếu tố như độ chính xác (accuracy), tốc độ xử lý (frame rate), độ trễ (latency), và khả năng phân loại cháy (các trạng thái (1) Không có lửa, (2) Có lửa với nhiệt độ cao, và (3) Không có lửa nhưng có nhiệt độ cao).
- So sánh kết quả phân loại từ mô hình Python và mô hình triển khai trên FPGA về độ chính xác và tốc độ.
- Kiểm tra độ chính xác của mô hình trên FPGA với các tiêu chí đề ra (trên 90% độ chính xác và tốc độ 30 FPS), so với mô hình Python.

Kết quả dự kiến:

- Một bảng so sánh chi tiết sẽ được trình bày để đối chiếu kết quả giữa mô hình học sâu huấn luyện trên Python và mô hình lõi IP triển khai trên FPGA. Các yếu tố so sánh bao gồm độ chính xác, tốc độ xử lý, độ trễ, cũng như tài nguyên phần cứng sử dụng, giúp đánh giá sự khác biệt giữa hai môi trường và hiệu quả của việc chuyển đổi từ phần mềm sang phần cứng.
- Tổng hợp và phân tích tài nguyên phần cứng được sử dụng khi triển khai lõi IP trên FPGA, bao gồm bộ nhớ, logic, và các khối xử lý đặc thù. Mục tiêu là tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên FPGA, đảm bảo rằng mô hình không chỉ hoạt động hiệu quả mà còn tiết kiệm tài nguyên.

B2.3 Kế hoạch nghiên cứu

Đề tài này dự kiến sẽ được thực hiện trong 6 tháng gồm 3 nội dung đã được trình bày trước đó. Trong đó các nội dung có thể được nhóm thực hiện đồng thời nhằm đảm bảo tiến độ. Chi tiết về kế hoạch thực hiện được nhóm trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2: Bảng kế hoạch nghiên cứu trong thời gian 6 tháng

Thời gian Nội dung	Tháng thứ 1	Tháng thứ 2	Tháng thứ 3	Tháng thứ 4	Tháng thứ 5	Tháng thứ 6
Nội dung 1						
Nội dung 2						
Nội dung 3						

B3. Kết quả dự kiến

- Khi triển khai mô hình học sâu trên nền tảng FPGA, lõi IP phân loại cháy dự kiến sẽ đạt tốc độ xử lý 30 khung hình mỗi giây (30 FPS) trong khi vẫn duy trì độ chính xác trên 90%. Mô hình sẽ được tối ưu hóa để đảm bảo việc sử dụng tài nguyên FPGA hiệu quả, không gây quá tải phần cứng trong quá trình vận hành.
- Một kết quả quan trọng khác là việc tối ưu hóa tài nguyên phần cứng khi triển khai lõi IP trên FPGA. Dự kiến, lõi IP sẽ sử dụng một lượng tài nguyên phần cứng hợp lý, bao gồm logic, bộ nhớ và các khối xử lý đặc thù, nhằm đảm bảo hiệu suất cao trên FPGA.

B4. Tài liệu tham khảo

- [1] Ying Zheng, Gui Zhang, Sanqing Tan, and Lanbo Feng. “Research on Progress of Forest Fire Monitoring with Satellite Remote Sensing”. In: *Agricultural & Rural Studies* 1 (Sept. 2023), p. 0008. DOI: 10.59978/ar01020008.
- [2] Kong Minsuk Roh Joohyung Kim Yukyung. “Fire Image Classification Based on Convolutional Neural Network for Smart Fire Detection”. In: *Int J Fire Sci Eng* 36.3 (2022), pp. 51–61. DOI: 10.7731/KIFSE.cb750817. eprint: <http://ijfse.or.kr/journal/view.php?number=2096>. URL: <http://ijfse.or.kr/journal/view.php?number=2096>.
- [3] Dima Suleiman, Ruba Obiedat, Rizik Al-Sayyed, Shadi Saleh, Wolfram Hardt, and Yazan Al-Zain. “Employing CNN mobileNetV2 and ensemble models in classifying drones forest fire detection images”. In: *International Journal of Data and Network Science* (Oct. 2024). DOI: 10.5267/j.ijdns.2024.10.004.
- [4] Zewen Li, Fan Liu, Wenjie Yang, Shouheng Peng, and Jun Zhou. “A Survey of Convolutional Neural Networks: Analysis, Applications, and Prospects”. In: *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* PP (June 2021), pp. 1–21. DOI: 10.1109/TNNLS.2021.3084827.
- [5] N. Sujith Kumar and G. L Madhumati. “Implementation of Convolutional Neural Networks on FPGA for Object Detection”. In: *2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*. 2023, pp. 1–5. DOI: 10.1109/ICCCNT56998.2023.10307606.

Ngày ... tháng ... năm 2023
Giảng viên hướng dẫn
(Ký và ghi rõ họ tên)

Ngày ... tháng ... năm 2023
Chủ nhiệm đề tài
(Ký và ghi rõ họ tên)