

ỨNG DỤNG XỬ LÝ ẢNH BIỂN BÁO GIAO THÔNG TRONG QUAN TRẮC NGẬP LỤT ĐÔ THỊ

APPLICATION OF TRAFFIC SIGNS IMAGE PROCESSING IN URBAN FLOOD MONITORING

Ngô Thanh Vũ*, Võ Ngọc Dương, Trần Thái Lâm, Nguyễn Quang Tuyên, Hồ Văn Tuyền, Huỳnh Bá Hoài Nam,
Đoàn Quang Phước, Nguyễn Tấn Diệu, Nguyễn Vũ Luận, Trần Quý Thế

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, Việt Nam¹

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: nthvu@dut.udn.vn

(Nhận bài / Received: 18/02/2025; Sửa bài / Revised: 16/4/2025; Chấp nhận đăng / Accepted: 20/4/2025)

DOI: 10.31130/ud-jst.2025.067

Tóm tắt - Bài báo này nghiên cứu ứng dụng công nghệ xử lý ảnh trong quan trắc ngập lụt đô thị, một vấn đề ngày càng nghiêm trọng tại Việt Nam do biến đổi khí hậu và đô thị hóa. Nghiên cứu đề xuất sử dụng mô hình học sâu YOLOv11 để phân tích hình ảnh từ các nguồn khác nhau như camera giám sát, báo chí và mạng xã hội. Dựa vào tham số chiều cao ban đầu của cột biển báo giao thông, mô hình sử dụng các phép biến đổi hình học để tính toán độ sâu ngập. Thêm vào đó, phương pháp nhận dạng điểm đặc trưng được áp dụng để nâng cao độ chính xác của kết quả. Kết quả thử nghiệm cho thấy, mô hình có độ chính xác cao, với sai số chỉ 2 cm khi so sánh với dữ liệu thực tế đo tại hiện trường. Kết quả này cho thấy mô hình có tiềm năng lớn trong việc hỗ trợ công tác quản lý, cảnh báo sớm, và cung cấp số liệu đầu vào cho các mô hình tính toán mức độ ngập lụt đô thị.

Từ khóa - Ngập lụt đô thị; xử lý ảnh; biển báo giao thông; nhận dạng điểm đặc trưng.

1. Đặt vấn đề

Ngập lụt đô thị là một trong những vấn đề nghiêm trọng tại các thành phố lớn, xảy ra khi lượng mưa vượt quá khả năng thoát nước của hệ thống hạ tầng hoặc do các yếu tố tự nhiên như triều cường, mực nước sông dâng cao. Tại Việt Nam, với lượng mưa trung bình hàng năm dao động từ 1.400mm đến 2.400mm [1], cùng với tác động của biến đổi khí hậu làm gia tăng tần suất và cường độ các trận mưa lớn, triều cường, tình trạng ngập lụt tại các đô thị ngày càng trở nên phổ biến và phức tạp hơn [2]. Hệ thống thoát nước của nhiều thành phố vẫn chưa được nâng cấp đồng bộ, dẫn đến khả năng tiêu thoát nước còn hạn chế, đặc biệt tại các khu vực đô thị hóa nhanh [3]. Tình trạng này không chỉ gây thiệt hại về kinh tế mà còn làm gián đoạn các hoạt động xã hội, ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống của người dân.

Hiện nay, việc giám sát và dự báo ngập lụt chủ yếu dựa vào hệ thống quan trắc sử dụng các cảm biến đo mực nước [4], [5] và dữ liệu vệ tinh [6], [7]. Các hệ thống quan trắc sử dụng cảm biến mang lại dữ liệu chính xác theo thời gian thực nhưng đòi hỏi chi phí đầu tư cao và khó triển khai trên diện rộng. Trong khi đó, dữ liệu vệ tinh có thể cung cấp cái nhìn tổng thể về mức độ ngập lụt nhưng lại gặp hạn chế về độ phân giải không gian và thời gian, dẫn đến độ trễ trong

Abstract - This research examines the use of image processing technologies in urban flood monitoring, a progressively severe issue in Vietnam attributed to climate change and urbanization. The study suggests the use of the YOLOv11 deep learning model to analyze photos from multiple sources such as surveillance cameras, newspapers, and social networks. Based on the starting height parameter of the traffic sign pole, the model applies geometric modifications to compute the flood depth. In addition, the feature point recognition approach is utilized to improve the accuracy of the results. The experimental findings reveal that the model has good accuracy, with an error of only 2 cm when compared with actual data measured at the site. This finding suggests that, the model has considerable promise in aiding management, early warning, providing input data for models calculating urban flood levels.

Key words - Urban flooding; image processing; traffic signs; keypoints detection.

việc cảnh báo và phản ứng kịp thời. Do đó, việc tìm kiếm các giải pháp giám sát ngập lụt hiệu quả hơn, có thể triển khai rộng rãi với chi phí thấp là một yêu cầu cấp thiết.

Trong những năm gần đây, công nghệ xử lý hình ảnh đã được ứng dụng mạnh mẽ trong nhiều lĩnh vực đô thị như quản lý giao thông, giám sát an ninh, quan trắc môi trường và phòng chống thiên tai [8]–[10]. Các hệ thống giám sát giao thông dựa trên xử lý hình ảnh đã chứng minh hiệu quả trong việc theo dõi phương tiện, phát hiện vi phạm và hỗ trợ điều tiết giao thông. Hệ thống camera giám sát an ninh được triển khai rộng rãi để nhận diện khuôn mặt, phát hiện các hành vi bất thường. Trong lĩnh vực quan trắc môi trường, công nghệ xử lý hình ảnh giúp theo dõi mức độ ô nhiễm không khí, nước và phát hiện các nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng. Những thành tựu này mở ra tiềm năng lớn cho việc áp dụng công nghệ tương tự vào giám sát ngập lụt đô thị. Tuy nhiên, việc ứng dụng công nghệ này trong giám sát ngập lụt đô thị vẫn còn nhiều hạn chế, chưa được khai thác tối đa từ hệ thống camera giao thông và dân dụng vốn đang ngày càng phổ biến.

Nghiên cứu này đề xuất một phương pháp quan trắc ngập lụt mới dựa trên công nghệ xử lý hình ảnh tiên tiến, khai thác sức mạnh của mô hình học sâu YOLOv11 để

¹ The University of Danang - University of Science and Technology, Vietnam (Ngo Thanh Vu, Vo Ngoc Duong, Tran Thai Lam, Nguyen Quang Tuyen, Ho Van Tuyen, Huynh Ba Hoai Nam, Doan Quang Phuoc, Nguyen Tan Dieu, Nguyen Vu Loan, Tran Quy The)

nhận diện và phân tích dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau như camera giao thông, mạng xã hội và báo chí. YOLOv11 được thiết kế để nhận diện đối tượng trong một lần xử lý duy nhất, giúp tăng tốc độ xử lý đáng kể so với các mô hình truyền thống như R-CNN hay Faster R-CNN. Nhờ hiệu suất tính toán cao, YOLOv11 có thể triển khai trên nhiều nền tảng, từ máy chủ mạnh mẽ đến các thiết bị nhúng như Jetson Nano hay Raspberry Pi, cho phép tích hợp linh hoạt vào hệ thống giám sát đô thị.

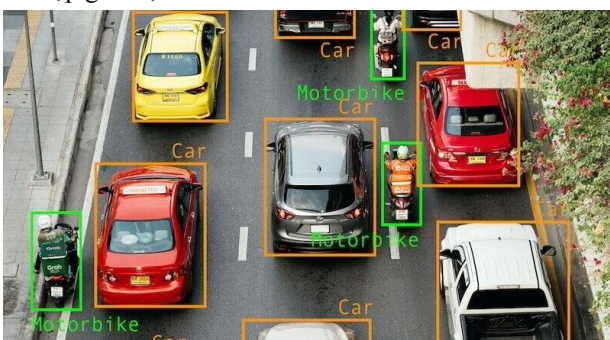
Đặc biệt, nghiên cứu này mở rộng phương pháp tính toán độ sâu ngập lụt bằng cách sử dụng chiều cao của cột biển báo giao thông làm tham số tham chiếu, kết hợp với nhận diện điểm đặc trưng (keypoint detection) để xác định chính xác tọa độ của các điểm đặc biệt trên biển báo. Cách tiếp cận này giúp nâng cao độ chính xác của kết quả so với các phương pháp chỉ dựa trên hộp giới hạn truyền thống.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Ứng dụng xử lý ảnh

Xử lý ảnh là một lĩnh vực quan trọng trong khoa học máy tính, đóng vai trò cốt lõi trong phân tích và trích xuất thông tin từ dữ liệu hình ảnh. Các kỹ thuật xử lý ảnh chủ yếu bao gồm lọc ảnh, phân đoạn ảnh và nhận dạng ảnh, mỗi phương pháp đảm nhiệm một vai trò riêng biệt trong việc xử lý và phân tích hình ảnh số.

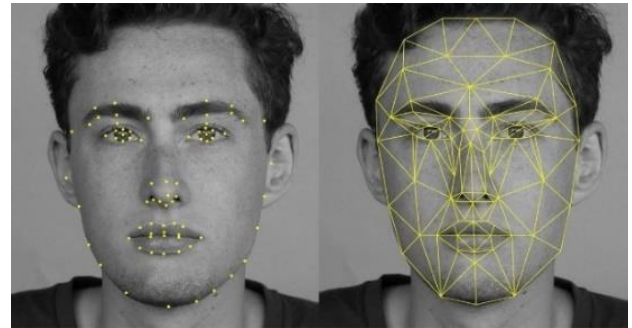
Hộp giới hạn là một hình chữ nhật được vẽ xung quanh một đối tượng trong hình ảnh hoặc video, nhằm xác định vị trí và kích thước của đối tượng đó [11]. Đây là công cụ cơ bản trong việc xác định các đối tượng trong ảnh. Mỗi hộp giới hạn được mô tả bằng bốn tham số chính, bao gồm tọa độ (x, y) của tâm hộp và chiều rộng (width) cũng như chiều cao (height) của hộp. Hộp giới hạn thường được sử dụng trong các bài toán như phát hiện đối tượng (object detection), nơi mô hình cần xác định và đánh dấu các đối tượng có trong ảnh. Như Hình 1 minh họa một đoạn đường đô thị với các phương tiện giao thông được nhận diện bằng các hộp giới hạn.



Hình 1. Hộp giới hạn trong xử lý ảnh [11]

Nhận diện điểm đặc trưng là một nhiệm vụ quan trọng trong thị giác máy tính, nhằm xác định các điểm đặc biệt hoặc vị trí cụ thể trong một hình ảnh, thường được gọi là điểm đặc trưng hoặc điểm khóa. Những điểm này đóng vai trò như các mốc tham chiếu, giúp hệ thống máy móc phân tích và hiểu nội dung hình ảnh. Nhận diện điểm đặc trưng có nhiều ứng dụng thực tiễn, bao gồm ứng dụng nhận dạng khuôn mặt trên điện thoại thông minh, hỗ trợ theo dõi vật thể cho xe tự hành hoặc hỗ trợ phân tích hình ảnh y tế [12]. Như Hình 2, đầu tiên các điểm đặc trưng trên khuôn mặt

như mắt, mũi, miệng được xác định và đánh dấu. Sau đó một mạng lưới tam giác được tạo ra dựa trên các điểm đặc trưng này, thể hiện cấu trúc hình học của khuôn mặt. Quá trình này cho phép trích xuất các thông tin quan trọng về hình dạng và biểu cảm khuôn mặt.



Hình 2. Nhận dạng điểm đặc trưng khuôn mặt [13]

2.2. Các phương pháp ước lượng độ sâu ngập lụt bằng xử lý ảnh hiện nay

Phương pháp đo độ sâu ngập lụt từ ảnh là một hướng nghiên cứu ứng dụng xử lý ảnh nhằm phân tích, ước lượng và đánh giá tình trạng ngập lụt trong đô thị hoặc các khu vực bị ảnh hưởng. Hiện nay, các ứng dụng xử lý ảnh phục vụ giám sát giao thông, môi trường đô thị đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới.

Ước lượng độ sâu ngập lụt được thực hiện dựa trên mối quan hệ giữa dữ liệu ảnh và các thông tin tham chiếu khác. Việc sử dụng các đối tượng tham chiếu như chiều cao cột đèn, ô tô trong ảnh cũng giúp tính toán độ sâu một cách trực quan thông qua các phép toán hình học để đo lường kích thước và tỷ lệ, từ đó xác định độ sâu ngập.

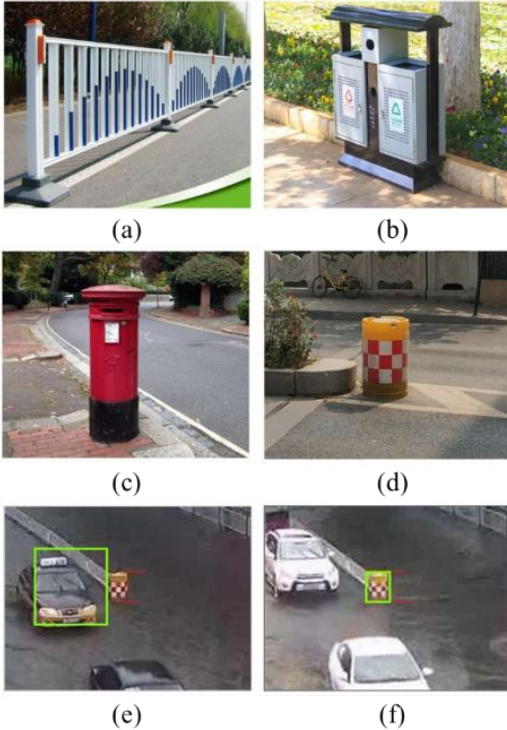
Trong nghiên cứu của Wan và các cộng sự [14], nhóm tác giả đã giới thiệu phương pháp tự động nhận diện mức độ ngập lụt đô thị dựa trên hình ảnh các xe bị ngập nước, sử dụng mô hình YOLOv8. Phương pháp này tận dụng dữ liệu từ camera giám sát hoặc mạng xã hội để giám sát ngập lụt với chi phí thấp và có khả năng triển khai rộng rãi. Nhóm tác giả đã xây dựng một tập dữ liệu gồm 2.000 hình ảnh, chứa 6.300 đối tượng xe ở 5 mức độ ngập lụt khác nhau, từ không ngập đến ngập toàn bộ. Trong các thí nghiệm, bốn cấu hình của YOLOv8 (YOLOv8n, YOLOv8s, YOLOv8m, YOLOv8l) được đánh giá dựa trên các chỉ số mAP50 và mAP50:95 để đánh giá độ chính xác. Tuy kết quả ban đầu khá khả quan, nhưng tác giả cũng đã chỉ ra một số tồn tại hạn chế của phương pháp như khó phát hiện các xe ngập hoàn toàn hoặc không nằm trong tầm nhìn, và chưa thể định lượng cụ thể độ sâu ngập lụt.



Hình 3. Kết quả phân tích độ sâu ngập lụt bằng mô hình YOLOv8 [14]

Trong nghiên cứu của mình, Gao và các cộng sự [15] đã giới thiệu một giải pháp đo độ sâu ngập lụt đô thị sử dụng

dùng hình ảnh trụ, thùng phân làn giao thông, và các thùng rác (Hình 3a,b,c,d) làm đối tượng tham chiếu. Kết quả cho thấy, mô hình phát hiện đối tượng CNN (SSD) có thể phát hiện các đối tượng tham chiếu trong cả giai đoạn ngập và không ngập. Độ sâu ngập lụt được ước tính bằng cách tính sự chênh lệch chiều cao của các đối tượng tham chiếu giữa hai giai đoạn này. Trong quá trình thử nghiệm, mặc dù mô hình phát hiện đối tượng có sự nhầm lẫn giữa các đối tượng cần quan trắc (Hình 3 e: bắt nhầm đối tượng là ô tô, Hình 3f: bắt đúng đối tượng tham chiếu là trụ phân làn), nhưng về tổng thể sai số RMSE và sai số tuyệt đối trung bình (MAPE) của độ sâu ngập lụt ước tính là 0,026m và 19,968%.



Hình 5. Đo mực nước bằng phương pháp chênh lệch độ cao

2.3. Phân tích và đo độ sâu ngập lụt bằng phương pháp chênh lệch độ cao kết hợp nhận dạng điểm đặc trưng

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp ngoại suy để tính độ sâu ngập dựa vào các điểm thấy được (A, B, C như trong Hình 6).

Với ab , ab' là số điểm ảnh (pixel) đếm được của biển báo dưới cùng nếu trên một cột biển báo có nhiều hơn một biển báo. Và bc là số điểm ảnh phần không ngập của cột biển báo tính từ điểm thấp nhất của biển báo đến mép nước hoặc chân cột (trong trường hợp không ngập nước).

Gọi AB , AB' là chiều cao thực tế của biển báo (cm), BD là chiều cao thực tế của cột tính từ điểm thấp nhất của biển báo đến chân cột. Số liệu này có thể thu thập một cách chính thống từ nhà sản xuất hoặc các đơn vị chức năng hoặc thông qua các phương pháp đo lường thủ công.

$$CD = BD - BC \quad (1)$$

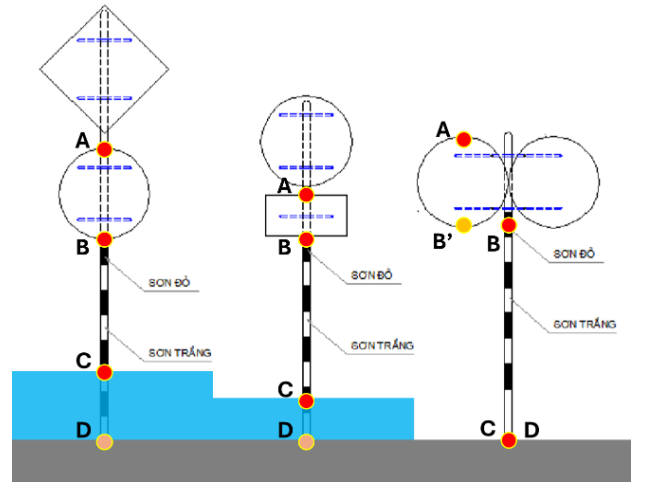
Sử dụng phương pháp ngoại suy ta tính được chiều cao BC như sau:

$$BC = \frac{ab}{AB} bc \quad (2)$$

Rút (2) vào (1) ta có:

$$CD = BD - \frac{ab}{AB} bc \quad (3)$$

Hộp giới hạn là phương pháp phổ biến trong nhận diện đối tượng và theo dõi vật thể trong các bài toán thị giác máy tính. Tuy nhiên, một trong những hạn chế của phương pháp này là hộp giới hạn chỉ bao quanh khu vực xuất hiện của đối tượng mà không xác định chính xác vị trí của vật thể (tọa độ x, y). Và thông thường, các hộp giới hạn này khoanh vùng đối tượng rộng hơn so với kích thước vật thể trong ảnh, điều này dẫn đến sai số trong việc trích xuất tọa độ chính xác của vật thể trong ảnh, gây ra sai số khi tính số lượng pixel giữa các điểm A, B, C. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất sử dụng phương pháp nhận dạng điểm đặc trưng để xác định vị trí các điểm này. Phương pháp này cho phép xác định tọa độ các điểm cần đo trên đối tượng một cách chính xác hơn và thông qua đó giúp cải thiện độ chính xác và tính hiệu quả của quá trình trích xuất dữ liệu. Đây cũng chính là mục tiêu cốt lõi mà nghiên cứu này hướng đến.



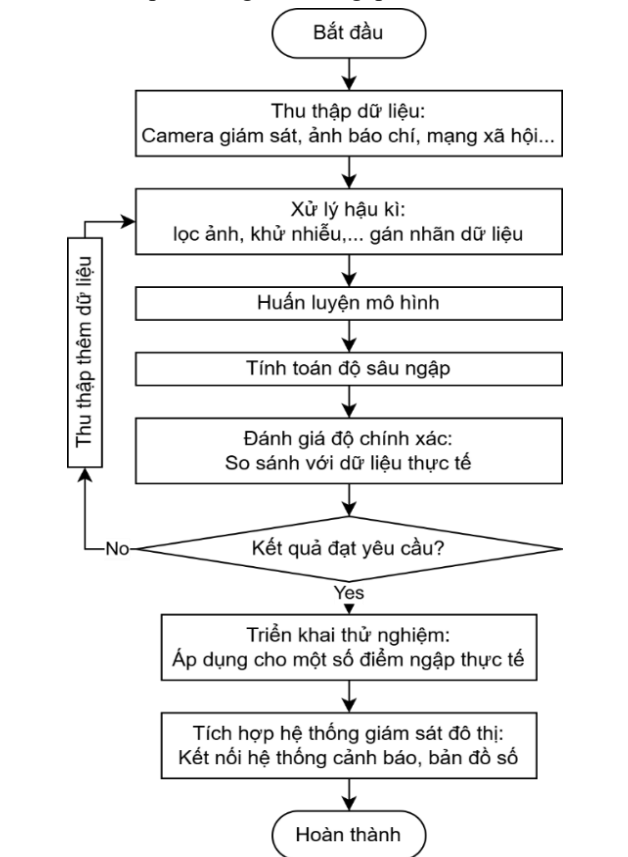
Hình 6. Vị trí các điểm cần đo phục vụ tính toán độ sâu ngập

3. Phương pháp thực hiện

Nghiên cứu được thực hiện theo các bước trong Hình 7. Đầu tiên, dữ liệu hình ảnh được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau như camera giám sát giao thông, hình ảnh trên mạng xã hội và báo chí. Sau đó, dữ liệu này được tiền xử lý để loại bỏ nhiễu, chuẩn hóa kích thước và điều chỉnh độ sáng nhằm đảm bảo chất lượng đầu vào cho mô hình. Tiếp theo, YOLOv11 được sử dụng để huấn luyện nhận diện các đối tượng trong ảnh, đặc biệt là các cột biển báo giao thông, đối tượng chính trong quá trình tính toán độ sâu ngập lụt.

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu thu thập tổng hợp gần 1500 ảnh bao gồm các ảnh cột biển báo thực tế trong nhiều điều kiện ngập khác nhau (không ngập, ngập một phần), thời gian chụp khác nhau (ngày, đêm), thời tiết khác nhau (mưa, không mưa)... Tập dữ liệu này được chia làm 3 phần, 70% ảnh được dùng để huấn luyện mô hình, 20% ảnh được dùng để đánh giá trong quá trình huấn luyện, 10% ảnh còn lại được dùng để kiểm tra sau huấn luyện. Sau khi thu thập, dữ liệu được gán nhãn bằng phương pháp nhận dạng điểm đặc trưng (sử dụng cho YOLO Pose) thông qua nền tảng Roboflow (Hình 8). Quá trình này giúp xác

định chính xác vị trí của các điểm đặc trưng trên cột biển báo, tạo ra tập dữ liệu theo định dạng YOLO (.txt), trong đó chứa thông tin tọa độ của các keypoint. Kết quả huấn luyện cho thấy, mô hình đạt F1-score 81%, chứng tỏ khả năng nhận diện đối tượng tốt. Hiệu suất nhận diện được đánh giá thông qua chỉ số mAP50 đạt 86% và mAP50:95 đạt 64%, với độ chính xác dự đoán lên tới 81%, khẳng định tính hiệu quả của mô hình trong việc nhận dạng và phân tích hình ảnh phục vụ giám sát ngập lụt.



Hình 7. Quy trình triển khai ứng dụng xử lý ảnh trong quan trắc ngập lụt đô thị



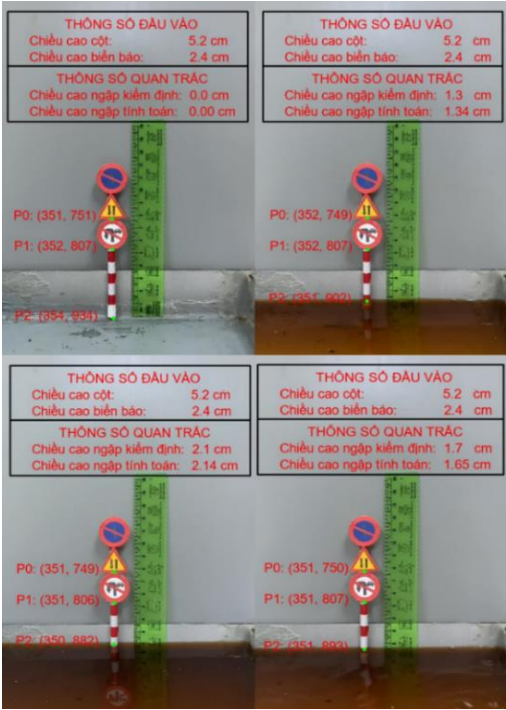
Hình 8. Gán nhãn dữ liệu sử dụng phương pháp nhận dạng điểm đặc trưng

Sau khi mô hình thành công trong việc nhận diện và xác định vị trí của các điểm đặc biệt trên biển báo, cột biển báo trong ảnh, công thức (3) được áp dụng để tính toán độ sâu ngập lụt. Để kiểm chứng độ chính xác của kết quả tính toán, nhóm tác giả đã tiến hành thiết lập một mô hình thu nhỏ trong phòng thí nghiệm, nhằm tạo ra các mô phỏng ngập lụt có kiểm soát. Mô hình này được xây dựng để tái hiện

các tình huống ngập lụt thực tế như ở Hình 9 (từ không ngập, đến ngập sâu), giúp đánh giá tính khả thi và hiệu quả của các phương pháp xử lý hình ảnh đã được huấn luyện. Dựa trên kết quả tính toán, nhóm tác giả đánh giá lại độ chính xác bằng cách so sánh với dữ liệu thực tế, nếu độ chính xác chưa đạt yêu cầu, tiếp tục thu thập thêm dữ liệu để huấn luyện lại mô hình. Trong quá trình này ta có thể hiệu chỉnh, tối ưu hóa các tham số để nâng cao độ chính xác khi huấn luyện với dữ liệu mới.

4. Kết quả

Kết quả quan trắc từ các mô phỏng ngập lụt được thể hiện chi tiết trong Hình 9, các số liệu tính toán độ sâu ngập lụt từ mô hình được tổng hợp như trong Bảng 1. Bảng tổng hợp kết quả đo độ sâu ngập thực tế và độ sâu ngập tính toán (đơn vị: cm), cùng với sai số (%) giữa hai giá trị qua 9 lần đo. Kết quả cho thấy sự chênh lệch giữa độ sâu ngập thực đo và tính toán là rất nhỏ trong tất cả các lần đo (từ 0,01 cm đến 0,14 cm), và sai số (%) dao động từ 0,00% đến 3,08%. Điều này bước đầu chứng minh rằng công thức và phương pháp huấn luyện xử lý hình ảnh biển báo giao thông có thể ứng dụng hiệu quả trong việc tính toán độ sâu ngập lụt đô thị.



Hình 9. Kết quả quá trình xử lý ảnh các trường hợp ngập lụt trên mô hình

Bảng 1. Tổng hợp các kết quả thí nghiệm mô phỏng

Lần đo	Độ sâu ngập thực đo (cm)	Độ sâu ngập tính toán (cm)	Sai số (%)
1	0	0	0,00
2	1,3	1,34	3,08
3	1,5	1,48	1,33
4	1,6	1,60	0,00
5	1,7	1,65	2,94
6	1,8	1,76	2,22
7	2,0	1,97	1,50
8	2,1	2,14	1,90
9	2,2	2,18	0,91

Tiếp theo, để kiểm chứng tiềm năng ứng dụng thực tế, tác giả cũng đã tiến hành so sánh và đối chứng kết quả từ mô hình xử lý ảnh với dữ liệu thực tế thu được trong đợt ngập lụt xảy ra vào tháng 10 năm 2022 tại Đà Nẵng [16]. Hình 10 là ảnh được sử dụng cho quá trình kiểm định được lấy từ nguồn Báo VietNamPlus, ảnh được chụp tại cột biển báo Kiệt 391 Trần Cao Vân, Đà Nẵng. Dựa trên hình ảnh đó, nhóm tác giả tiến hành đo lại mức độ ngập trực tiếp tại hiện trường làm cơ sở kiểm chứng đối chiếu kết quả (Hình 11). Mặc dù, Hình 10 được chụp trong điều kiện thiếu sáng, và có độ nhiễu cao do mưa khiến cho ảnh có chất lượng thấp nhưng mô hình vẫn nhận dạng chính xác các điểm cần đo. Và kết quả ước tính độ sâu ngập là 25 cm, trong khi số liệu thực tế thu được từ công tác kiểm tra tại khu vực ngập lụt là 23 cm. Sai số này có thể xảy ra do nhiều yếu tố ảnh hưởng trong quá trình đo kiểm chứng tại hiện trường như sự dao động của nước, chất lượng ảnh cũng làm ảnh hưởng đến khả năng nhận định mức, vị trí ngập của người đo hiện trường. Ngoài ra, khi phóng to ảnh đã qua xử lý mô hình, nhóm tác giả nhận thấy mô hình vẫn bắt lệch một vài điểm ảnh, dẫn đến sai số nhỏ trong tính toán độ sâu ngập lụt, nhưng điều này có thể được cải thiện trong tương lai khi dữ liệu huấn luyện phong phú hơn.



Hình 10. Kết quả xử lý ảnh từ mô hình cho hình ảnh ngập lụt thực tế tại Đà Nẵng [16]



Hình 11. Đo kiểm định kết quả ngập tại Kiệt 391 Trần Cao Vân, Đà Nẵng

Với quy trình tương tự, nhóm tác giả đã thử nghiệm với hình ảnh ngập lụt tại đoạn đường 23 tháng 10, thành phố Nha Trang ngày 15/12/2024, kết quả tính toán được là 18,32cm, và độ sâu ngập thực tế đo lại được là 20cm (Hình 12).

Mô hình đã bước đầu chứng minh được độ tin cậy trong việc cung cấp dữ liệu về độ sâu ngập lụt, giúp hỗ trợ công

tác quản lý và cảnh báo sớm, đánh giá và tính toán mức độ ngập lụt đô thị, tạo tiền đề cho việc triển khai trong các ứng dụng thực tế. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng hệ thống máy tính có cấu hình Core i9 13900, RAM 64GB, GPU RTX 3060 12GB VRAM để huấn luyện và thực hiện quá trình tính toán kết quả. Thời gian trung bình để trích xuất độ sâu ngập nước từ một hình ảnh là 0,027 giây, cho thấy khả năng xử lý nhanh và có thể đáp ứng yêu cầu quan trắc theo thời gian thực. Với sự phát triển ngày càng nhanh của các hệ thống máy chủ hiện nay, việc triển khai trên quy mô lớn là hoàn toàn khả thi. Bên cạnh đó, công nghệ điện toán đám mây có thể được tích hợp để tối ưu hóa quá trình xử lý, giúp quản lý và phân tích dữ liệu từ hệ thống camera giám sát đô thị một cách hiệu quả hơn.



Hình 12. Kết quả xử lý ảnh từ mô hình cho hình ảnh ngập lụt thực tế tại Nha Trang [17]

5. Kết luận

Các kết quả phân tích hình ảnh mô hình mô phỏng ngập lụt trong phòng thí nghiệm đạt độ chính xác cao, chứng minh được tiềm năng áp dụng vào thực tế. Mô hình xử lý ảnh đã cho kết quả khả quan khi so sánh với dữ liệu thực tế thu được từ trận ngập lụt năm 2022 tại Đà Nẵng và trận lụt năm 2024 tại Nha Trang. Với độ chính xác cao trong kết quả kiểm chứng trên hình ảnh mô hình tỉ lệ nhỏ và hình ảnh thực tế chứng tỏ tính khả thi và độ tin cậy của hệ thống trong việc quan trắc ngập lụt đô thị. Thử nghiệm hiện tại chủ yếu được thực hiện tại thành phố Đà Nẵng và Nha Trang, do đó chưa thể đánh giá đầy đủ tính ổn định của mô hình khi áp dụng tại các địa phương có điều kiện môi trường, hệ thống giao thông và mức độ ngập lụt khác nhau. Những khác biệt về chất lượng camera giám sát, điều kiện ánh sáng, và các yếu tố khác có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của mô hình trong thực tế. Ngoài ra, thử nghiệm chưa bao gồm nhiều loại biển báo giao thông khác nhau, đặc biệt là các biển báo có độ phản chiếu cao, bị che khuất một phần hoặc mờ do thời tiết và thời gian. Những yếu tố này có thể làm giảm khả năng nhận diện và định vị chính xác đối tượng tham chiếu, từ đó ảnh hưởng đến độ chính xác trong ước tính độ sâu ngập lụt. Vì vậy, cần mở rộng thử nghiệm trên nhiều khu vực và điều kiện thực tế hơn để đảm bảo mô hình hoạt động ổn định và chính xác khi triển khai trên quy mô lớn.

Trong thời gian tới, nhóm tác giả đề xuất tiếp tục triển khai thử nghiệm thực tế tại một số điểm ngập lụt thường xuyên trong thành phố, sử dụng dữ liệu từ hệ thống camera giám sát giao thông và camera an ninh để kiểm định độ chính xác của mô hình trong nhiều điều kiện thực tế khác nhau (3 bước cuối được thể hiện trong Hình 7). Kết quả thu được sẽ được so sánh với dữ liệu đo đạc thực địa nhằm đánh giá độ tin cậy của mô hình. Sau đó tích hợp hệ thống vào hạ tầng giám sát đô thị thông qua nền tảng dữ liệu tập trung, kết nối với các dữ liệu thời tiết và hệ thống cảnh báo sớm để cung cấp thông tin theo thời gian thực. Việc này giúp đồng bộ hóa dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau, tạo điều kiện thuận lợi cho các cơ quan quản lý theo dõi tình trạng ngập lụt một cách chính xác và kịp thời, tạo cơ hội tích hợp đa nhiệm vào hệ thống camera giám sát, giúp tăng cường hiệu quả sử dụng và hỗ trợ công tác quản lý đô thị bền vững.

Lời cảm ơn: Bài báo này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng với đề tài có mã số: T2024-02-49.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Institute of Strategy and Policy on Natural Resources and Environment, *Viet Nam assessment report on climate change (VARCC)*. Institute of Strategy and Policy on Natural Resources and Environment, 2009.
- [2] Nhom PV, "Climate change: Vietnam is one of the most affected countries", *Bao Lao Dong*, 2022. [Online]. Available: <https://laodong.vn/xa-hoi/bien-doi-khi-hau-viet-nam-la-mot-trong-nhung-quoc-gia-chiu-anh-huong-nang-ne-nhat-1108440.ldo>. [Accessed: 24-Dec-2024].
- [3] Nhom PV, "The effectiveness of AI camera system for urban traffic monitoring", *An ninh Vung Tau*, 2024. [Online]. Available: <https://anninhvungtau.com/tin-tuc/hieu-qua-tu-he-thong-camera-ai-de-giam-sat-giao-thong-do-thi.html>. [Accessed: 01-Jan-2025].
- [4] H. Hiep, "Covering automatic monitoring stations to promptly warn of heavy rain, floods, inundation, and landslides", *baodanang.vn*, 2023. [Online]. Available: <https://baodanang.vn/xa-hoi/202312/phu-day-cac-tram-quan-trac-tu-dong-de-kip-thoi-can-hao-mua-lon-lu-ngap-lut-sat-lo-dat-3961371/index.htm>. [Accessed: 08-Dec-2024].
- [5] Watec, "Automatic flood monitoring station", *watec.vn*. [Online]. Available: <https://watec.vn/products/tram-giam-sat-ngap-lut-do-thi>. [Accessed: 01-Jan-2025].
- [6] P. Du, P. Liu, J. Xia, L. Feng, S. Liu, K. Tan, and L. Cheng, "Remote sensing image interpretation for urban environment analysis: Methods, system and examples", *Remote Sens (Basel)*, vol. 6, no. 10, pp. 9458–9474, 2014.
- [7] M. and O. F. Sadiq Rizwan and Imran, "Remote Sensing for Flood Mapping and Monitoring", in *International Handbook of Disaster Research*, A. Singh, Ed. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 679–697.
- [8] A. Singh, P. Li, K. K. Singh, and V. Saravana, "Real-time intelligent image processing for security applications", *Journal of Real-Time Image Processing*, vol. 18, no. 5. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 1787–1788, 01-Oct-2021.
- [9] Q. Anh, "Proposal to use traffic cameras to fine littering in public places in Ho Chi Minh City", *Giao duc va Thoi dai*, 2018. [Online]. Available: <https://vtcnews.vn/de-xuat-dung-camera-giao-thong-xu-phat-nguoi-xa-rac-noi-cong-cong-o-tphcm-ar443895.html>. [Accessed: 02-Jan-2025].
- [10] C. Tuan, "Ho Chi Minh City residents can watch traffic cameras and ask questions online.", *Tuoi tre Online*, 19-Jan-2025. [Online]. Available: <https://tuoitre.vn/nguoi-dan-tp-hcm-co-the-xem-camera-giao-thong-va-hoi-dap-truc-tuyen-20250119152331947.htm>. [Accessed: 19-Jan-2025].
- [11] J. Gallagher, "What is a Bounding Box? A Computer Vision Guide", *blog.roboflow.com*, 2024. [Online]. Available: <https://blog.roboflow.com/what-is-a-bounding-box/>. [Accessed: 09-Oct-2024].
- [12] P. Potrimb, "What is Keypoint Detection?", *Roboflow*, 13-Oct-2023. [Online]. Available: <https://roboflow.com/model-task-type/keypoint-detection>. [Accessed: 09-Dec-2024].
- [13] A. Abd and E. Ghonem, "Facial Keypoints Detection", *github.com*, 2020. [Online]. Available: <https://github.com/3ba2ii/Facial-Keypoints-Detector>. [Accessed: 01-Jan-2025].
- [14] W. Jiaquan, Q. Youwei, S. Yufang, Y. Tao, Y. Xu, Z. Shuo, Y. Guang, X. Fengchang, and W. Quan, "Automatic detection of urban flood level with YOLOv8 using flooded vehicle dataset", *J Hydrol (Amst)*, vol. 639, Aug. 2024.
- [15] K. Gao, Z. Yang, X. Gao, W. Shao, H. Wei, and T. Xu, "Measuring urban waterlogging depths from video images based on reference objects", *J. Flood Risk Manag*, vol. 17, no. 1, Mar. 2024.
- [16] Q. Dung, "Da Nang flooded widely, hundreds of households rescued at night", *vietnamplus.vn*, 2022 [Online]. Available: <https://www.vietnamplus.vn/da-nang-ngap-lut-dien-rong-cuu-nan-hang-tram-ho-dan-trong-dem-post823804.vnp>. [Accessed: 15-Jan-2025].
- [17] T. Thi, "Floods poured into Nha Trang city at night, many places were deeply submerged", *Dan tri*, 16-Dec-2024. [Online]. Available: <https://dantri.com.vn/xa-hoi/lu-do-ve-thanh-pho-nha-trang-trong-dem-nhieu-noi-ngap-sau-20241215222908584.htm>. [Accessed: 16-Jan-2025].