

Bài báo khoa học

Đánh giá hiệu quả của việc ứng dụng bộ công cụ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định do mưa lớn

Lê Thị Huệ^{1*}, Đào Tiến Đạt¹, Đinh Thị Hương Thơm¹, Phạm Thị Diệu Thúy¹, Nguyễn Thu Lan¹, Đỗ Thị Ngọc Hoa¹, Vũ Thị Thanh Huyền¹

¹Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Đồng bằng và Trung du Bắc Bộ;
minhhuekttv@gmail.com; daodat81@gmail.com; thomdth91@gmail.com; phamdieu-thuykttv@gmail.com; nguyenlandbbb@gmail.com; ngochoakttv@gmail.com; vthu-yen1999@gmail.com

*Tác giả liên hệ: minhhuekttv@gmail.com; Tel: +84–934537242

Ban Biên tập nhận bài: 5/8/2024; Ngày phản biện xong: 12/9/2024; Ngày đăng bài: 25/2/2025

Tóm tắt: Hiện nay có nhiều nghiên cứu xây dựng hệ thống cảnh báo sớm thiên tai đã được thực hiện trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Thành phố Nam Định là một trong những khu vực xảy ra ngập lụt nặng nề và thường xuyên. Khi mưa lớn kéo dài khoảng 30 phút, nhiều tuyến đường đã bắt đầu ngập. Các tuyến đường như Hàng Thao, Ngô Quyền, Máy Tơ, Trần Phú, Trần Hưng Đạo... với lượng mưa trên 50mm thì đã ngập từ 30-40 cm có nơi 50-70 mm thời gian ngập từ 1-2 giờ. Do đó, rất cần có một bộ công cụ được xây dựng để cảnh báo sớm ngập lụt cho thành phố Nam Định. Nghiên cứu này đưa ra bộ công cụ cảnh báo ngập thành phố Nam Định do mưa lớn với lõi của hệ thống là mô hình MIKE Urban đã được hiệu chỉnh và kiểm định, biên mưa đầu vào là mưa dự báo ước lượng từ radar, vệ tinh. Ba trận mưa lớn vào các năm 2022, 2023, 2024 được dùng để đánh giá khả năng ứng dụng của bộ công cụ này và cho hiệu quả tốt, có thể đưa vào nghiệp vụ thực tế và nhân rộng cho các đô thị khác.

Từ khóa: Công cụ cảnh báo ngập lụt; Mô hình MIKE Urban; Thành phố Nam Định; Mưa tổ hợp; Mưa vệ tinh; Mưa radar.

1. Giới thiệu

Trên thế giới đã và đang có nhiều nghiên cứu ứng dụng công nghệ hiện đại trong ngập úng đô thị [1–6], đặc biệt có thể kể đến một vài nghiên cứu như [7] đã kết hợp các mô hình khí quyển có độ phân giải cao với mô hình thủy động lực để dự báo ngập lụt đô thị. Nhằm mục đích kéo dài thời gian dự báo để giải quyết vấn đề về độ phân giải thấp và thời gian thực hiện ngắn của phương pháp dự báo ngập úng đô thị truyền thống. Lượng mưa đo được trên mặt đất cần được thay thế bằng các sản phẩm mưa dự báo có độ phân giải cao từ mô hình khí quyển qui mô trung bình (dự báo thời tiết số, NWP) làm dữ liệu đầu vào của hệ thống dự báo ngập úng. Hệ thống đã được áp dụng cho khu vực Fengxi New Town (Trung Quốc). Kết quả cho thấy mô hình có thể dự báo chính xác các điểm ngập úng. Xu hướng diễn biến mô phỏng theo diện tích và độ sâu ngập cũng phù hợp với tình hình thực tế, từ đó cho thấy hệ thống có khả năng dự báo tốt quá trình ngập úng đô thị. Phạm vi lũ lụt được phát hiện từ xa thu được trong thời gian gần thực có thể được sử dụng để quản lý sự cố lũ lụt khẩn cấp và làm quan sát để đồng hóa vào các mô hình dự báo lũ lụt. Các cảm biến radar khẩu độ tổng hợp (SAR) có độ phân giải cao có khả năng phát hiện phạm vi lũ lụt ở các khu vực đô thị thông qua các đám mây vào cả ban ngày và ban đêm [8]. Quy trình dự báo và cảnh báo ngập lụt đô thị ở Hàn Quốc được xây dựng cho một lưu vực đô thị phức hợp trong đó đất liền và sông được kết nối hữu cơ [9], nghiên cứu dựa trên mô hình đô thị tích hợp mô hình lượng mưa - dòng chảy và phương pháp dựa trên dữ liệu của mô hình học sâu đã được sử dụng để dự đoán thiệt

hại do lũ lụt đô thị; dự báo lũ và cảnh báo dòng chảy trong đô thị, mô hình học sâu, vanilla ANN, dài hạn ngắn hạn Bộ nhớ (LSTM), Stack-LSTM và LSTM hai chiều đã được xây dựng. Các mô hình sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian thủy văn 10 phút từ các trạm đo để cảnh báo nguy cơ ngập lụt dự kiến dựa trên mực nước dòng chảy trong đô thị. Nghiên cứu [10] dự báo lũ được thực hiện bằng cách sử dụng kết quả đầu ra từ tổ hợp WRF và Hệ thống dự báo toàn cầu (GFS); các mô hình WRF và PCSWMM được kết hợp một chiều với các dự báo lượng mưa từ lưới độ phân giải cao của mô hình khí quyển được đưa vào mô hình thủy văn để tạo dự báo lũ lụt tại các địa điểm được xác định trước trong thành phố.

Ngập úng đô thị đã và đang là vấn đề được quan tâm trong nhiều năm qua, một số đề tài dự án đã và đang thực hiện với mục đích cảnh báo sớm ngập úng đô thị giúp nhà quản lý chủ động đưa ra các kế hoạch ứng phó [11]. Nghiên cứu [12] đưa ra tiếp cận mô phỏng 2 chiều cho thành phố Hà Tĩnh để xác định những nguyên nhân gây ngập lụt cụ thể; sau khi hiệu chỉnh và kiểm định đã đưa ra được bộ thông số thủy văn, thủy lực 1 chiều, 2 chiều của mô hình và tài liệu địa hình đã xử lý phù hợp; nghiên cứu khẳng định một trong những nguyên nhân chính của ngập lụt là do hiện trạng thoát nước không đồng bộ giữa hệ thống cũ và hệ thống mới, hệ thống cũ có kích thước đường ống quá nhỏ, theo thời gian độ sâu chôn cống bị thay đổi nhiều nên không còn đủ khả năng tiêu thoát nước. Các nghiên cứu [13–15] ứng dụng mô hình MIKE FLOOD có sự kết hợp các mô đun MIKE 11, MIKE 21 và MIKE Urban, để thiết lập hệ thống thoát nước khu vực nội thành Hà Nội và xây dựng hệ thống dự báo ngập lụt đô thị cho khu vực Hà Nội sử dụng số liệu mưa lưới độ phân giải cao. Nghiên cứu [16] đã chỉ ra được tình trạng hệ thống mất cân bằng cục bộ là nguyên nhân gây úng ngập cho khu vực nội thành Hà Nội. Dự án [17] sử dụng gói phần mềm thương mại của DHI gồm các modul MIKE11; MIKE21; MIKE Flood và MIKE Urban. Ngoài ra còn sử dụng phần mềm DOWscaling (SDSM: Statistical Downscaling Model) để nghiên cứu về biến đổi khí hậu. Việc thiết lập mô phỏng MIKE Urban đưa ra kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt, do đó có thể nói MIKE Urban là mô hình chính của Dự án. Tiến hành sử dụng MIKE Urban để mô phỏng tính toán quá trình mưa - dòng chảy trong hệ thống cống và hồ ga thu nước, sau đó kết nối kết quả thu được với lưới cấu trúc tạo trên nền DEM để xây dựng bản đồ cảnh báo úng ngập cho khu vực nghiên cứu. Nghiên cứu [18] đã nghiên cứu ứng dụng các mô hình MIKE FLOOD, MIKE Urban, MIKE 21 để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) đến tình trạng ngập lụt ở thành phố Nam Định theo 2 kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Nghiên cứu cho thấy BĐKH có tác động mạnh đến ngập lụt ở thành phố Nam Định, diện tích ngập, độ sâu ngập có nguy cơ tăng mạnh, đặc biệt là trong thời kỳ cuối của thế kỷ 21.

Qua các nghiên cứu về ngập lụt đô thị trong và ngoài nước, nhận thấy rằng vấn đề ngập lụt đô thị đã được nghiên cứu nhiều và chi tiết. Các nghiên cứu đã sử dụng các mô hình thủy văn, thủy lực khác nhau, các dữ liệu khí tượng thủy văn (KTTV), địa hình, để phân tích nguyên nhân hình thành, đặc điểm, đặc trưng ngập lụt các đô thị; đã sử dụng các nguồn mưa dự báo từ các mô hình khác nhau để mô phỏng tính toán, xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lụt với nhiều phương án khác nhau, có tính đến sự ảnh hưởng của BĐKH theo các kịch bản đã được công bố. Tuy nhiên hiện nay chưa có công cụ mô phỏng ngập lụt do mưa lớn cho thành phố Nam Định và hệ thống cảnh báo ngập úng do mưa lớn cho thành phố Nam Định. Nghiên cứu này đã sử dụng mô hình MIKE Urban để mô phỏng ngập lụt do mưa lớn và từ đó xây dựng được bộ công cụ cảnh báo sớm ngập lụt trước 6 giờ cho thành phố Nam Định với đầu vào là lượng mưa ước lượng từ vệ tinh, radar đầu ra là bản đồ cảnh báo ngập, dự báo ngập lụt tại các địa điểm được xác định trước trong thành phố và sau đó đánh giá hiệu quả của việc ứng dụng bộ công cụ trong một vài trận mưa thực tế.

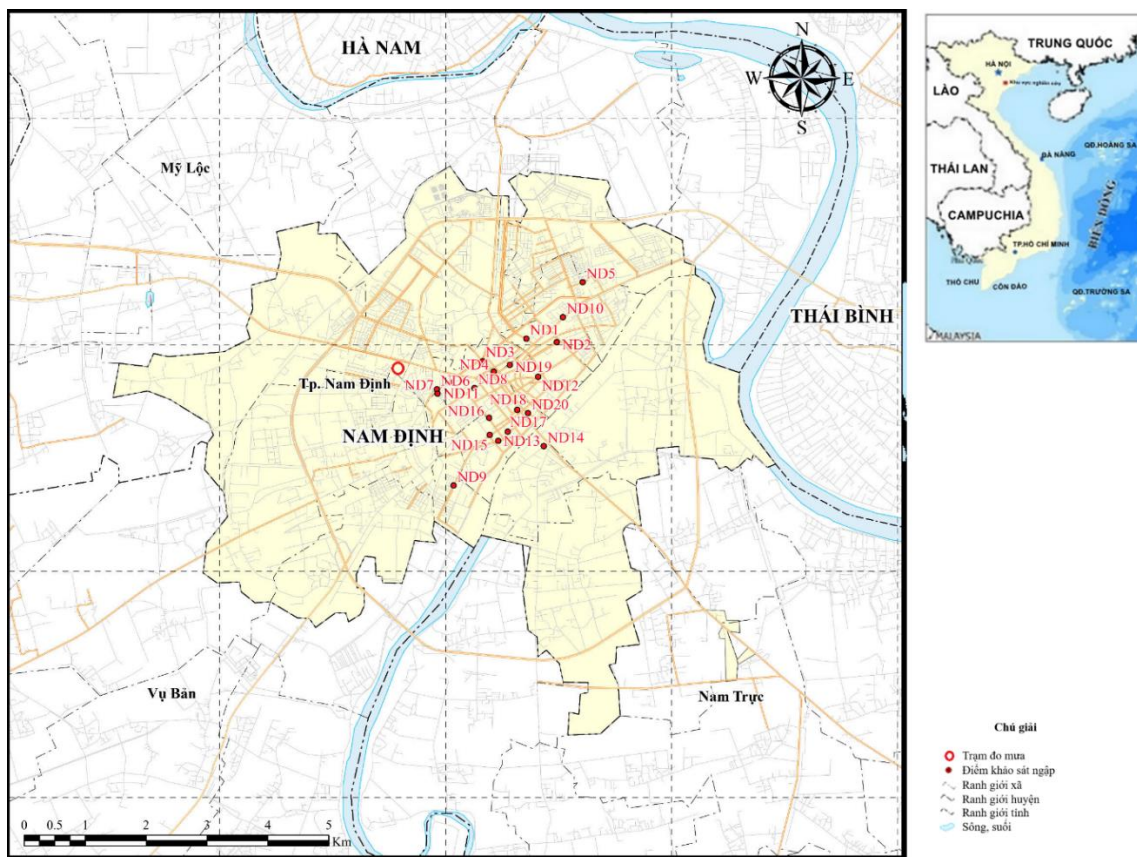
2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Thành phố Nam Định ở vị trí 106°12' Đông, 20°24' Bắc, cách Hà Nội, Hải Phòng từ 80-90 km, cách Ninh Bình 28 km và cách biển khoảng 45 km. Nam Định là một thành phố nằm

ở phía Bắc của tỉnh Nam Định và nằm ở trung tâm đồng bằng Bắc Bộ có mạng lưới giao thông quốc gia: đường bộ, đường sắt, đường thủy thuận tiện. Phía Bắc và Đông Bắc tiếp giáp Thái Bình. Phía Tây Bắc và Tây Nam giáp các giáp huyện Mỹ Lộc, Vụ Bản. Phía Đông Nam giáp huyện Nam Trực [19].

Cũng như nhiều thành phố khác ở Việt Nam, thành phố Nam Định có hệ thống thoát nước chung. Nước mưa và nước thải tại trung tâm thành phố tập trung vào các cống ngầm rồi đổ vào hệ thống kênh thoát nước chung của khu vực. Ngoại thành thành phố chủ yếu thoát nước tự nhiên chảy theo địa hình rồi tập trung nước vào hệ thống kênh rạch hoặc qua hệ thống cống, trạm bơm cưỡng bức ra kênh tự nhiên và sông Hồng. Hệ thống thoát nước trung tâm thành phố Nam Định có cấu trúc hỗn hợp gồm 48,5 km cống bê tông cốt thép có kích thước từ 300÷2000 m; 22 km mương hở (mương đào và mương đất) và 60 ha hồ, ao là các hồ: Truyền Thống, Vỹ Hoàng, Vỹ Xuyên, Năng Tĩnh, Sơn Nam, Bảo Bồi, An Trạch, Lộc Vương, đầm Đò, Hang Nàn. Hệ thống thoát nước trung tâm thành phố Nam Định được chia thành ba lưu vực thoát nước chính: Đông Bắc, Tây Nam và Tây Bắc. Mặc dù mạng lưới thoát nước hiện tại của thành phố về cơ bản hoàn chỉnh, nhưng vẫn chưa đáp ứng được yêu cầu tách nước mưa và nước thải. Khi có mưa lớn, nước mưa không thoát được do kích thước cống không đủ tiêu chuẩn nên sẽ xuất hiện các khu vực bị ngập. Thống kê cho thấy, thời gian gần đây, mức độ ngập lụt đô thị đã tăng lên (năm 2015 có 8 điểm ngập, năm 2023 có hơn 20 điểm ngập (thời gian ngập 20-25 giờ, độ sâu ngập khoảng 30-100 cm) (Hình 1).



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

2.2. Thu thập số liệu

a) Số liệu mưa

Dữ liệu từ trạm đo mưa tự động Nam Định, mưa thực đo thủ công (nguồn Đài KTTV khu vực Đồng bằng và Trung du Bắc Bộ) để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình, đánh giá mưa dự báo và tái phân tích các trận mưa ngập đã qua. Mưa ước lượng từ vệ tinh, mưa ước lượng từ radar (nguồn Trung tâm Dự báo KTTV Quốc gia) làm biên đầu vào cho hệ thống khi thực hiện cảnh báo ngập cho khu vực nghiên cứu.

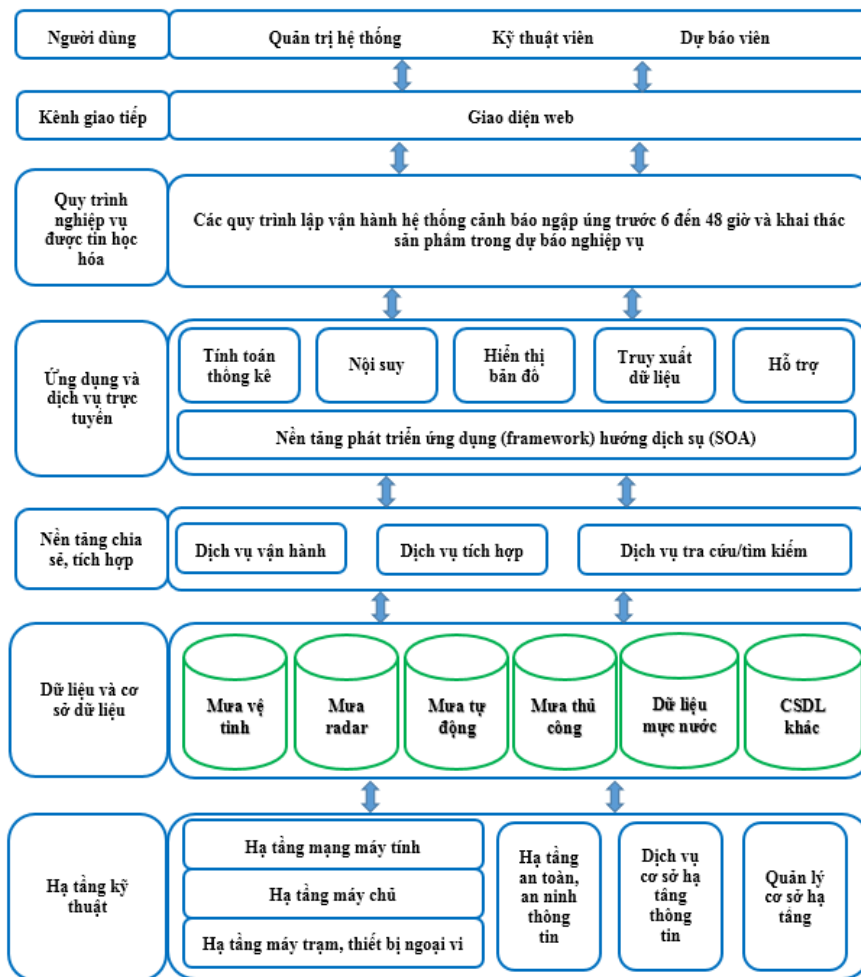
b) Dữ liệu hệ thống hồ ga, cống rãnh và trạm bơm tại khu vực nghiên cứu
Hệ thống cống rãnh và hồ ga, trạm bơm của thành phố Nam Định được thu thập từ sơ đồ hiện trạng hệ thống thoát nước thải và nước mưa của thành phố Nam Định trong quy hoạch thành phố Nam Định đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

c) Tài liệu địa hình
- Sử dụng lớp DEM 10m×10m của thành phố Nam Định được thu thập từ Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, kết hợp với lớp DEM của đường phố, nhà cửa, các công trình kiến trúc sông, hồ, ao... từ hình ảnh thực tế trên Google Earth sau đó số hóa bằng phần mềm ArcGIS.
- Dữ liệu mặt cắt ngang của các sông chính trong khu vực nghiên cứu được thu thập từ các dự án đã thực hiện tại thành phố Nam Định.

d) Vị trí khảo sát ngập
Khảo sát ngập tại các vị trí ngập trong thực tế đã xảy ra với các trận mưa lớn (trận 1: ngày 14-15/10/2020 và trận 2: Ngày 8-9/9/2021) để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE Urban; các trận mưa ngày 8-9/9/2022; ngày 28/9/2023 và ngày 9/6/2024 chạy thử nghiệm bộ công cụ cảnh báo ngập cho thành phố Nam Định và đánh giá hiệu quả cảnh báo ngập của bộ công cụ này.

2.3. Phương pháp sử dụng

- Mô hình MIKE Urban mô phỏng ngập lụt từ dữ liệu mưa thu thập tại các trạm đo mưa tự động, đo mưa thủ công, mưa dự báo ước lượng từ radar, vệ tinh
- Xây dựng bộ công cụ cảnh báo ngập cho Thành phố Nam Định bằng ngôn ngữ lập trình Python và Dart với các chức năng chính được thể hiện trong hình 2.



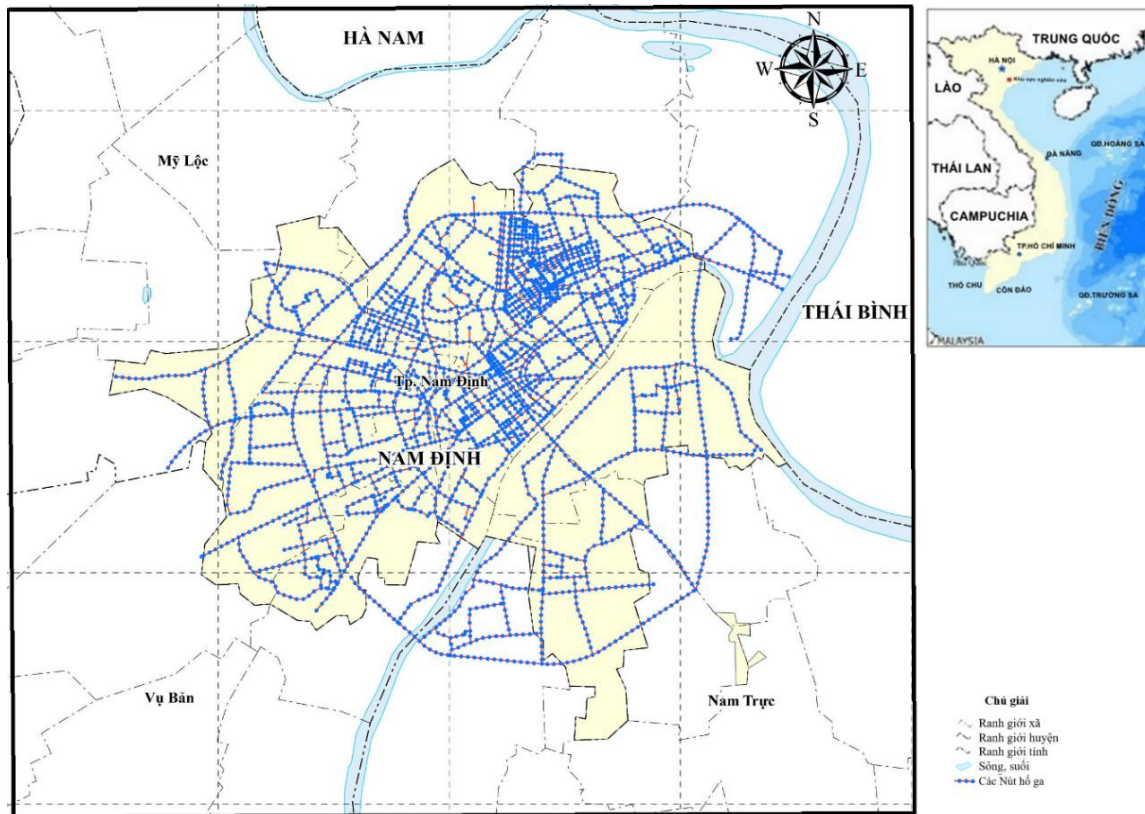
Hình 2. Mô hình kiến trúc phần mềm của bộ công cụ cảnh báo ngập lụt do mưa lớn trước 6 giờ cho thành phố Nam Định.

Bộ công cụ cảnh báo ngập lụt có lỗi là mô hình MIKE Urban với mưa tổ hợp dự báo ước lượng từ vệ tinh, ước lượng từ radar làm biên đầu vào. Bộ công cụ mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy trong hệ thống cống và hồ ga thu nước, sau đó kết nối kết quả thu được với lưới cấu trúc tạo trên nền DEM để xây dựng bản đồ cảnh báo ứng ngập cho khu vực nghiên cứu và tạo dự báo ngập lụt tại các địa điểm được xác định trước trong thành phố.

3. Kết quả và thảo luận

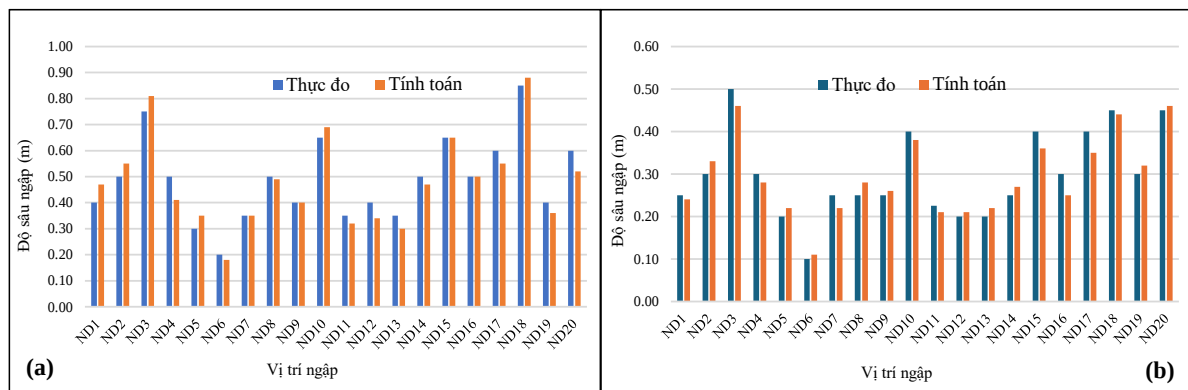
3.1. Kết quả mô phỏng mô hình Mike Urban

Mô hình MIKE Urban được thiết lập cho Thành phố Nam Định, mô hình được thiết lập mô phỏng như hình 3 và các vị trí khảo sát ngập lụt thể hiện trong Hình 1.



Hình 3. Mạng mô phỏng hệ thống thoát nước thành phố Nam Định trong MIKE Urban.

Với hệ thống đã thiết lập bên trên kết hợp tài liệu điều tra vết ngập thực tế với biên đầu vào là dữ liệu mưa giờ tại trạm đo mưa tự động, đo mưa thủ công Nam Định đo ngày 14-15/10/2020 để hiệu chỉnh mô hình và đo ngày 8-9/9/2021 để kiểm định mô hình. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định độ sâu ngập lụt được thể hiện như các bảng 1,2 và hình 4a, b.



Hình 4. Kết quả độ sâu ngập lụt: (a) Hiệu chỉnh, (b) Kiểm định.

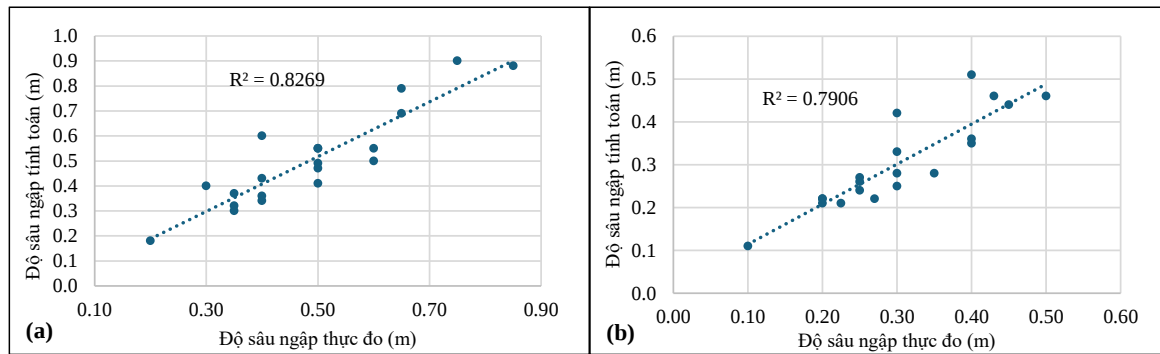
Bảng 1. Sai số hiệu chỉnh mô hình MIKE Urban.

Vị trí ngập	Địa điểm khảo sát	Thực đo	Tính toán	$\Delta H(m)$
ND1	Đường Vị Hoàng	0,40	0,60	0,20
ND2	Đường Nguyễn Du	0,50	0,55	0,05
ND3	Đường Trần Hưng Đạo	0,75	0,90	0,15
ND4	Đường Lý Thường Kiệt	0,50	0,41	-0,09
ND5	Đường Lương Văn Can	0,30	0,40	0,10
ND6	Đường Lương Thế Vinh	0,20	0,18	-0,02
ND7	Đường Đoàn Trần Nghiệp	0,35	0,37	0,02
ND8	Đường Trần Đăng Ninh	0,50	0,49	-0,01
ND9	Đường Trần Bình San	0,40	0,43	0,03
ND10	Đường Hàn Thuyên	0,65	0,79	0,14
ND11	Đường Lê Hồng Sơn	0,35	0,32	-0,03
ND12	Đường Lê Hồng Phong	0,40	0,34	-0,06
ND13	Đường Trần Quang Khải	0,35	0,30	-0,05
ND14	Đường Cầu Đò Quan	0,50	0,47	-0,03
ND15	Đường Hàng Thao	0,65	0,69	0,04
ND16	Đường Tô Hiệu	0,50	0,55	0,05
ND17	Đường Ngô Quyền	0,60	0,55	-0,05
ND18	Đường Máy Tơ	0,85	0,88	0,03
ND19	Đường Hàng Tiện	0,40	0,36	-0,04
ND20	Đường Hàng Cau	0,60	0,50	-0,10

Bảng 2. Sai số kiểm định mô hình MIKE Urban.

Vị trí ngập	Địa điểm khảo sát	Thực đo	Tính toán	$\Delta H(m)$
ND1	Đường Vị Hoàng	0,25	0,24	-0,01
ND2	Đường Nguyễn Du	0,30	0,33	0,03
ND3	Đường Trần Hưng Đạo	0,50	0,46	-0,04
ND4	Đường Lý Thường Kiệt	0,30	0,28	-0,02
ND5	Đường Lương Văn Can	0,20	0,22	0,02
ND6	Đường Lương Thế Vinh	0,10	0,11	0,01
ND7	Đường Đoàn Trần Nghiệp	0,27	0,22	-0,05
ND8	Đường Trần Đăng Ninh	0,35	0,28	-0,07
ND9	Đường Trần Bình San	0,25	0,26	0,01
ND10	Đường Hàn Thuyên	0,40	0,51	0,11
ND11	Đường Lê Hồng Sơn	0,23	0,21	-0,02
ND12	Đường Lê Hồng Phong	0,20	0,21	0,01
ND13	Đường Trần Quang Khải	0,20	0,22	0,02
ND14	Đường Cầu Đò Quan	0,25	0,27	0,02
ND15	Đường Hàng Thao	0,40	0,36	-0,04
ND16	Đường Tô Hiệu	0,30	0,25	-0,05
ND17	Đường Ngô Quyền	0,40	0,35	-0,05
ND18	Đường Máy Tơ	0,45	0,44	-0,01
ND19	Đường Hàng Tiện	0,30	0,42	0,12
ND20	Đường Hàng Cau	0,43	0,46	0,03

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định của mô hình cho thấy mô hình đã mô phỏng tương đối tốt độ sâu ngập tại một số vị trí kiểm tra với sai số độ sâu ngập trung bình là 0,01-0,20m, tương quan giữa độ sâu ngập thực đo và tính toán khoảng 0,8 (Hình 5). Do đó, mô hình MIKE Urban với bộ thông số tìm được sẽ được sử dụng để thiết lập bộ công cụ cảnh báo ngập cho thành phố Nam Định.

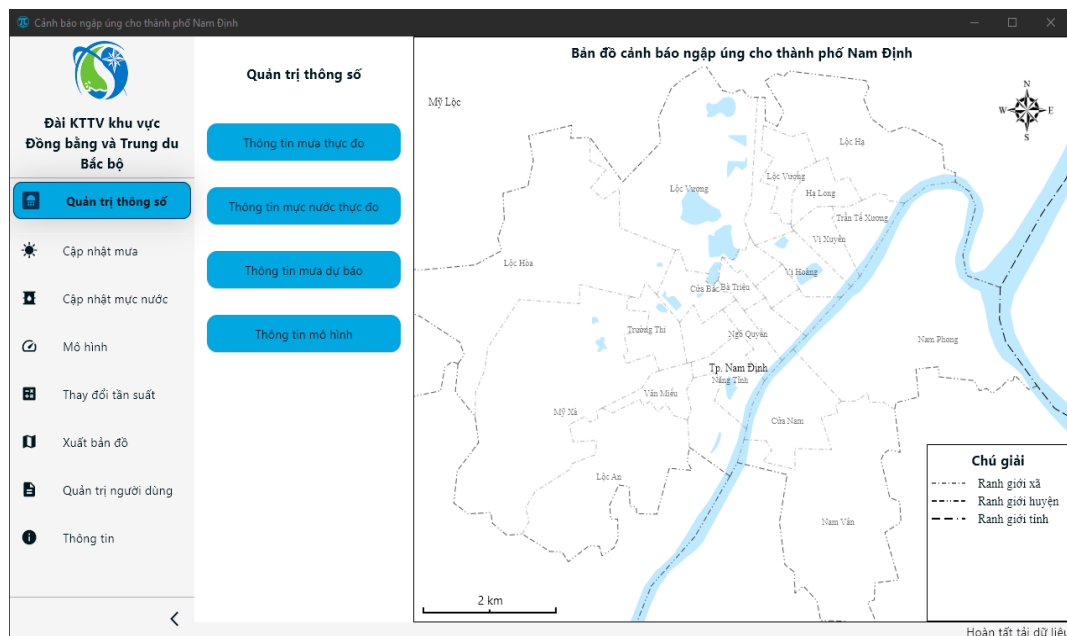


Hình 5. Tương quan giữa độ sâu ngập thực đo và tính toán: (a) Hiệu chỉnh, (b) Kiểm định.

3.2. Kết quả xây dựng bộ công cụ cảnh báo ngập cho thành phố Nam Định

3.2.1. Bộ công cụ cảnh báo ngập cho thành phố Nam Định

Bộ công cụ cảnh báo ngập lụt được xây dựng với lõi của bộ công cụ là mô hình MIKE Urban mô phỏng ngập lụt cho thành phố Nam Định đã được hiệu chỉnh - kiểm định để tìm ra bộ thông số phù hợp. Hình 6 là giao diện chính của bộ công cụ.



Hình 6. Giao diện bộ công cụ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định do mưa lớn.

3.2.2. Thử nghiệm bộ công cụ với một số trận mưa ngập

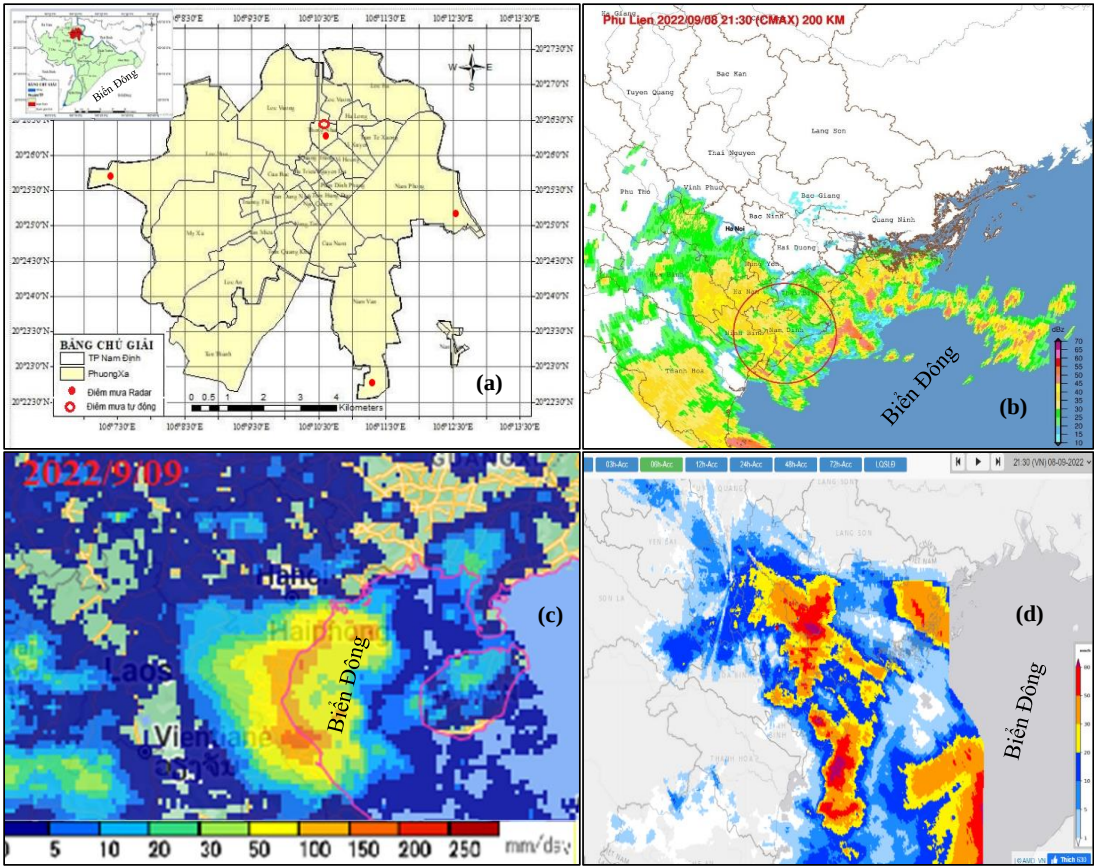
Trong khuôn khổ nghiên cứu này, trước hết sử dụng mưa tổ hợp dự báo thời hạn 06h ước lượng từ radar và ước lượng từ vệ tinh [23] để đánh giá hiệu quả của bộ công cụ, trong tương lai sẽ thêm modul sử dụng mưa dự báo thời hạn từ 06h-48h từ các mô hình dự báo số khí tượng để tăng thời hạn cảnh báo sớm ngập lụt cho thành phố Nam Định.

a) Số liệu mưa dự báo trận mưa 8-9/9/2022 với hạn dự báo 06h

Bảng 3. Mưa tổ hợp ước lượng từ vệ tinh và radar và mưa thực đo từ trạm đo mưa tự động Nam Định (Đơn vị: mm).

Thời gian	Tp. Nam Định 20.43'-106.15'	Phía tây Tp. Nam Định 20.33'-106.07'	Phía đông Tp. Nam Định 20.43'-106.23'	Phía nam Tp. Nam Định 20.31'-106.18'	Mưa tự động tại Nam Định
8/9/2022	1,9	2,4	1,0	2,9	2,2
8/9/2022	0,9	1,0	0,3	2,1	10,0
8/9/2022	0,9	2,6	0,0	3,2	6,6
8/9/2022	1,6	2,9	1,5	4,4	6,1

Thời gian	Tp. Nam Định 20.43'-106.15'	Phía tây Tp. Nam Định 20.33'-106.07'	Phía đông Tp. Nam Định 20.43'-106.23'	Phía nam Tp. Nam Định 20.31'-106.18'	Mưa tự động tại Nam Định
8/9/2022	8,9	7,2	8,1	8,1	19,9
9/9/2022	12,0	9,7	10,8	10,4	17,7
9/9/2022	31,3	49,5	10,9	11,4	56,8
9/9/2022	21,6	20,6	10,9	12,8	56,6
9/9/2022	8,7	8,1	8,2	10,9	11,9
9/9/2022	4,7	5,2	4,1	7,3	8,8
9/9/2022	4,2	3,4	5,6	5,2	1,9
9/9/2022	5,5	3,1	5,3	3,2	0,8
9/9/2022	6,2	4,9	6,7	4,6	1,5
9/9/2022	6,3	7,1	6,6	5,9	3,9
9/9/2022	9,9	11,7	5,5	7,6	5,9
9/9/2022	4,4	6,9	1,7	5,0	7,5
9/9/2022	6,9	6,4	4,2	12,1	4,6
9/9/2022	4,8	5,9	3,5	8,9	2,0
Tổng	140,7	158,6	94,9	126,0	224,7



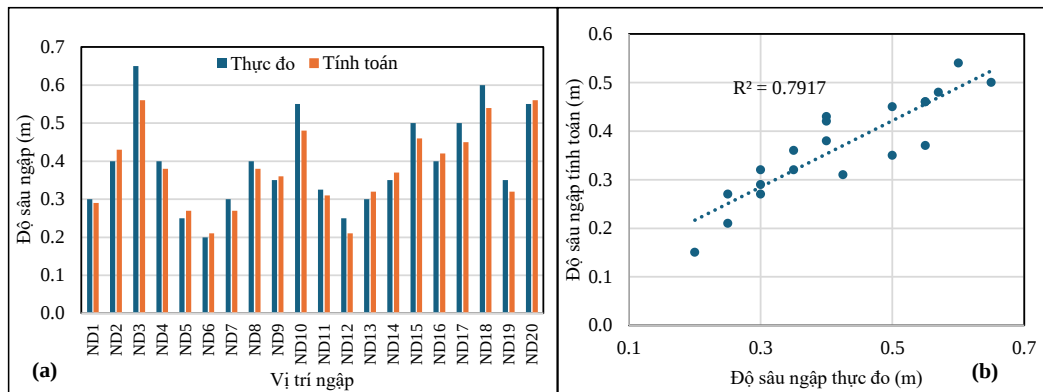
Hình 7. (a) Các điểm trích xuất mưa ước lượng, (b) Ảnh radar tại trạm Radar Phù Liên lúc 21h30 ngày 08/9/2022; (c) Ảnh vệ tinh lúc 21h30 ngày 08/9/2022, (d) Ảnh mưa dự báo lúc 21h30 ngày 08/9/2022 [25].

Kết quả bộ công cụ được so sánh với các vị trí ngập xảy ra trong khu vực nghiên cứu và được thể hiện trong hình 8 và bảng 4.

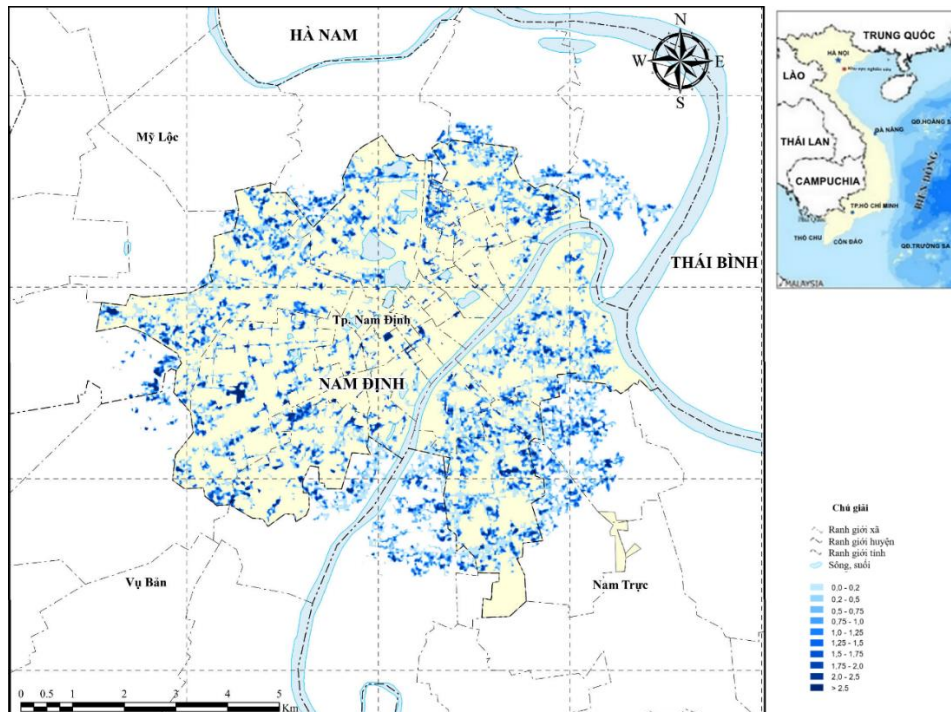
Bảng 4. Sai số kết quả bộ công cụ cảnh báo ngập lụt.

Vị trí ngập	Địa điểm khảo sát	Thực đo	Tính toán	$\Delta H(m)$
ND1	Đường Vị Hoàng	0,30	0,29	-0,01
ND2	Đường Nguyễn Du	0,40	0,43	0,03
ND3	Đường Trần Hưng Đạo	0,65	0,50	-0,15
ND4	Đường Lý Thường Kiệt	0,50	0,35	-0,15
ND5	Đường Lương Văn Can	0,25	0,27	0,02
ND6	Đường Lương Thế Vinh	0,20	0,15	-0,05
ND7	Đường Đoàn Trần Nghiệp	0,30	0,27	-0,03

Vị trí ngập	Địa điểm khảo sát	Thực đo	Tính toán	$\Delta H(m)$
ND8	Đường Trần Đăng Ninh	0,40	0,38	-0,02
ND9	Đường Trần Bình San	0,35	0,36	0,01
ND10	Đường Hàn Thuyên	0,57	0,48	-0,09
ND11	Đường Lê Hồng Sơn	0,43	0,31	-0,115
ND12	Đường Lê Hồng Phong	0,25	0,21	-0,04
ND13	Đường Trần Quang Khải	0,30	0,32	0,02
ND14	Đường Cầu Đò Quan	0,55	0,37	-0,18
ND15	Đường Hàng Thao	0,55	0,46	-0,09
ND16	Đường Tô Hiệu	0,40	0,42	0,02
ND17	Đường Ngô Quyền	0,50	0,45	-0,05
ND18	Đường Máy Tơ	0,60	0,54	-0,06
ND19	Đường Hàng Tiện	0,35	0,32	-0,03
ND20	Đường Hàng Cau	0,55	0,46	-0,09



Hình 8. (a) So sánh kết quả cảnh báo ngập từ bộ công cụ với số liệu thực đo, (b) Tương quan giữa ngập thực đo và dự báo trong trận mưa ngày 8-9/9/2022.



Hình 9. Bản đồ cảnh báo ngập lớn nhất thành phố Nam Định với số liệu mưa dự báo ngày 8-9/8/2022.

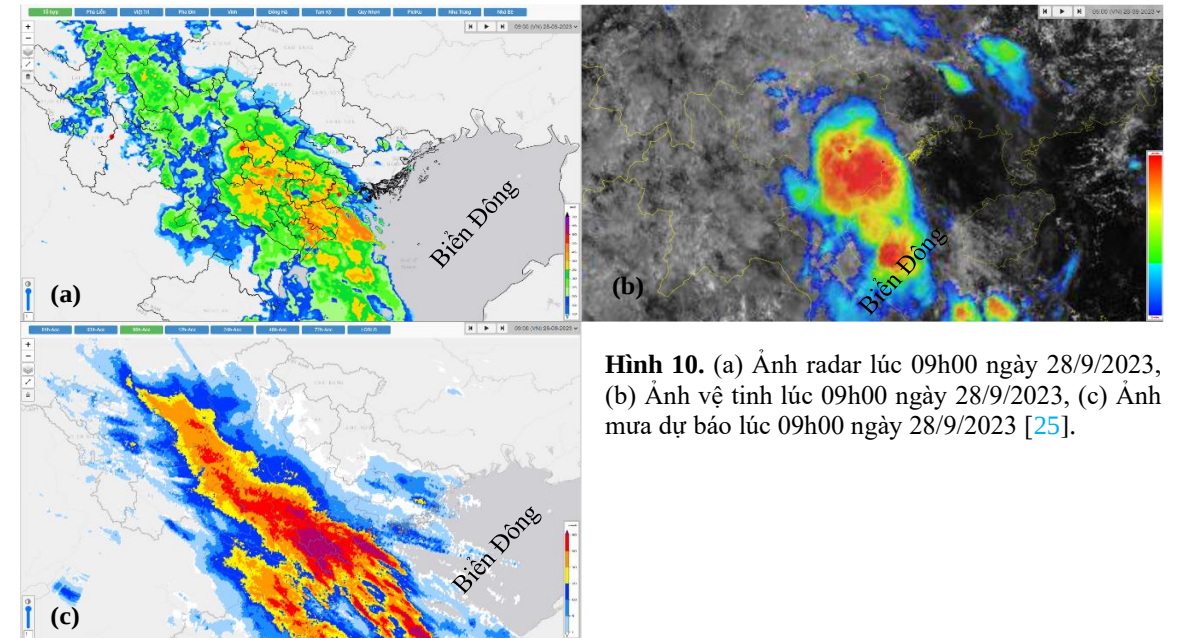
Có thể nhận thấy bộ công cụ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định đã đưa ra kết quả tương đối chính xác; các vị trí ngập xảy ra trong thực tế đã mô phỏng được và sai số giữa độ sâu ngập lụt dự báo từ bộ công cụ với độ sâu ngập lụt xảy ra trong thực tế là tương đối thấp (0,03-0,18 m). Theo bảng 3 mưa tổ hợp ước lượng từ vệ tinh và radar thiên thấp hơn so với mưa thực đo tại trạm Nam Định và trong hình 8, bảng 4 cũng cho thấy độ sâu ngập tính toán

thiên thấp hơn so với độ sâu ngập khảo sát được. Kết quả cuối cùng bộ công cụ đưa ra bản đồ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định như hình 9. Có thể nhận thấy bộ công cụ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định đã đưa ra bản đồ thể hiện được toàn bộ các vị trí ngập và độ sâu ngập tương đối chính xác so với thực tế.

b) Số liệu mưa dự báo trận mưa ngày 28/9/2023 với thời hạn dự báo 06h
Tổng lượng mưa từ 01h00 đến 13h00 ngày 28/9/2023 là 168,0 mm. Trong trận mưa này nhiều tuyến đường của thành phố Nam Định ngập nặng như các tuyến đường: Hàn Thuyên, Hùng Vương, Trần Hưng Đạo... ngập sâu 50-70 cm [24]. Trong trận mưa này lượng mưa tổ hợp ước lượng từ radar và ước lượng vệ tinh đều thấp hơn lượng mưa thực đo tại trạm đo mưa tự động (Bảng 5).

Bảng 5. Mưa tổ hợp ước lượng từ vệ tinh, radar và mưa thực đo từ trạm đo mưa tự động Nam Định (Đơn vị: mm).

Thời gian	TP.Nam Định 20.43'-106.15'	Phía tây TP.Nam Định 20.33'-106.07'	Phía đông TP.Nam Định 20.43'-106.23'	Phía nam TP.Nam Định 20.31'-106.18'	Mưa tự động tại Nam Định
01:00 28/09	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
02:00 28/09	0,2	0,6	0,4	0,0	0,2
03:00 28/09	6,4	3,2	5,8	0,0	4,8
04:00 28/09	5,6	0,2	0,0	0,0	1,2
05:00 28/09	0,0	0,0	0,4	4,2	13,2
06:00 28/09	6,0	45,8	31,0	44,2	65,8
07:00 28/09	36,0	37,4	16,0	15,2	12,6
08:00 28/09	9,4	11,4	7,2	2,4	23,0
09:00 28/09	7,2	8,6	14,6	4,2	13,8
10:00 28/09	23,2	7,4	1,8	2,8	26,6
11:00 28/09	33,2	2,8	4,8	2,4	3,4
12:00 28/09	2,2	2,6	3,6	1,6	2,4
13:00 28/09	0,4	1,0	0,2	0,2	1,0
Tổng lượng	130,0	121,0	85,8	77,2	168,0



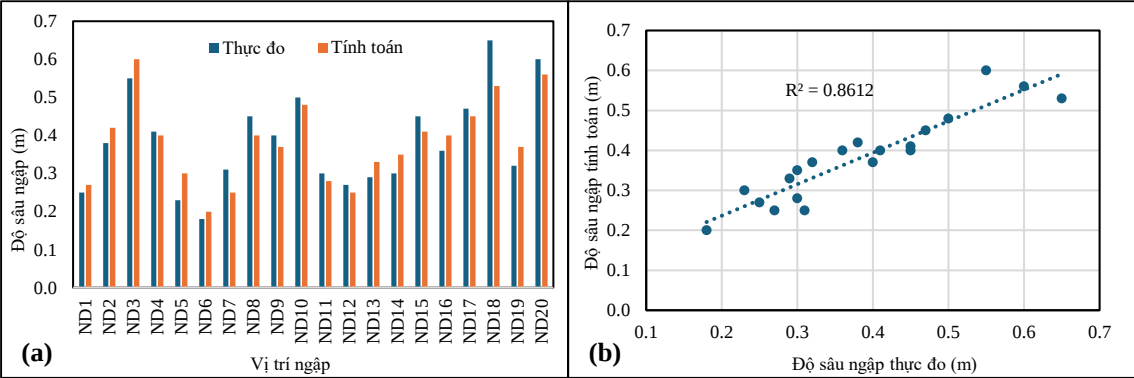
Hình 10. (a) Ảnh radar lúc 09h00 ngày 28/9/2023, (b) Ảnh vệ tinh lúc 09h00 ngày 28/9/2023, (c) Ảnh mưa dự báo lúc 09h00 ngày 28/9/2023 [25].

Bảng 6. Sai số kết quả bộ công cụ cảnh báo ngập lụt.

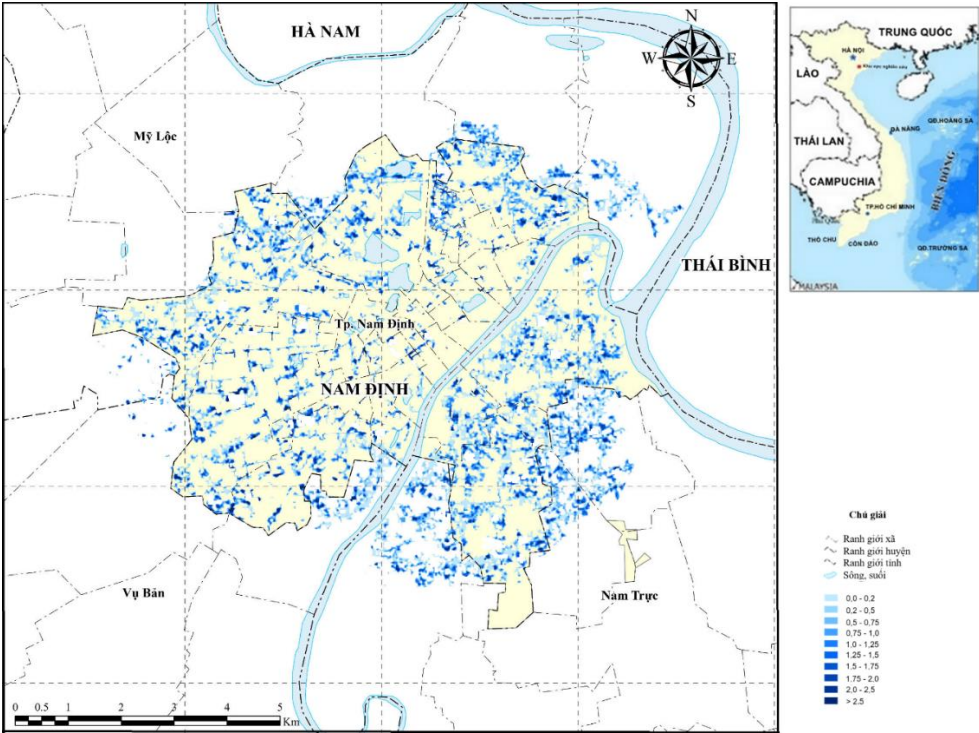
Vị trí ngập	Địa điểm khảo sát	Thực đo	Tính toán	$\Delta H(m)$
ND1	Đường Vị Hoàng	0,25	0,27	0,02
ND2	Đường Nguyễn Du	0,38	0,42	0,04
ND3	Đường Trần Hưng Đạo	0,55	0,60	0,05
ND4	Đường Lý Thường Kiệt	0,41	0,40	-0,01

Vị trí ngập	Địa điểm khảo sát	Thực đo	Tính toán	$\Delta H(m)$
ND5	Đường Lương Văn Can	0,23	0,30	0,07
ND6	Đường Lương Thế Vinh	0,18	0,20	0,02
ND7	Đường Đoàn Trần Nghiệp	0,31	0,25	-0,06
ND8	Đường Trần Đăng Ninh	0,45	0,40	-0,05
ND9	Đường Trần Bình Sơn	0,40	0,37	-0,03
ND10	Đường Hàn Thuyên	0,50	0,48	-0,02
ND11	Đường Lê Hồng Sơn	0,30	0,28	-0,02
ND12	Đường Lê Hồng Phong	0,27	0,25	-0,02
ND13	Đường Trần Quang Khải	0,29	0,33	0,04
ND14	Đường Cầu Đò Quan	0,30	0,35	0,05
ND15	Đường Hàng Thao	0,45	0,41	-0,04
ND16	Đường Tô Hiệu	0,36	0,40	0,04
ND17	Đường Ngô Quyền	0,47	0,45	-0,02
ND18	Đường Máy Tơ	0,65	0,53	-0,12
ND19	Đường Hàng Tiện	0,32	0,37	0,05
ND20	Đường Hàng Cau	0,60	0,56	-0,04

Kết quả bộ công cụ được so sánh với các vị trí ngập xảy ra trong khu vực nghiên cứu và được thể hiện trong hình 11 và bảng 6.



Hình 11. (a) So sánh kết quả cảnh báo ngập từ bộ công cụ với số liệu thực đo, (b) Tương quan giữa ngập thực đo và dự báo trong trận mưa ngày 28/9/2023.



Hình 12. Bản đồ cảnh báo ngập lớn nhất thành phố Nam Định với số liệu mưa dự báo ngày 28/9/2023.

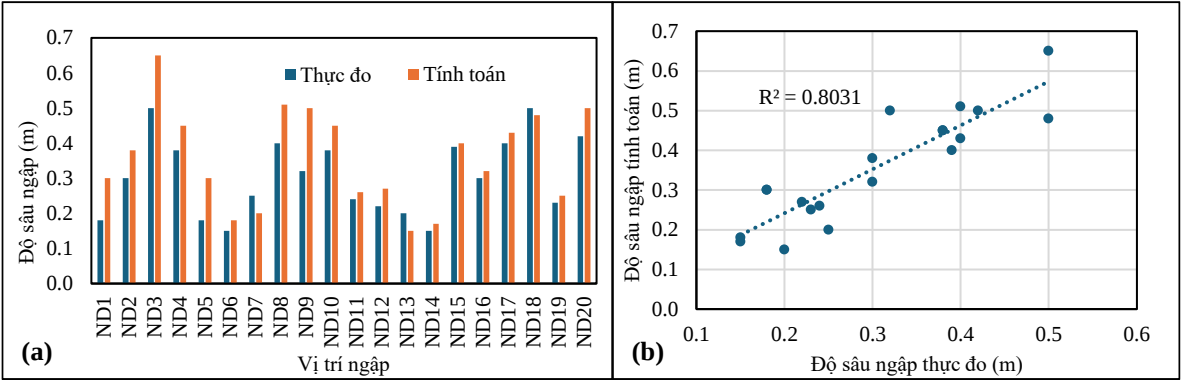
Các vị trí ngập xảy ra trong thực tế đã mô phỏng được và sai số giữa độ sâu ngập lụt dự báo từ bộ công cụ với độ sâu ngập lụt xảy ra trong thực tế từ 0,01-0,12 m. Kết quả cuối cùng bộ công cụ đưa ra bản đồ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định như hình 12.

c) Số liệu mưa dự báo trận mưa 9/6/2024 với thời hạn dự báo 06h
Tổng lượng mưa từ 00h00 đến 09h00 ngày 9/6 tại Nam Định là 120,0 mm, mưa tổ hợp ước lượng từ Radar và ước lượng từ vệ tinh tại Tp.Nam Định là 170,0 mm cao hơn so với mưa thực đo (Bảng 7).

Bảng 7. Mưa tổ hợp ước lượng từ vệ tinh, radar và mưa thực đo từ trạm đo mưa tự động Nam Định (Đơn vị: mm).

Thời gian	Tp.Nam Định 20.43’-106.15’	Phía tây Tp.Nam Định 20.33’-106.07’	Phía đông Tp.Nam Định 20.43’-106.23’	Phía nam Tp.Nam Định 20.31’-106.’18	Mưa tự động tại Nam Định
9/6/2024 0:00	0,8	1,2	7,0	7,0	4,8
9/6/2024 1:00	2,2	18,8	31,0	6,2	3,8
9/6/2024 2:00	2,6	42,8	9,6	21,8	6,2
9/6/2024 3:00	5,4	15,8	27,8	10,2	8,8
9/6/2024 4:00	13,8	5,4	20,6	1,0	12,4
9/6/2024 5:00	42,4	2,8	9,2	17,8	41,6
9/6/2024 6:00	46,4	3,2	0,2	18,2	31,6
9/6/2024 7:00	23,0	7,2	8,2	9,2	5,2
9/6/2024 8:00	20,4	21,8	18,0	41,0	4,8
9/6/2024 9:00	16,6	14,0	7,6	18,0	0,8
Tổng lượng	173,6	133,0	139,2	150,4	120,0

Kết quả bộ công cụ được so sánh với các vị trí ngập xảy ra trong khu vực nghiên cứu được thể hiện trong hình 13 và bảng 8.



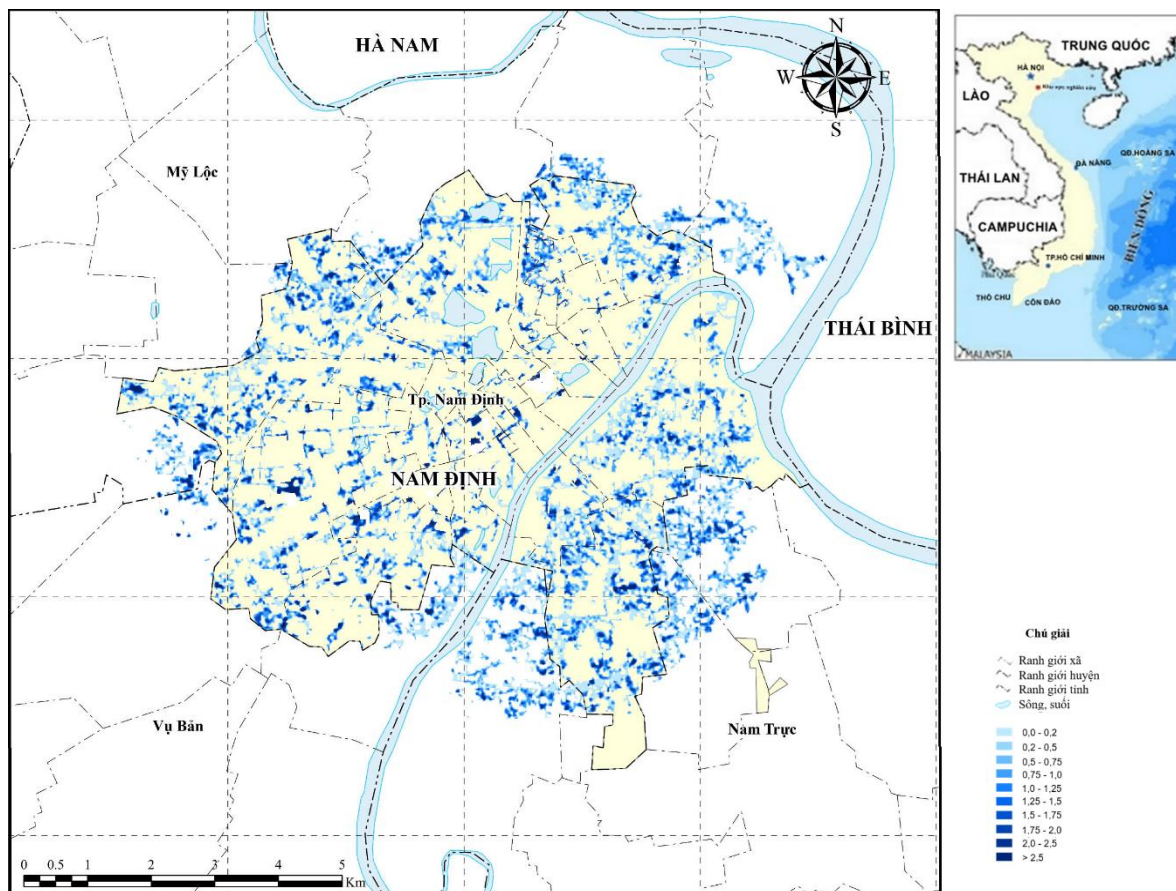
Hình 13. (a) So sánh kết quả cảnh báo ngập từ bộ công cụ với số liệu thực đo, (b) Tương quan giữa ngập thực đo và dự báo trận mưa ngày 9/6/2024.

Bảng 8. Sai số kết quả bộ công cụ cảnh báo ngập lụt.

Vị trí ngập	Địa điểm khảo sát	Thực đo	Tính toán	$\Delta H(m)$
ND1	Đường Vị Hoàng	0,18	0,30	0,12
ND2	Đường Nguyễn Du	0,30	0,38	0,08
ND3	Đường Trần Hưng Đạo	0,50	0,65	0,15
ND4	Đường Lý Thường Kiệt	0,38	0,45	0,07
ND5	Đường Lương Văn Can	0,18	0,30	0,12
ND6	Đường Lương Thê Vinh	0,15	0,18	0,03
ND7	Đường Đoàn Trần Nghiệp	0,25	0,20	-0,05
ND8	Đường Trần Đăng Ninh	0,40	0,51	0,11
ND9	Đường Trần Bình San	0,32	0,50	0,18
ND10	Đường Hàn Thuyên	0,38	0,45	0,07
ND11	Đường Lê Hồng Sơn	0,24	0,26	0,02
ND12	Đường Lê Hồng Phong	0,22	0,27	0,05
ND13	Đường Trần Quang Khải	0,20	0,15	-0,05

Vị trí ngập	Địa điểm khảo sát	Thực đo	Tính toán	$\Delta H(m)$
ND14	Đường Cầu Đò Quan	0,15	0,17	0,02
ND15	Đường Hàng Thao	0,39	0,40	0,01
ND16	Đường Tô Hiệu	0,30	0,32	0,02
ND17	Đường Ngô Quyền	0,40	0,43	0,03
ND18	Đường Máy Tơ	0,50	0,48	-0,02
ND19	Đường Hàng Tiễn	0,23	0,25	0,02
ND20	Đường Hàng Cau	0,42	0,50	0,08

Các vị trí ngập xảy ra trong thực tế đã mô phỏng được và sai số giữa độ sâu ngập lụt dự báo từ bộ công cụ với độ sâu ngập lụt xảy ra trong thực tế từ 0,01-0,18 m. Độ sâu ngập tính toán thiên cao hơn so với độ sâu ngập thực tế. Lượng mưa dự báo cũng thiên cao hơn so với lượng mưa thực tế đã xảy ra. Tổng lượng mưa dự báo cả trận tại Nam Định là 170 mm, tổng lượng mưa thực tế tại trạm đo mưa tự động là 120 mm. Kết quả cuối cùng bộ công cụ đưa ra bản đồ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định như hình 14.



Hình 14. Bản đồ cảnh báo ngập thành phố Nam Định với số liệu mưa dự báo ngày 9/6/2024.

Thử nghiệm bộ công cụ cảnh báo ngập thành phố Nam Định với 3 trận mưa dự báo trên để đánh giá hiệu quả của việc ứng dụng bộ công cụ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định do mưa lớn có thể nhận thấy bộ công cụ đã dự báo được diện tích ngập và độ sâu ngập phù hợp với tình hình thực tế. Sai số giữa độ sâu ngập dự báo và thực tế tương đối thấp (0,01-0,18 m), hệ số tương quan giữa mô phỏng và thực tế từ 0,7-0,8 cho thấy hệ thống có khả năng dự báo tốt quá trình ngập úng cho thành phố Nam Định. Chất lượng dự báo, cảnh báo của bộ công cụ cảnh báo ngập phụ thuộc rất nhiều vào ước lượng mưa từ radar, vệ tinh, dự báo mưa các mô hình dự báo số khí tượng. Như các trận mưa năm 2022 và 2023 dự báo mưa thiên thấp so với mưa thực đo dẫn đến độ sâu ngập dự báo thấp hơn độ sâu ngập thực tế. Trong trận mưa năm 2024 dự báo mưa thiên cao do đó độ sâu ngập dự báo cũng thiên cao so với thực tế.

4. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE Urban để mô phỏng ngập lụt thành phố Nam Định, từ đó xây dựng bộ công cụ cảnh báo ngập lụt khu vực nghiên cứu dựa trên số liệu mưa dự báo tại Nam Định. Kết quả hiệu chỉnh - kiểm định với hai trận mưa lớn xảy ra trong thành phố Nam Định đã tìm được bộ thông số phù hợp.

Mô hình này đã được sử dụng để xây dựng công cụ cảnh báo ngập lụt đô thị tại Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Đồng bằng và Trung du Bắc Bộ. Kết quả nghiên cứu này sẽ được tích hợp vào hệ thống cảnh báo sớm cho Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Nam Định. Ngay sau khi có dữ liệu dự báo lượng mưa, bản đồ cảnh báo nguy cơ lũ lụt và dự báo ngập lụt tại các địa điểm được xác định trước trong thành phố sẽ được ban hành. Dựa trên kết quả này, người dự báo sẽ cung cấp bản tin cảnh báo cho các cơ quan và nhà quản lý có liên quan để đưa ra các biện pháp ứng phó phù hợp như: chỉ đạo giao thông tránh các đoạn đường có khả năng nguy hiểm có khả năng ngập lụt cao, kiểm tra tình trạng nắp hố ga thoát nước. Sau khi đánh giá hiệu quả của việc ứng dụng bộ công cụ cảnh báo ngập lụt thành phố Nam Định do mưa lớn, bộ công cụ sẽ được thêm các modul tích hợp với các mô hình dự báo số khí tượng để tăng thời hạn dự báo lên đến 48h. Ưu điểm của bộ công cụ này so với các bộ công cụ đã xây dựng cho các đô thị khác (như thành phố Hà Nội) đó là số liệu đầu vào được cập nhật tự động. Có nhiều nguồn lượng mưa đầu vào (mưa ước lượng từ radar, mưa ước lượng từ vệ tinh, mưa dự báo từ các mô hình NWP) giúp các dự báo viên có nhiều tham khảo khi đưa ra các dự báo và khi nguồn dữ liệu đầu vào này gặp sự cố có thể sử dụng được nguồn dữ liệu khác, phù hợp. Có thể mở rộng tích hợp thêm cảnh báo ngập cho các đô thị đã xây dựng mô hình mô phỏng ngập lụt như thành phố Thái Bình [26].

Nghiên cứu và phát triển các kịch bản dự báo ngập lụt đô thị có tính đến tác động của biến đổi khí hậu là một vấn đề khác cũng được nghiên cứu sâu hơn trong quy hoạch đô thị trong tương lai gần vì trong hệ thống mô hình MIKE Urban, có thể cập nhật thêm các công trình thoát nước theo quy hoạch phát triển và tính toán theo các kịch bản đầu vào của biến đổi khí hậu để đưa ra các kịch bản dự báo trong tương lai.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.T.H., N.T.L.; Xử lý số liệu: D.T.D., P.T.D.T., V.T.T.H.; Viết bản thảo bài báo: D.T.H.T., L.T.H.; Chỉnh sửa bài báo: D.T.N.H., L.T.H.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của đề tài: “Nghiên cứu xây dựng hệ thống cảnh báo ngập úng do mưa lớn dựa trên cách tiếp cận dự báo tối hợp cho một số đô thị khu vực Đồng bằng Bắc Bộ”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Rossman, L.A.; Huber, W.C. Storm water management model reference manual volume I, hydrology. U.S. EPA Office of Research and Development, Washington, DC, EPA/600/R-15/162A, 2015.
2. Rossman, L.A.; Dickinson, R.E.; Schade, T.; Chan, C.C.; Burgess, E.; Sullivan, D.; Lai, F.H. SWMM 5—The next generation of EPA’s storm water management model. *J. Water Manag. Model.* **2004**, *12*, 339–358.
3. Wu, W.L.; Lu, L.J.; Huang, X.F.; Shangguan, H.D.; Wei, Z.Q. An automatic calibration framework based on the InfoWorks ICM model: The effect of multiple objectives during multiple water pollutant modeling. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2021**, *28*, 31814–31830.
4. Benito, G.; Lang, M.; Barriendos, M.; Llasat, M.C.; Francés, F.; Ouarda, T.; Thorndycraft, V.; Enzel, Y.; Bardossy, A.; Coeur, D.; Bobée, B. Use of systematic,

- palaeoflood and historical data for the improvement of flood risk estimation. *Nat. Hazards* **2004**, 31, 623–643.
5. Agarwal, S.; Kumar, S. Urban flood modeling using SWMM for historical and future extreme rainfall events under climate change scenario. *Indian J. Ecol.* **2020**, 47(11), 48–53.
6. Henonin, J.; Russo, B.; Mark, O.; Gourbesville, P. Real-time urban flood forecasting and modelling – A state of the art. *J. Hydroinf.* **2013**, 15(3), 717–736.
7. Chen, G.; Hou, J.; Zhou, N.; Yang, S. High-resolution urban flood forecasting by using a coupled atmospheric and hydrodynamic flood models. *Front. Earth Sci.* **2020**, 8, 545612.
8. Mason, D.C.; Bevington, J.; Dance, S.; Revilla-Romero, B.; Smith, R.; Vetra-Carvalho, S.; Cloke, H.L. Improving urban flood mapping by merging synthetic aperture radar-derived flood footprints with flood hazard maps. *Water* **2021**, 13(11), 1577. <https://doi.org/10.3390/w13111577>.
9. Won, Y.M.; Lee, J.H.; Moon, H.T.; Moon, Y.I. Development and application of an urban flood forecasting and warning process to reduce urban flood damage: A case study of Dorim River Basin, Seoul. *Water* **2022**, 14, 187. <https://doi.org/10.3390/w14020187>.
10. Davis, S.; Pentakota, L.; Saptarishy, N.; Mujumdar, P. A flood forecasting framework coupling a high resolution WRF ensemble with an urban hydrologic model. *Front. Earth Sci.* **2022**, 10, 883842. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.883842>
11. Trục tuyến: <http://iwrp.gov.vn/d1860/tinh-hinh-ngap-lut-cac-do-thi-vung-dong-bang-bac-bo--thuc-trang-va-giai-phap.html>.
12. Hưng, N.Q.; Liên, N.T. Ứng dụng mô hình Thủy văn đô thị 2D và thiết kế xanh cho hệ thống thoát nước thành phố Hà Tĩnh. *VNU J. Sci.: Earth Environ. Sci.* **2021**, 37(3), 50–62.
13. Dũng, N.K.; Tuyết, Q.T.T. Ứng dụng MIKE FLOOD xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lụt và hệ thống cảnh báo sớm ứng ngập cho lưu vực sông Kim Ngưu và tám quận nội thành Hà Nội. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2016**, 32(3S), 34–42.
14. Đại, N.V.; Nam, N.A.; Thịnh, Đ.Q.; Hiệp, N.V.; Tuấn, P.V. Xây dựng hệ thống dự báo ngập lụt đô thị cho khu vực Hà Nội sử dụng số liệu mưa lưới độ phân giải cao. *Tạp chí Khoa học biến đổi khí hậu* **2019**, 12, 32–41.
15. Côn, P.M. Nghiên cứu cơ sở khoa học mô phỏng hệ thống cân bằng nước mặt trong ngập úng khu vực nội thành Hà Nội, Luận án tiến sĩ cấp Đại học Quốc Gia, 2015.
16. Sở giao thông công chính. Báo cáo dự án thoát nước Thành phố Hà Nội (giai đoạn 1), UBND Tp. Hà Nội, 2015.
17. Bộ Tài nguyên và Môi trường và Quỹ phát triển Bắc Âu (NDF). Xây dựng hệ thống cảnh báo ngập úng thời gian thực cho nội thành Hà Nội, 2015.
18. Đại, N.V.; Tuyên, N.K.; Thịnh, Đ.Q.; Long, P.B. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tình hình ngập lụt ở thành phố Nam Định. *Tạp chí khoa học biến đổi khí hậu* **2018**, 5, 51–58.
19. Trục tuyến: <https://namdinh.gov.vn/portal/Pages/2020-11-3/Thanh-pho-Nam-Dinh-habi7pl.aspx>
20. DHI. MIKE_FLOOD_UserManual. 2014.
21. DHI. MIKE_FLOOD_Urban_Flood_Modelling_Step_by_Step. 2014.
22. DHI. MFLOODToolbox. 2014.
23. Tri, D.Q.; Thu, N.V.; Hoa, B.T.K.; Nguyen-Thi, H.A.; Hoa, V.V.; Hue, L.T.; Dat, D.T.; Pham, H.T.T. Application of Radar-Based Precipitation Data Improves the Effectiveness of Urban Inundation Forecasting. *Sustainability* **2024**, 16, 3736. <https://doi.org/10.3390/su16093736>.

24. Trực tuyến: <https://baotintuc.vn/dia-phuong/mua-lon-keo-dai-nhieu-tuyen-pho-o-tp-nam-dinh-ngap-trong-bien-nuoc-20230928121050124.htm>.
25. Trực tuyến: <http://hymetnet.gov.vn/radar/>.
26. Huệ, L.T.; Đạt, Đ.T.; Thom, Đ.T.H.; Thúy, P.T.D.; Lan, N.T.; Hoa, Đ.T.N.; Huyền, V.T.T. Ứng dụng mưa dự báo từ mô hình WRF3KM-IFS-DA nâng cao hiệu quả dự báo cảnh báo ngập lụt đô thị. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2024, 763, 48–65.

Evaluate the effectiveness of applying the flood warning toolkit in Nam Dinh city due to heavy rain

Le Thi Hue^{1*}, Dao Tien Dat¹, Dinh Thi Huong Thom¹, Pham Thi Dieu Thuy¹, Ngu Yen Thu Lan¹, Do Thi Ngoc Hoa¹, Vu Thi Thanh Huyen¹

¹ Northern Delta and Midland regional Hydrometeorological Center
minhhuektv@gmail.com; daodat81@gmail.com; thomdth91@gmail.com; phamdieuthuyktv@gmail.com; nguyennlandbbb@gmail.com; ngochoaktv@gmail.com; vthu-yen1999@gmail.com

Abstract: Currently, many studies on building natural disaster early warning systems have been carried out in the world as well as in Vietnam. Nam Dinh city is one of the areas with heavy and frequent flooding. When heavy rain lasted about 30 minutes, many roads began to flood. Roads such as Hang Thao, Ngo Quyen, May To, Tran Phu, Tran Hung Dao... with rainfall over 50 mm, were flooded by 30-40 cm, some places were 50-70 mm, and flooded for 1-2 hours. Therefore, there is a great need to have a set of tools built to provide early warning of flooding for Nam Dinh city. This study presents a toolkit to warn of flooding in Nam Dinh city due to heavy rain. The core of the system is the MIKE Urban model that has been calibrated and tested, the input rain boundary is forecast rain estimated from radar and satellite. Three heavy rains in 2022, 2023, 2024 were used to evaluate the applicability of this toolkit and showed good effectiveness, which can be put into practical operations and replicated for other urban areas.

Keywords: Flood warning tool; MIKE Urban model; Nam Dinh City; Combined rain; Satellite rain; Radar rain.