

ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ NGẬP LỤT HẠ DU DO XẢ LŨ HỒ CHỨA NƯỚC VỰC TRÒN, QUẢNG TRỊ

Đỗ Xuân Khánh

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Ngập lụt hạ du do vận hành xả lũ hồ chứa là một trong những hiện tượng gây thiệt hại lớn về người và tài sản, đặc biệt là tại các khu vực đồng bằng ven biển miền Trung, Việt Nam. Nghiên cứu này tập trung đánh giá mức độ ngập lụt khu vực hạ du hồ Vực Tròn, tỉnh Quảng Trị, trong điều kiện vận hành xả lũ kết hợp với mưa hạ du và ảnh hưởng của thủy triều. Quá trình mô phỏng được thực hiện thông qua hệ thống mô hình MIKE, trong đó mô hình mưa – dòng chảy NAM được sử dụng để tính toán dòng chảy nhập lưu, còn mô hình MIKE FLOOD được áp dụng để mô phỏng ngập lụt hạ du. Thông số mô hình NAM được hiệu chỉnh và kiểm định dựa trên số liệu quan trắc tại trạm thủy văn Đồng Tâm, trong khi mô hình MIKE FLOOD được hiệu chỉnh và kiểm định bằng số liệu điều tra vết lũ trên thực địa. Các kịch bản ngập lụt được xây dựng tương ứng với các tần suất lũ khác nhau nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng về không gian và độ sâu ngập. Kết quả tính toán cho thấy diện tích và mức độ ngập lụt gia tăng rõ rệt khi điều kiện vận hành và các yếu tố bất lợi tăng lên, trong đó các khu vực địa hình thấp ven biển chịu ảnh hưởng nghiêm trọng nhất. Phần lớn diện tích ngập tập trung ở các mức ngập nông đến trung bình (dưới 1m), song vẫn tồn tại các vùng ngập sâu có nguy cơ cao đối với an toàn con người. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học phục vụ công tác vận hành hồ chứa, cảnh báo lũ và giảm thiểu rủi ro ngập lụt cho khu vực hạ du hồ Vực Tròn.

Từ khoá: Hồ Vực Tròn; ngập lụt hạ du; MIKE FLOOD; vận hành xả lũ; an toàn hạ du.

Summary: Downstream flooding caused by reservoir flood-release operations is one of the major phenomena leading to significant losses of human life and property, particularly in the coastal plains of Central Viet Nam. This study focuses on assessing downstream inundation in the Vực Tròn Reservoir area, Trị Province, under flood-release operation conditions combined with downstream rainfall and tidal influences. The simulation was conducted using the MIKE modeling system, in which the NAM rainfall–runoff model was employed to compute inflow hydrographs, while the MIKE FLOOD model was applied to simulate downstream flood propagation and inundation. The parameters of the NAM model were calibrated and validated using observed data from the Đồng Tâm hydrological station, whereas the MIKE FLOOD model was calibrated and validated based on field-surveyed flood-mark data. Flood inundation scenarios corresponding to different flood return periods were developed to evaluate the spatial extent and inundation depth. The results indicate that both inundated area and flood severity increase markedly with more adverse operating conditions and external factors, with low-lying coastal areas being the most severely affected. Most of the inundated area is characterized by shallow to moderate flooding (less than 1 m); however, localized deep-inundation zones with high risks to human safety still exist. The findings provide a scientific basis for reservoir operation, flood warning, and flood risk mitigation in the downstream area of the Vực Tròn Reservoir.

Keywords: Vuc Tron reservoir; downstream flooding; MIKE FLOOD; flood release operation; flood risk.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khu vực miền Trung Việt Nam, trong đó có tỉnh Quảng Trị, là một trong những địa phương chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của biến đổi khí hậu và các hiện tượng thời tiết cực đoan. Hàng năm, khu vực này luôn phải đối mặt với

những đợt mưa bão lớn với cường độ ngày càng gia tăng. Sự thay đổi bất thường của các yếu tố khí tượng – thủy văn như lượng mưa, dòng chảy và thủy triều đã làm gia tăng nguy cơ ngập lụt, gây khó khăn cho công tác dự báo và phòng chống thiên tai. Trong bối cảnh đó, các hồ chứa nước như hồ Vực Tròn trên sông Roòn tỉnh Quảng Trị đóng vai trò hết sức quan trọng, chúng vừa đảm bảo nhiệm vụ cấp nước, tưới tiêu, vừa thực hiện chức năng điều tiết lũ,

Ngày nhận bài: 19/12/2025

Ngày thông qua phản biện: 15/01/2026

Ngày duyệt đăng: 12/02/2026

giảm nhẹ thiệt hại cho khu vực hạ du. Tuy nhiên trong những điều kiện bất lợi như mưa lớn kéo dài kèm theo triều cường, việc xả lũ của hồ chứa có thể dẫn đến hiện tượng ngập lụt, gây thiệt hại lớn về kinh tế và con người ở hạ du. Chính vì vậy việc đánh giá trước mức độ ngập thông qua các bản đồ ngập lụt tương ứng với các kịch bản xả lũ khác nhau từ đó có phương án chuẩn bị sớm cho người dân là vô cùng cần thiết [1-4]

Trong những năm gần đây, sự phát triển mạnh mẽ của các mô hình toán thủy văn – thủy lực đã cung cấp cho các nhà khoa học một công cụ mạnh và hiệu quả trong việc mô phỏng chi tiết quá trình lan truyền lũ và đánh giá nguy cơ ngập lụt hạ du [5-7]. Các nghiên cứu tiêu biểu tại Việt Nam có thể kể đến Dũng và nnk [8] đã sử dụng bộ mô hình HEC tính toán ngập lụt hệ thống sông Ba tỉnh Phú Yên. Các tác giả đã hiệu chỉnh và kiểm định mô hình 1, 2 chiều dựa trên số liệu mực nước quan trắc của các trận lũ lớn, đồng thời đối chiếu với tài liệu khảo sát dấu vết lũ. Trên cơ sở này, các kịch bản xả lũ với các tần suất 1%, 3%, 5% và 10% tiếp tục được tính toán nhằm đánh giá phạm vi và mức độ ngập ở hạ du sông Ba và sông Bàn Thạch dưới nhiều điều kiện biên khác nhau. Nghiên cứu của Thanh và nnk [9] lại sử dụng bộ mô hình MIKE để xác định mức độ ngập hạ lưu hồ chứa nước Lòng Sông tỉnh Lâm Đồng. Nhóm tác giả đã mô phỏng hồ xả lũ với 4 cấp lưu lượng khác nhau kèm theo đó là tác động của mưa hạ lưu với tần suất tương ứng. Kết quả thu được bao gồm mực nước lớn nhất, thống kê diện tích ngập và bản đồ độ sâu ngập lớn nhất dọc theo dòng chảy hạ lưu hồ Lòng Sông tương ứng với các kịch bản xả lũ. Trong một nghiên cứu khác của Dũng và nnk [10], tác giả cũng mô phỏng ngập lụt hạ du nhưng với nguyên nhân vỡ đập, áp dụng cho hồ Bắc Hà trên sông Chảy tỉnh Yên Bái sử dụng bộ mô hình MIKE bao gồm MIKE 11, MIKE 21FM và MIKE FLOOD. Các kịch bản vỡ đập với điều kiện lũ đến hồ ứng với tần suất 0,5 và 0,1% đã được mô phỏng, từ đó các bản đồ ngập lụt tương ứng được xây dựng. Nghiên cứu đã cung cấp cơ sở khoa học rõ ràng và hiệu quả cho việc đánh giá mức độ nguy hiểm

của sự cố vỡ đập và tác động của chúng tới ngập lụt tại khu vực hạ lưu.

Hồ thủy lợi Vực Tròn là một công trình thủy lợi có nhiệm vụ trọng tâm là cung cấp nước phục vụ sản xuất nông nghiệp, sinh hoạt. Bên cạnh đó, hồ còn đóng vai trò quan trọng trong điều tiết lũ, làm chậm quá trình truyền lũ xuống hạ lưu, góp phần giảm thiểu thiệt hại do ngập lụt gây ra. Trong các đợt mưa lớn kéo dài hoặc khi xuất hiện lũ vượt thiết kế, hồ chứa buộc phải vận hành xả lũ nhằm đảm bảo an toàn công trình. Việc xả lũ trong những thời điểm như vậy có thể gây gia tăng mức độ ngập lụt ở vùng hạ du, đặc biệt tại những khu vực có địa hình thấp trũng, mật độ dân cư cao hoặc bị ảnh hưởng bởi thủy triều. Do đó, việc đánh giá tác động của hoạt động xả lũ hồ chứa đối với khu vực hạ du, dự báo mức độ ngập và phạm vi ảnh hưởng theo từng kịch bản vận hành là yêu cầu mang tính cấp bách, có ý nghĩa thực tiễn lớn đối với công tác quản lý và phòng chống thiên tai của địa phương. Nghiên cứu “Đánh giá mức độ ngập lụt hạ du do xả lũ hồ chứa nước Vực Tròn, Quảng Trị” được thực hiện với mục tiêu mô phỏng và xác định mức độ ngập theo các phương án xả lũ khác nhau của hồ chứa. Thông qua việc sử dụng bộ mô hình thủy lực MIKE kết hợp dữ liệu địa hình chi tiết, các chuỗi số liệu khí tượng – thủy văn và thông tin vận hành hồ, nghiên cứu hướng tới việc xác định độ sâu ngập và phạm vi ảnh hưởng với người dân hạ lưu thông qua các bản đồ ngập lụt. Kết quả nghiên cứu không chỉ là cơ sở khoa học phục vụ vận hành an toàn hồ chứa, mà còn góp phần quan trọng vào công tác lập kế hoạch phòng chống thiên tai, hỗ trợ các cơ quan quản lý địa phương trong việc ra quyết định và xây dựng các phương án ứng phó khi xảy ra mưa lũ lớn. Các kết quả mô phỏng sẽ là cơ sở quan trọng để đề xuất các giải pháp giảm thiểu thiệt hại, hoàn thiện quy trình vận hành và tăng cường khả năng thích ứng của cộng đồng trước các thách thức về thiên tai trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang diễn ra ngày càng rõ rệt.

2. GIỚI THIỆU KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ DỮ LIỆU THU THẬP

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Hồ chứa nước Vực Tròn nằm trên sông Roòn

là một sông nội tỉnh với toàn bộ lưu vực và chiều dài dòng chảy nằm trong phạm vi tỉnh Quảng Trị (trước đây là Quảng Bình). Lòng hồ nằm tại xã Hoà Trạch, có vị trí địa lý vào khoảng $17^{\circ}52'55''$ vĩ độ Bắc và $106^{\circ}22'13''$ kinh độ Đông, cách cửa biển Roòn khoảng 14km về phía Tây (Hình 1). Hồ chứa có dung tích toàn bộ là 48,3 triệu m^3 với diện tích lưu vực là $F_{lv} = 113,5 \text{ km}^2$. Tần suất lũ thiết kế là $P = 1\%$ và kiểm tra là $P = 0,2\%$. Khu vực hạ du hồ Vực Tròn có 4 xã bao gồm xã Hoà Trạch, Xã Phú Trạch, xã Quảng Trạch và xã Trung Thuần. Đây là khu vực có địa hình thấp, tương đối bằng phẳng, rất thuận lợi để phát triển nông nghiệp như lúa hai vụ hay nuôi trồng thủy sản nhưng cũng là khu vực chịu nhiều rủi ro do ngập lụt bởi lũ kết hợp triều cường. Lưu vực hồ trong nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa ven biển miền Trung. Mùa mưa tại đây kéo dài từ tháng IX đến hết tháng XI hàng năm. tổng lượng mưa mùa mưa chiếm từ $60 \div 70\%$ tổng lượng mưa năm. Mưa lớn thường do các hình thái thời tiết như: bão, áp thấp nhiệt đới, dải hội tụ nhiệt đới gây ra. Trong một số trường hợp, vài hình thái trên kết hợp với nhau đã gây mưa rất lớn, có khi đặc biệt lớn.

2.2. Dữ liệu thu thập

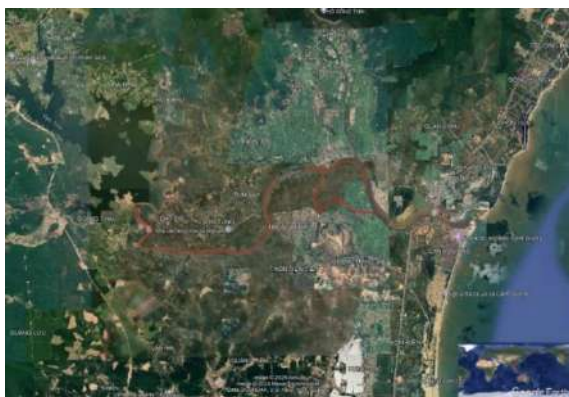
Để phục vụ công tác tính toán, nghiên cứu tiến hành thu thập các thông tin chính bao gồm 1) số liệu mưa giờ và lưu lượng thực đo tại trạm thủy văn Đồng trong giai đoạn 2 mùa lũ năm 2013 và 2020 làm để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

mưa – dòng chảy, 2) 18 mặt cắt dọc sông Roòn, được đo đạc trong năm 2024 để mô phỏng dòng chảy một chiều trong lòng dẫn bằng mô hình MIKE 11, 3) bản đồ địa hình tỷ lệ 1:10.000 khu vực hạ du hồ Vực Tròn để xây dựng mô hình thủy lực hai chiều, 4) Số liệu điều tra vết lũ, 5) bản đồ hành chính tỉnh Quảng Trị để xác định các khu vực dân cư bị ảnh hưởng.

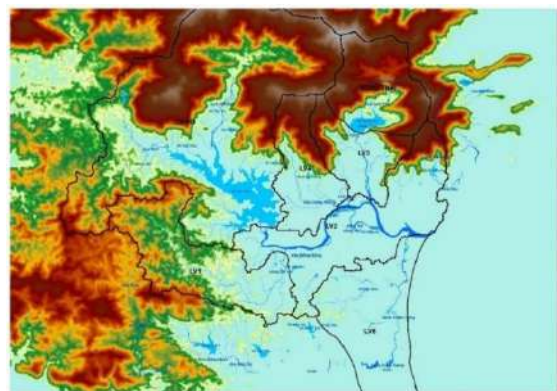
3. MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY GIA NHẬP Ở HẠ LƯU

Mục tiêu chính của nghiên cứu là đánh giá mức độ ngập lụt khu vực hạ du hồ Vực Tròn trong các kịch bản vận hành xả lũ, xét đến tác động đồng thời của tổ hợp mưa lớn trên lưu vực và điều kiện mực nước triều bất lợi tại hạ lưu. Đây là những yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến chế độ dòng chảy và khả năng thoát lũ, đặc biệt đối với các khu vực có địa hình thấp và chịu chi phối của điều kiện thủy triều.

Quá trình hình thành dòng chảy từ mưa cho khu vực hạ du được mô phỏng bằng mô hình mưa – dòng chảy NAM, một mô hình khái niệm được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu thủy văn tại Việt Nam và trên thế giới [3,4,5,7]. Trên cơ sở đó, vùng hạ du hồ Vực Tròn được phân chia thành 5 tiểu lưu như Hình 2. Việc phân chia tiểu lưu vực cho phép nâng cao mức độ chi tiết trong mô phỏng, đồng thời cải thiện khả năng phản ánh sự khác biệt về phản ứng dòng chảy giữa các khu vực trong lưu vực hạ du, từ đó làm tăng độ tin cậy của kết quả tính toán.



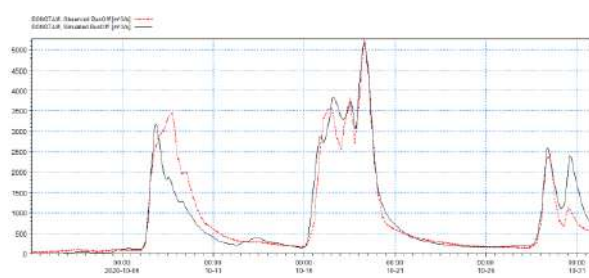
Hình 1: Vị trí hồ chứa nước Vực Tròn (Google Earth)



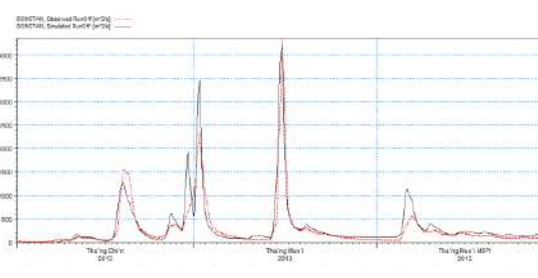
Hình 2: Bản đồ phân chia tiểu lưu vực khu vực nghiên cứu

Sông Ròn là một sông nhỏ độc lập. Trên lưu vực sông không có trạm đo thủy văn, chính vì vậy, mô hình NAM tính cho lưu vực sông này sẽ được mượn bộ thông số của mô hình NAM xây dựng cho lưu vực Đồng Tâm trên sông Gianh bởi khoảng cách địa lý gần và tương đồng về hiện trạng sử dụng đất. Mô hình NAM được hiệu chỉnh và kiểm định dựa trên số liệu quan trắc thực đo tại trạm thủy văn Đồng Tâm, nơi có chuỗi số liệu lưu lượng liên tục, dài hạn và có chất lượng tốt từ năm 1961 đến nay. Mô

hình sẽ được hiệu chỉnh cho trận lũ tháng 10 năm 2020 và kiểm định cho trận lũ tháng 9,10,11 năm 2013. Kết quả cho thấy chất lượng hiệu chỉnh và kiểm định đều đạt mức tốt với chỉ số Nash đạt trên 0,8 và sai số tổng lượng không quá 15%. Đường quá trình lưu lượng thực đo và mô phỏng khi hiệu chỉnh năm 2020 và kiểm định năm 2013 được mô tả trong hình 3. Chi tiết bộ thông số của mô hình sau khi hiệu chỉnh và kiểm định được mô tả trong bảng 1.



a)



b)

Hình 3: Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo trong quá trình hiệu chỉnh năm 2020 (a) và trong quá trình kiểm định năm 2013 (b)

Bảng 1: Bảng thống giá trị của Cd, vN, Ba và Wo tại các trạm mưa trong khu vực nghiên cứu

Thông số	Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK12	TOF	TIF
Giá trị	13,3	105	0,531	757,5	23,3	0,158	0,537

4. MÔ HÌNH THỦY LỰC MÔ PHỎNG NGẬP LỤT

4.1. Giới thiệu về mô hình

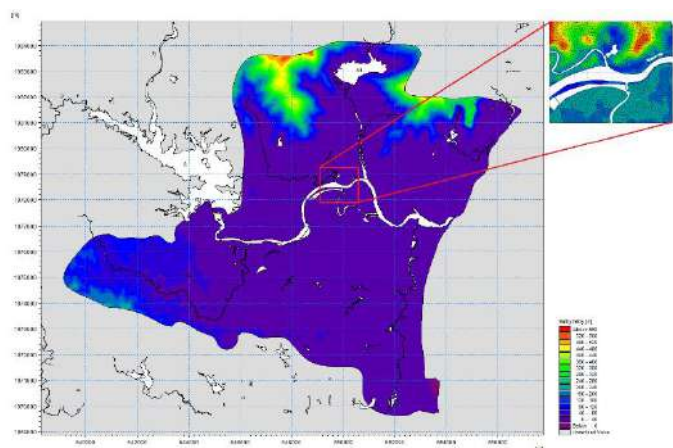
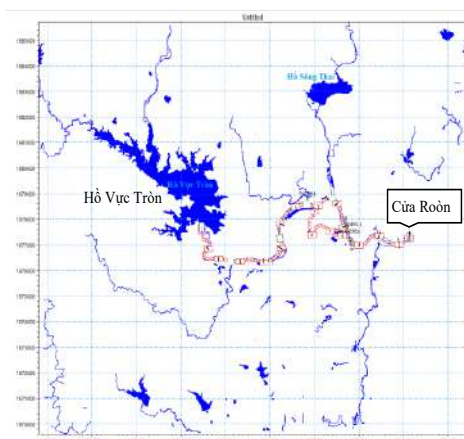
Nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE-FLOOD là một công cụ kết nối mô hình MIKE 11 và MIKE 21 để mô phỏng ngập lụt ở hạ lưu hồ Vực Tròn trong các trường hợp xả lũ. Mô hình thủy động lực học một chiều (MIKE 11 HD) là mô hình được phát triển nhằm mô phỏng dòng chảy trong mạng lưới sông, kênh và hệ thống công trình thủy lợi. Mô hình này cho phép mô tả chi tiết diễn biến mực nước và lưu lượng trong lòng dẫn, tuy nhiên mô hình này gặp nhiều hạn chế khi áp dụng cho bài toán dòng chảy tràn trên bề mặt lưu vực. Cụ thể, MIKE 11 khó mô phỏng quá trình lan truyền dòng tràn nếu không xác định trước các khu vực chứa nước và hướng dòng chảy, đồng thời không phản ánh được trường vận tốc hai chiều trên bề mặt dòng ruộng hoặc các vùng

trũng ngập lụt. Ngược lại, MIKE 21 HD là mô hình thủy động lực học hai chiều, được sử dụng rộng rãi để mô phỏng dòng chảy tràn theo phương ngang trên bãi tràn, đồng bằng ngập lụt và vùng trũng địa hình, cho phép tính toán phân bố mực nước và trường vận tốc theo không gian và thời gian. Tuy nhiên, trong trường hợp cần đồng thời mô phỏng dòng chảy chủ lưu trong hệ thống kênh, sông và dòng chảy tràn trên bề mặt, việc áp dụng MIKE 21 thuần túy đòi hỏi phải thu nhỏ kích thước ô lưới đủ chi tiết để thể hiện hình thái lòng dẫn. Điều này dẫn đến sự gia tăng đáng kể số lượng ô tính toán và kéo theo thời gian tính toán tăng mạnh, ảnh hưởng đến hiệu quả và tính khả thi của mô phỏng, đặc biệt trong các bài toán yêu cầu chạy nhiều kịch bản. Để khắc phục các hạn chế nêu trên, MIKE FLOOD được phát triển như một khung mô hình tích hợp, cho phép kết nối mô hình một chiều MIKE 11 và mô hình hai chiều MIKE 21 trong cùng

một quá trình tính toán. Cách tiếp cận này cho phép mô phỏng chi tiết dòng chảy trong lòng dẫn và qua hệ thống công trình thủy lợi bằng mô hình 1D, đồng thời mô phỏng dòng chảy tràn trên bề mặt lưu vực hoặc các ô chứa bằng mô hình 2D. Nhờ đó, kích thước ô lưới của miền tính hai chiều có thể được lựa chọn lớn hơn, góp phần giảm đáng kể thời gian tính toán, trong khi vẫn bảo đảm khả năng mô phỏng đầy đủ và nhất quán các quá trình thủy văn – thủy lực trong toàn bộ hệ thống sông – kênh – bãi tràn.

4.2. Thiết lập mô hình

Mô hình thủy lực mô phỏng ngập lụt hạ du hồ Vực Tròn được xây dựng theo 3 bước sau: Bước 1 – Xây dựng mô hình thủy lực 1 chiều MIKE 11 đoạn sông từ chân đập Vực Tròn đến cửa Roòn có chiều dài 13819 m với 18 mặt cắt. Bước 2 – Xây dựng mô hình thủy lực 2 chiều: mô hình thủy lực MIKE 21 FM với dạng lưới Flexible Mesh được lựa chọn và xây dựng cho khu vực nghiên cứu bao gồm 108.774 phần tử và 54.897 node. Bước 3 – Kết nối hai mô hình trên với nhau thông qua MIKE FLOOD.



Hình 4: Sơ đồ mạng sông trong mô hình thủy lực MIKE 11 (a) và sơ đồ mạng sông một chiều kết nối với địa hình hạ du hồ Vực Tròn (b)

Điều kiện biên của mô hình được mô tả như sau:

- Biên trên 1: Lưu lượng xả ra khỏi hồ Vực Tròn theo tuyến thoát lũ của hồ.
- Biên trên 2: Lưu lượng xả từ hồ sông Thai từ nhánh bên
- Biên dưới: Là quá trình mực nước thủy triều tại cửa Roòn. Thời kỳ triều cường được lựa chọn để tính toán nhằm đánh giá trong trường hợp bất lợi. Giá trị mực nước thủy triều được xác định thông qua các thông số hằng điều hòa thủy triều tại khu vực cửa Roòn thiết kế bởi Huân (2015) [11]
- Biên nhập lưu khu giữa: bao gồm các biên nhập lưu khu giữa từ tuyến đập Vực Tròn chảy ra cửa Roòn. Các biên nhập lưu vào hệ thống sông được tính bằng mô hình NAM.

4.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Sau khi xây dựng được mạng lưới tính toán

thủy lực, nghiên cứu tiến hành hiệu chỉnh các thông số đặc trưng của mô hình. Các thông số chính bao gồm hệ số nhám, bước thời gian tính toán, v.v sẽ được hiệu chỉnh thông qua phương pháp thử dần. Trong đó hệ số nhám lòng dẫn sẽ được phân chia ra làm nhám lòng, bờ và bãi; các giá trị này sẽ được lựa chọn trước tiên dựa trên bản đồ sử dụng đất 1:10.000 và dao động trong khoảng từ 0,020 đến 0,035. Kết quả tính toán mực nước (độ sâu ngập) của mô hình trong quá trình hiệu chỉnh sẽ được so sánh với số liệu thực đo để tìm ra bộ thông số tối ưu nhất. Nghiên cứu sử dụng số liệu điều tra vết lũ khảo sát tháng 9 năm 2020 để làm mục tiêu hiệu chỉnh mô hình. Trận lũ 2020 được coi là một lũ lớn trong những năm gần đây tại lưu vực hồ Vực Tròn nói riêng và khu vực Quảng Trị nói chung. Kết quả so sánh vết lũ thực đo với giá trị tính toán bằng mô hình được mô tả

qua Bảng 2. Có thể thấy mực nước (độ sâu ngập) mô phỏng của mô hình là khá phù hợp, chênh lệch giữa kết quả mô hình và thực đo tại các vị trí vết lũ đều nằm trong khoảng dưới 10cm. Kết quả xây dựng bản đồ ngập với các vị trí vết lũ trong trận lũ năm 2020 được mô tả

trong hình vẽ 5. Như vậy qua so sánh số liệu vết lũ với số liệu tính toán cho thấy, mô hình đã mô phỏng khá chính xác trận ngập năm 2020 trong thực tế. Do đó, bộ mô hình đã xây dựng có đủ độ tin cậy để tiến hành mô phỏng cho các kịch bản ngập lụt khác nhau trên lưu vực.

Bảng 2: Vị trí vết lũ và kết quả so sánh độ sâu ngập thực đo và mô phỏng trên lưu vực hồ Vực Tròn

Vết lũ	Tọa độ vết lũ		Cao độ vết lũ điều tra (m)	Mực nước tính toán (m)	Sai lệch tính toán	Ghi chú
	X	Y				
VL1	1976754.15	539573.98	4,52	4,62	-0,1	Vết lũ 2020
VL2	1977515.722	542155.514	4,307	4,39	-0,083	Vết lũ 2020
VL3	1977487.56	544444.808	2,705	2,72	-0,015	Vết lũ 2020
VL4	1977185.183	546813.544	2,651	2,66	-0,009	Vết lũ 2020
VL5	1977048.336	547704.17	2,457	2,48	-0,023	Vết lũ 2020



Hình 5: Bản đồ ngập lụt hạ du hồ Vực Tròn với các vị trí vết lũ trong trận lũ 9/2020

4.4. Các kịch bản xả lũ và kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt

Bản đồ ngập lụt là tài liệu rất quan trọng, giúp chuyển hóa hiện tượng ngập – vốn khó hình dung – thành các thông tin không gian trực quan và có thể định lượng, qua đó hỗ trợ các nhà quản lý ra quyết định hiệu quả trước, trong và sau thiên tai. Các kịch bản được xem xét tính toán bao gồm đập vận hành xả lũ $P=10\%$, lũ thiết kế $P=1\%$, lũ kiểm tra $P=0,2\%$ và lũ vượt tần suất kiểm tra $P=0,1\%$. Chi tiết các kịch bản mô phỏng được tóm tắt tại bảng sau:

Bảng 3: Các kịch bản (KB) xả lũ

TT	KB	Mô tả kịch bản
1	KB1	- Trường hợp lũ đến hồ tần suất $P = 10\%$, tràn làm việc bình thường Mưa hạ du tần suất $P=10\%$, Xả lũ hồ sông Thái tần suất $P=10\%$, Cửa sông có tính đến ảnh hưởng của triều cường
2	KB2	- Trường hợp lũ đến hồ tần suất thiết kế $P = 1\%$, tràn làm việc bình thường Mưa hạ du tần suất $P=1\%$, Xả lũ hồ sông Thái tần suất $P=1\%$, Cửa sông có tính đến ảnh hưởng của triều cường
3	KB3	- Trường hợp lũ đến hồ tần suất kiểm tra $P = 0,2\%$, tràn làm việc bình thường Mưa hạ du tần suất $P=0,2\%$, Xả lũ hồ sông Thái tần suất $P=0,2\%$, Cửa sông có tính đến ảnh hưởng của triều cường
4	KB4	- Trường hợp lũ đến hồ tần suất vượt kiểm tra $P = 0,1\%$, tràn làm việc bình thường Mưa hạ du tần suất $P=0,1\%$, Xả lũ hồ sông Thái tần suất $P=0,1\%$, Cửa sông có tính đến ảnh hưởng của triều cường

Bản đồ ngập lụt tương ứng với các kịch bản 1,2,3 và 4 được thể hiện lần lượt trong Hình

6a,b,c,d. Kết quả cho thấy xu thế ngập gia tăng rõ rệt cả về phạm vi và độ sâu ngập lụt từ kịch

bản 1 đến kịch bản 4. Trong khi kịch bản 1 chủ yếu gây ngập cục bộ dọc theo sông chính, thì các kịch bản 2 và 3 làm mở rộng vùng ngập sang đồng bằng hạ du, ảnh hưởng ngày càng rõ

đến khu dân cư và hạ tầng. Kịch bản 4 thể hiện điều kiện bất lợi nhất, với ngập lụt diện rộng, độ sâu lớn và mức độ rủi ro cao nhất đối với phát triển kinh tế – xã hội khu vực hạ du.



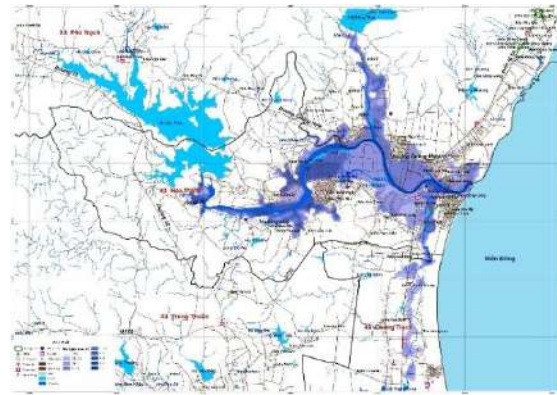
a) KB1



b) KB2



c) KB3



d) KB4

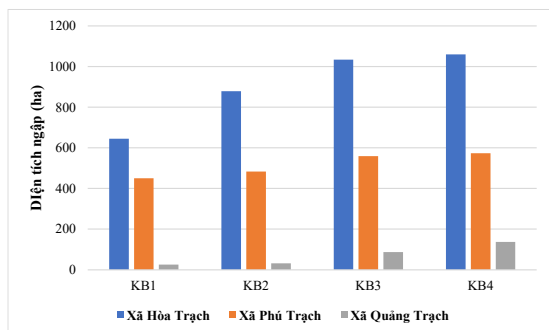
Hình 6: Bản đồ ngập lụt hạ du hồ Vực Tròn tương ứng với các KB1,2,3,4

Hình 7a thể hiện sự biến đổi diện tích ngập (ha) tại ba xã Hòa Trạch, Phú Trạch và Quảng Trạch tương ứng với bốn kịch bản tính toán (KB1–KB4). Kết quả cho thấy diện tích ngập có xu thế gia tăng rõ rệt theo mức độ bất lợi của kịch bản. Xã Hòa Trạch là khu vực chịu ảnh hưởng ngập lụt nghiêm trọng nhất trong tất cả các kịch bản. Diện tích ngập tăng mạnh từ khoảng 650 ha ở KB1 lên trên 1.000 ha ở KB3 và KB4. Điều này phản ánh đặc điểm địa hình thấp trũng, khả năng tiêu thoát kém và mức độ tập trung dòng chảy lớn tại khu vực này. Xã Phú Trạch đứng thứ hai về mức độ ảnh hưởng, với diện tích ngập dao động từ khoảng 450 ha ở KB1 và tăng lên gần 600 ha ở KB4. Mức tăng diện tích ngập tại Phú Trạch tuy không đột biến như Hòa Trạch nhưng vẫn

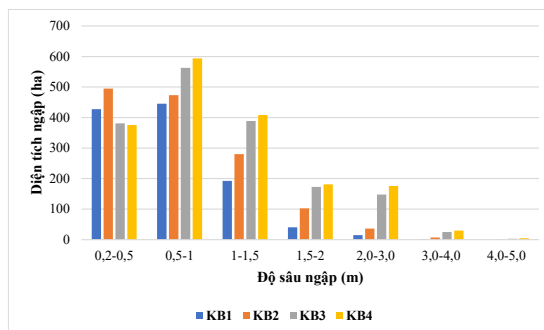
cho thấy xu thế gia tăng theo các kịch bản bất lợi. Trong khi đó, xã Quảng Trạch có diện tích ngập nhỏ nhất trong cả bốn kịch bản, tuy nhiên vẫn thể hiện xu hướng tăng dần, đặc biệt ở KB3 và KB4. Điều này cho thấy mặc dù mức độ ngập không lớn về diện tích, khu vực Quảng Trạch vẫn có nguy cơ chịu tác động khi xuất hiện các tổ hợp mưa – vận hành hồ – triều bất lợi. Hình 7b mô tả sự phân bố diện tích ngập theo các khoảng độ sâu (từ 0,2 m đến trên 5,0 m) tương ứng với bốn kịch bản KB1–KB4. Kết quả cho thấy diện tích ngập tập trung chủ yếu ở các mức ngập nông và trung bình. Ở tất cả các kịch bản, diện tích ngập lớn nhất nằm trong khoảng 0,2–0,5 m và 0,5–1,0 m, chiếm tỷ trọng chủ đạo trong tổng diện tích ngập. Điều này cho thấy ngập lụt trong khu vực

nguyên cứu mang tính chất lan rộng, ảnh hưởng trên diện tích lớn nhưng chủ yếu ở độ sâu nhỏ. Khi mức độ bất lợi của kịch bản tăng lên từ KB1 đến KB4, diện tích ngập ở các khoảng 1,0–1,5 m và 1,5–2,0 m tăng lên đáng kể, đặc biệt rõ trong KB3 và KB4. Đây là các mức ngập có khả năng gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến an toàn con

người và tài sản, làm gián đoạn giao thông và sinh hoạt. Diện tích ngập với độ sâu trên 3,0 m chỉ xuất hiện với tỷ lệ nhỏ và chủ yếu trong kịch bản KB4. Mặc dù chiếm diện tích không lớn, đây là các vùng nguy hiểm cao, có thể đe dọa trực tiếp đến tính mạng con người nếu không được cảnh báo và sơ tán kịp thời.



a)



b)

Hình 7: Thống kê diện tích ngập theo xã (a) và theo độ sâu ngập (b)

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng và ứng dụng mô hình MIKE FLOOD để mô phỏng và đánh giá ngập lụt khu vực hạ du hồ Vực Tròn, tỉnh Quảng Trị, trong điều kiện vận hành xả lũ kết hợp với mưa hạ du và ảnh hưởng của thủy triều. Việc kết hợp mô hình mưa – dòng chảy NAM với mô hình thủy động lực 1 chiều và 2 chiều trong MIKE FLOOD cho phép mô tả đồng thời quá trình hình thành dòng chảy, lan truyền lũ trong lòng dẫn và ngập trên bề mặt hạ du. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy các thông số mô hình là phù hợp với đặc điểm tự nhiên của lưu vực, đảm bảo độ tin cậy trong mô phỏng diễn biến lũ và ngập lụt. Các kịch bản tính toán cho thấy diện tích và mức độ ngập lụt hạ du tăng rõ rệt khi điều kiện vận hành và các yếu tố bất lợi (mưa lớn, triều cao) gia tăng, trong đó các khu vực địa hình thấp

ven sông là những vùng chịu ảnh hưởng nghiêm trọng nhất. Phân tích phân bố ngập theo độ sâu cho thấy phần lớn diện tích ngập thuộc nhóm ngập nông đến trung bình; tuy nhiên, trong các kịch bản bất lợi vẫn xuất hiện các vùng ngập sâu, tiềm ẩn nguy cơ cao đối với an toàn con người, cơ sở hạ tầng và hoạt động kinh tế – xã hội. Điều này cho thấy việc chỉ đánh giá phạm vi ngập là chưa đủ, mà cần đồng thời xem xét yếu tố độ sâu ngập trong công tác đánh giá rủi ro lũ lụt hạ du. Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho công tác vận hành hồ Vực Tròn theo hướng giảm thiểu rủi ro ngập lụt hạ du, đồng thời là tài liệu tham khảo phục vụ xây dựng các phương án cảnh báo sớm, quy hoạch sử dụng đất và đảm bảo an toàn cho khu vực hạ du hồ chứa trong điều kiện biến đổi khí hậu và gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Châu, T. K., Lan, P. T. H. (2017). Ứng dụng mô hình thủy lực 1&2 chiều kết hợp xây dựng bản đồ ngập lụt hạ lưu hồ chứa Suối Mỡ. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 4:37–46
- [2] Quang, N. D., Sơn, L. V., Hải, B. T., Văn, B. T., Dung, T. T. T. (2022). Nghiên cứu xây dựng bản đồ ngập lụt lưu vực sông Bùi và vùng phụ cận. Vietnam Journal of Hydrometeorology, 9(741):29–41

- [3] Anh, T. N. (2011). Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ lưu các sông Bến Hải và Thạch Hãn, tỉnh Quảng Trị. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 1S:1–8.
- [4] Tuấn, H. N. (2017). Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa nước Eađrăng tỉnh Đắk Lắk ứng với các kịch bản xả lũ và đánh giá thiệt hại do ngập lụt gây ra. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 39:1–8.
- [5] Vanderkimpfen, P., Melger, E., Peeters, P. (2008). Flood modeling for risk evaluation—a MIKE FLOOD vs. Flood Risk Management: Research and Practice, CRC Press, 77–84
- [6] Patro, S., Chatterjee, C., Mohanty, S., Singh, R., Raghuwanshi, N. S. (2009). Flood inundation modeling using MIKE FLOOD and remote sensing data. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 37(1):107–118.
- [7] Tansar, H., Babur, M., Karnchanapaiboon, S. L. (2020). Flood inundation modeling and hazard assessment in Lower Ping River Basin using MIKE FLOOD. Arabian Journal of Geosciences, 13(18)
- [8] Dũng, L. H., Huy, L. Q., Thành, P. V. (2024). Ứng dụng mô hình Hec Ras mô phỏng ngập lụt hạ lưu sông Ba. Tạp chí khoa học Biến đổi khí hậu, 4:18-26.
- [9] Thanh, Đ. Đ., Thành, L. T., Quyết, N. T. (2013). Xác định mức độ ngập lụt do xả lũ hồ chứa nước Lòng Sông tỉnh Bình Thuận. Tạp chí khoa học Thủy lợi và môi trường, số 42: 46-51.
- [10] Dũng, Đ. Đ., Na, Đ. L., Thắng, N. M., Hương, L. T. (2024). Mô phỏng ngập lụt hạ du do vỡ đập Bắc Hà trên sông Chảy thuộc tỉnh Lào Cai. Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu, số 6: 26-34.
- [11] Huân, N. M. (2015). Xây dựng dữ liệu các hằng số điều hòa thủy triều phân bố trên không gian của vùng biển miền Trung Việt Nam. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Tập 31, Số 3S (2015) 157-166.