

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BẢN ĐỒ HIỂM HỌA LŨ LỤT SỬ DỤNG VẾT LŨ LỊCH SỬ VÀ MÔ HÌNH ĐỘ CAO SỐ

Lưu Thị Diệu Chinh^{a,*}, Dương Đình Nam^a, Trịnh Đình Lai^a, Bùi Duy Quỳnh^b

^aKhoa Công Trình Thủy, Trường Đại học Xây dựng,
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

^bKhoa Cầu Đường, Trường Đại học Xây dựng,
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 25/03/2021, Sửa xong 24/05/2021, Chấp nhận đăng 28/05/2021

Tóm tắt

Gần đây các phương pháp trí tuệ nhân tạo được phát triển, mang đến tiềm năng mới cho việc lập bản đồ vùng ngập lũ sử dụng phương pháp tiếp cận địa hình dựa trên mô hình độ cao số. Nghiên cứu này đề xuất phương pháp xây dựng bản đồ hiểm họa lũ lụt bao gồm vùng ngập lũ và chiều sâu ngập lũ, sử dụng dữ liệu vết lũ lịch sử và mô hình độ cao số. Khu vực nghiên cứu được chọn là tỉnh Quảng Nam và các trận lũ lịch sử năm 2007, 2009 và 2013. Dữ liệu vết lũ lịch sử bao gồm mã số vết lũ, tọa độ vết lũ, địa điểm gắn vết lũ, và chiều sâu ngập lũ. Mô hình độ cao số có độ phân giải cao với kích thước ô lưới 10 m × 10 m. Các kỹ thuật phân tích không gian được áp dụng để phân tích, chồng xếp dữ liệu và thiết lập mối quan hệ không gian của các thuộc tính. Kết quả của nghiên cứu là bản đồ chiều sâu ngập lũ có thể cung cấp các thông tin hữu ích cho các bên liên quan về quản lý thiên tai tại địa phương.

Từ khóa: bản đồ hiểm họa lũ lụt; vết lũ lịch sử; phân tích không gian; GIS.

MAPPING FLOOD HAZARD USING HISTORICAL FLOOD MARKS AND DIGITAL ELEVATION MODEL

Abstract

Recently, artificial intelligence methods have been developed, offering new potential for flood extent mapping using a digital elevation model-based geomorphic approach. This study proposes an approach for constructing a flood hazard map of flood extent and flood depth using historical flood marks and a digital elevation model. The selected case study is Quang Nam province with the historical flood events in 2007, 2009, and 2013. A historical flood mark includes a code, coordinates, location, and flood depth. The digital elevation model has high resolution with 10 m × 10 m grid cell size. The spatial analysis techniques are applied to analyze, overlay data, and establish spatial relationships of attributes. The study results are a flood depth map that can provide useful information to decision-makers in disaster management.

Keywords: flood hazard map; historical flood marks; spatial analysis; GIS.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(3V\)-13](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(3V)-13) © 2021 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

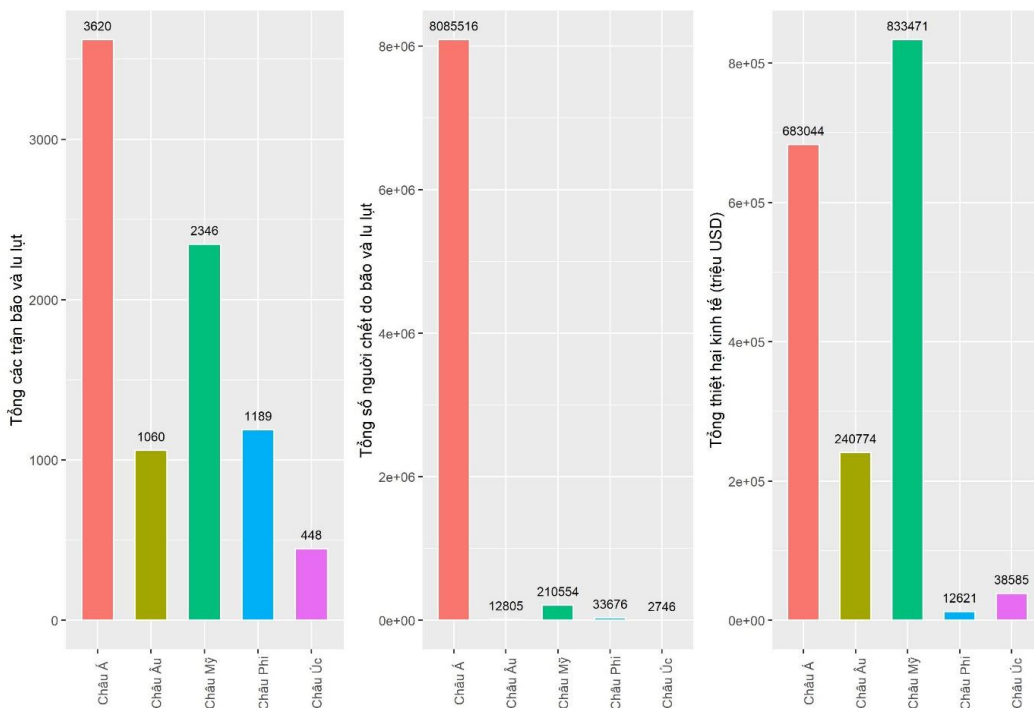
1. Giới thiệu

Lũ lụt là hiện tượng tự nhiên, vừa mang tính quy luật vừa mang tính ngẫu nhiên. Lũ lớn và đặc biệt lớn trong sông, nhất là khi lũ lớn tràn bờ và thậm chí vỡ đê, sẽ gây ngập lụt các vùng trũng ven sông, gây ra thiệt hại rất lớn về người, của cải và tác động xấu đến môi trường tự nhiên [1]. Mức độ ảnh hưởng và tần suất lũ lụt được dự báo sẽ tăng lên, đặc biệt ở các vùng vĩ độ thấp ở châu Á và châu Phi [2].

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: luuthidieuchinh@nuce.edu.vn (Chinh, L. T. D.)

Hiểm họa lũ lụt là mối đe dọa chung đối với nhiều thành phố đông dân, các vùng ven sông và ven biển [3]. Tác động của hiểm họa lũ lụt dự kiến sẽ tăng lên do sự gia tăng dân số, tăng trưởng kinh tế và biến đổi khí hậu [4]. Ngập lụt có thể gây ra những tác động nghiêm trọng đến cuộc sống, nhà cửa, sinh kế và cơ sở hạ tầng.

Theo kết quả tổng hợp từ cơ sở dữ liệu thiên tai toàn cầu trong giai đoạn 1900-2016 từ trang web <http://emdat.be> (Hình 1), Châu Á được ghi nhận là nơi có số lượng các trận lụt và bão cao nhất và tác động đáng kể nhất đến đời sống con người. Tiếp theo là châu Mỹ, mặc dù châu Mỹ có thiệt hại kinh tế cao nhất. Trong khu vực Châu Á, Việt Nam là một trong những nước có nguy cơ rất cao đối với các hiểm họa liên quan đến khí hậu như lũ lụt, hạn hán [5]. Là quốc gia nằm trong khu vực chịu ảnh hưởng của chế độ nhiệt đới gió mùa Đông Nam Á, nước ta đồng thời nằm trong trung tâm bão của khu vực tây Thái Bình Dương. Sự tổ hợp của bão với gió mùa gây mưa lớn, và với địa hình phức tạp, các đồng bằng thấp, hẹp và dốc nối liền với núi cao, đã tạo ra hình thái mưa do gió mùa, mưa bão, lũ lụt, lũ quét, hạn hán và các thiên tai khác cho Việt Nam. Các loại hình thiên tai đã gây nên nhiều thiệt hại về người, của cải, mùa màng, và cơ sở hạ tầng hàng năm. Thống kê trung bình trong giai đoạn 1989-2015, mỗi năm bão và lũ lụt làm khoảng hơn 500 người thiệt mạng và dẫn tới hàng năm thiệt hại về kinh tế tương đương với 1% GDP [6]. Phần lớn dân số của Việt Nam hiện đang sinh sống tại các vùng đất thấp trên các lưu vực sông và vùng ven biển, hơn 70% dân số được ước tính là đang hứng chịu các rủi ro do nhiều loại hiểm họa thiên tai [7].



Hình 1. Tổng các trận bão lụt, thiệt hại về người, và thiệt hại về kinh tế từ năm 1900 đến năm 2016 ở quy mô toàn cầu

Tình hình bão, lũ tại khu vực miền trung nước ta ngày càng diễn biến phức tạp, việc xây dựng các bản đồ đánh giá nguy cơ lũ lụt là một phần quan trọng trong công tác đánh giá rủi ro lũ lụt. Hiện nay hầu hết các tỉnh của nước ta chưa có bản đồ này, bản đồ sẽ giúp cho công tác ứng phó và phòng chống

thiên tai hiệu quả ở các cấp hành chính khác nhau từ xã (phường) đến huyện và tỉnh vì giúp nhận diện và phân vùng khu vực nguy hiểm.

Khu vực nghiên cứu của đề tài được lựa chọn là tỉnh Quảng Nam là tỉnh chịu ảnh hưởng nặng nề về bão và lũ lụt theo các số liệu thống kê thiệt hại thiên tai của cả nước từ năm 1989-2015 [6]. Trong những năm gần đây, lũ lụt xảy ra bất thường so với những năm trước đây cả về tần suất và cường độ, thiệt hại có xu hướng ngày càng gia tăng.

Có một số phương pháp được áp dụng phổ biến trong xây dựng bản đồ ngập lụt. Thứ nhất, sử dụng mô hình thủy văn và thủy lực để mô phỏng dòng chảy mưa, lũ [8–10]. Phương pháp này yêu cầu số liệu đầu vào là các số liệu quan trắc thủy văn trong thời gian dài và các mặt cắt ngang sông mỗi nhất, đồng thời yêu cầu hiệu chỉnh mô hình theo số liệu vết lũ thực đo. Do đó, nhiều khu vực không có đủ chuỗi số liệu và chi phí cập nhật, đo vẽ mặt cắt dọc tuyến sông rất lớn để thực hiện. Thứ hai, phương pháp sử dụng ảnh chụp vệ tinh [11]. Phương pháp này phụ thuộc vào chất lượng, độ phân giải ảnh chụp có được và chỉ có thể áp dụng trong xác định phạm vi ngập, không phân tích được chiều sâu ngập lũ. Thứ ba, phương pháp tiếp cận địa hình dựa trên mô hình độ cao số (DEM) [12, 13]. Trong phương pháp này, độ chính xác của bản đồ hiểm họa lũ lụt phụ thuộc vào độ phân giải của mô hình độ cao số. Ưu điểm của phương pháp này là cho phép mô phỏng các bản đồ ngập lụt một cách nhanh chóng, dựa vào các số liệu thực đo và mô hình độ cao số.

Trong số các đặc điểm lũ lụt, việc xác định chính xác phạm vi của các khu vực bị ảnh hưởng là nhiệm vụ quan trọng để có các phương án ứng phó thích hợp [1]. Đồng thời, các đặc điểm khác như độ sâu ngập, vận tốc dòng chảy và bùn cát cũng rất cần thiết cho việc giảm thiểu thiệt hại do lũ lụt gây ra [2]. Do sự phức tạp của các hiện tượng tự nhiên, việc thể hiện đầy đủ sự lan truyền của lũ, ngay cả ở quy mô nhỏ, đã là một vấn đề lớn đối với các nhà thủy văn và kỹ sư thủy lợi trên toàn thế giới. Ngay cả những mô hình thủy lực chi tiết nhất cũng áp dụng sự đơn giản hóa để mô phỏng quá trình ngập lụt. Do đó, các dự đoán của mô hình bị ảnh hưởng bởi các sai số và bị hạn chế bởi việc thiếu dữ liệu về mặt cắt sông, chuỗi số liệu quan trắc thủy văn.

Song song với việc áp dụng các mô hình thủy lực dự báo theo thời gian thực [14, 15], phương pháp tiếp cận địa hình dựa trên mô hình độ cao số cũng được phát triển nhằm mục đích nâng cao nhận thức về nguy cơ lũ lụt ở quy mô lớn [13]. Đây là hướng tiếp cận tiềm năng để lấp đầy những khoảng trống hiện có trong lập bản đồ lũ lụt, giảm yêu cầu dữ liệu sẵn có và để hỗ trợ các ứng dụng mô hình thủy lực và viễn thám.

Trong nghiên cứu này, dựa trên phân tích về dữ liệu hiện có ở tỉnh Quảng Nam, gồm các vết lũ lịch sử, mô hình độ cao số, bản đồ mạng lưới thủy hệ, bản đồ ranh giới xã/huyện của tỉnh Quảng Nam, chúng tôi sử dụng cách tiếp cận địa hình dựa trên mô hình độ cao số sử dụng công cụ phân tích không gian trong GIS để lập bản đồ đánh giá hiểm họa lũ lụt. Các kỹ thuật phân tích không gian trong GIS được áp dụng để phân tích và chồng xếp dữ liệu và thiết lập mối quan hệ không gian. Bản đồ hiểm họa lũ lụt bao gồm vùng ngập lũ và chiều sâu ngập lũ có thể cung cấp các thông tin hữu ích cho các bên liên quan về quản lý rủi ro lũ lụt, và cách hoạt động ứng phó, giảm thiểu rủi ro lũ lụt.

2. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

2.1. Khu vực nghiên cứu

Quảng Nam là một tỉnh thuộc vùng Duyên hải Nam Trung Bộ, Việt Nam, nằm ở vĩ độ 15°33'25" Bắc, kinh độ 108°02'12" Đông. Tỉnh Quảng Nam có diện tích 10.406 km² và dân số trung bình hơn 1,567 triệu người (năm 2019); đứng thứ 6 về diện tích và thứ 19 về dân số trong 63 tỉnh. Địa hình của tỉnh nghiêng dần từ Tây sang Đông hình thành 3 kiểu cảnh quan sinh thái rõ rệt là kiểu núi cao

phía Tây, kiểu trung du ở giữa và dải đồng bằng ven biển với đường bờ biển dài 125 km. Vùng đồi núi chiếm 72% diện tích tự nhiên với nhiều ngọn núi cao trên 2,000m như núi Lum Heo, núi Tion, núi Gole-Lang, và núi Ngọc Linh. Bề mặt địa hình bị chia cắt bởi hệ thống sông ngòi khá dày đặc gồm sông Vu Gia, sông Thu Bồn, sông Tam Kỳ và sông Trường Giang.

Bão lụt thường xảy ra từ tháng 10 đến giữa tháng 12 hàng năm, tập trung nhiều nhất vào hai tháng 10 và 11. Khi bão, áp thấp nhiệt đới xảy ra kèm theo mưa lớn, triều cường dâng cao gây ngập lụt ở đồng bằng, lũ quét ở miền núi và vùng gò đồi. Các hình thái khác như lũ tiểu mãn xảy ra từ tháng 4 đến tháng 6 hàng năm; lốc xoáy, dông sét, mưa đá xảy ra quanh năm. Một số trận lũ lụt để lại hậu quả nặng nề đã được ghi nhận gần đây tại Quảng Nam, trong đó có kể đến các năm 1999, 2004, 2007, 2009, 2013 và 2016.

2.2. Dữ liệu sử dụng

Các vết lũ (các dấu vết ngập lụt) thường được thu thập sau những đợt mưa lũ nghiêm trọng ở Quảng Nam [16]. Dự án “Building Resilient Societies in Central Region in Vietnam – JICA 2009” do cơ quan Hợp tác quốc tế Nhật Bản thực hiện vào năm 2009 tài trợ và khuyến khích thực hiện việc thu thập các số liệu về các vết lũ này, bao gồm cả tọa độ, chiều cao ngập, và thời gian ngập [17]. Một số hình ảnh các vết lũ được thể hiện trong Hình 2, thu thập tại Ủy ban phòng chống thiên tai tỉnh Quảng Nam.

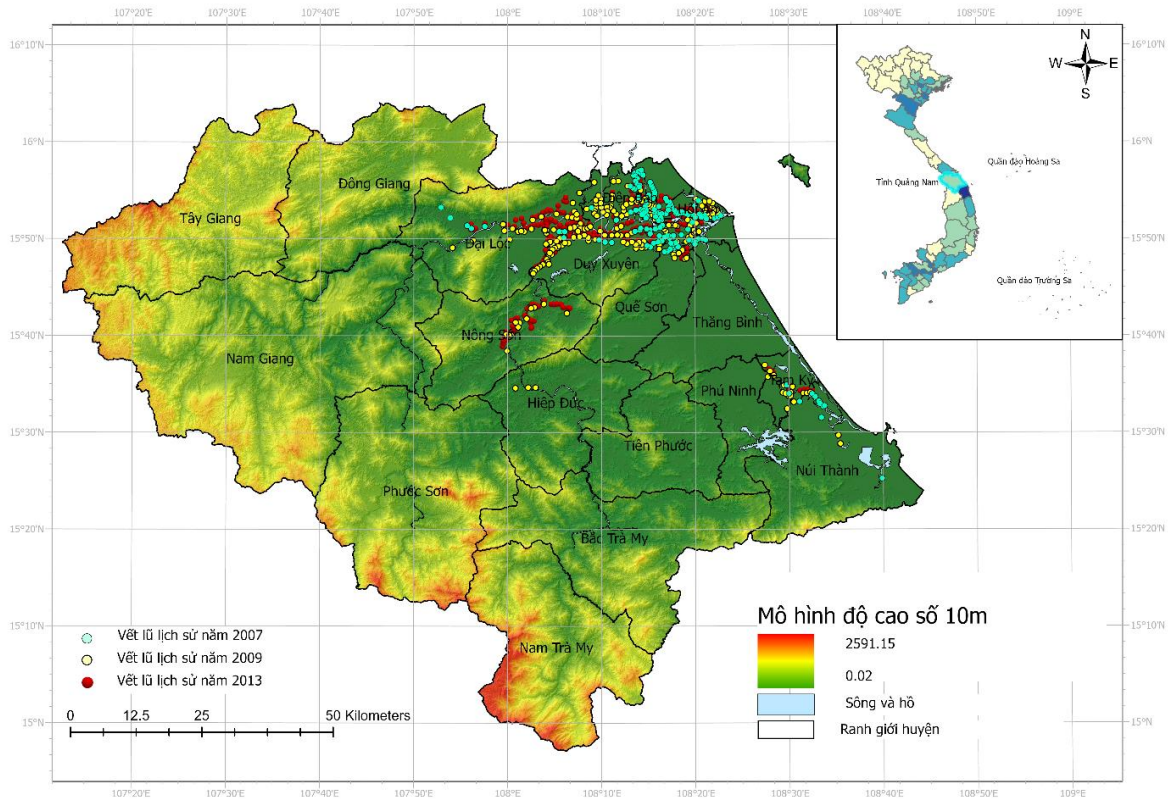


Hình 2. Các mốc vết lũ lịch sử cho trận lũ năm 2009 và 2013

Hình 3 trình bày vị trí các vết lũ lịch sử của năm 2007 (150 vết lũ), 2009 (400 vết lũ) và 2013 (300 vết lũ) trên bản đồ. Mô hình độ cao số (DEM) độ phân giải với kích thước ô lưới 10m × 10m được được tác giả thu thập từ Cục bản đồ.

Áp thấp nhiệt đới gây mưa lớn ở miền trung từ ngày 10 đến 12 tháng 11 năm 2007, đã đẩy nước lũ các sông từ Thừa Thiên - Huế đến Bình Định vượt báo động 3, cá biệt sông Vu Gia tại Quảng Nam vượt báo động 3 tới 1,5 m, cao hơn trận lũ lịch sử năm 1999. Tại Quảng Nam, mưa lũ đã làm 22 người chết, 55 người bị thương, 201.450 ngôi nhà bị ngập, sập, 7.000 ha đất nông nghiệp bị ngập, 2.200.000 gia súc gia cầm bị chết và thiệt hại nặng nề đối với giao thông và thủy lợi [18]. Bão Ketsana đổ bộ lần thứ hai vào Việt Nam vào ngày 29 tháng 9 năm 2009, cách tỉnh Quảng Nam khoảng 60 km về phía nam. Sức gió tối đa của Ketsana là 167 km/h với gió giật mạnh tới 204 km/h.

Tại Quảng Nam, cơn bão số 9 năm 2009 đã gây thiệt hại nặng nề về người và tài sản, 33 người chết, 405 người bị thương, 41.769 ngôi nhà bị ngập, sập, 25.905 ha đất nông nghiệp bị ngập, 361.000 gia súc gia cầm bị chết và thiệt hại nặng nề đối với giao thông và thủy lợi [19].



Hình 3. Khu vực nghiên cứu tỉnh Quảng Nam, vết lũ lịch sử năm 2007, 2009 và 2013, và mô hình độ cao số

Sau khi siêu bão Hải Yến ảnh hưởng đến Philippines, áp thấp nhiệt đới Podul đổ bộ vào Việt Nam gây mưa lớn tại các tỉnh miền Trung trong hai ngày 14 và 15 tháng 11 năm 2013. Lượng mưa rất lớn từ 400 – 793 mm đã gây ra lũ lụt nghiêm trọng, gây thiệt hại về người, tài sản và các ảnh hưởng khác đối với các tỉnh Quảng Nam, Quảng Ngãi, Bình Định và Phú Yên. Cụ thể tại tỉnh Quảng Nam, áp thấp nhiệt đới Podul khiến 17 người chết, 230 người bị thương, 91.739 ngôi nhà bị ngập, sập, 11.530 ha đất nông nghiệp bị ngập, 85.080 gia súc, gia cầm bị chết và thiệt hại nặng nề đối với giao thông và thủy lợi [20].

Tại biến lũ lụt ở lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn được xếp hàng đầu về phạm vi ảnh hưởng, mức độ nghiêm trọng, tần suất xuất hiện và cũng là loại thiên tai gây thiệt hại lớn nhất về kinh tế, môi trường và xã hội. Theo thống kê của Ủy ban phòng chống thiên tai tỉnh, từ 1997-2015, lũ lụt đã làm 1.452 người thiệt mạng, hơn 3 triệu ngôi nhà bị ngập sập, hơn 1 triệu hộ dân bị thiếu đói, tổng thiệt hại kinh tế hơn 11 nghìn tỷ đồng. Trung tâm dự báo khí tượng và thủy văn tỉnh Quảng Nam quan trắc số liệu lịch sử về mực nước tại các trạm thủy văn trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn để vẽ đường cong tần suất lũ. Bảng 1 trình bày số liệu quan trắc mực nước lớn nhất của các trận lũ lịch sử của năm 2007, 2009 và 2013 tại các trạm thủy văn trên địa bàn tỉnh, thu thập tại Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn và Ủy ban phòng chống thiên tai tỉnh Quảng Nam.

Từ số liệu quan trắc Bảng 1 và 2. Cho thấy trận lụt năm 2007 và 2009 tại trạm Ái Nghĩa có tần suất 1% (thời gian lặp lại 100 năm), và trận lụt năm 2013 tại trạm Ái Nghĩa có tần suất 10% (thời gian lặp lại 10 năm).

Bảng 1. Mức nước cao nhất đo được tại các trạm thủy văn của các trận lũ lịch sử

Năm	Mức nước (cm)			Trên báo động III (m)	Báo động II đến báo động III (m)
	Trạm Ái Nghĩa	Trạm Câu Lâu	Trạm Hội An		
2007	1036	539	328	8	0
2009	1077	529	320	1	5
2013	1000	455	269	2	2

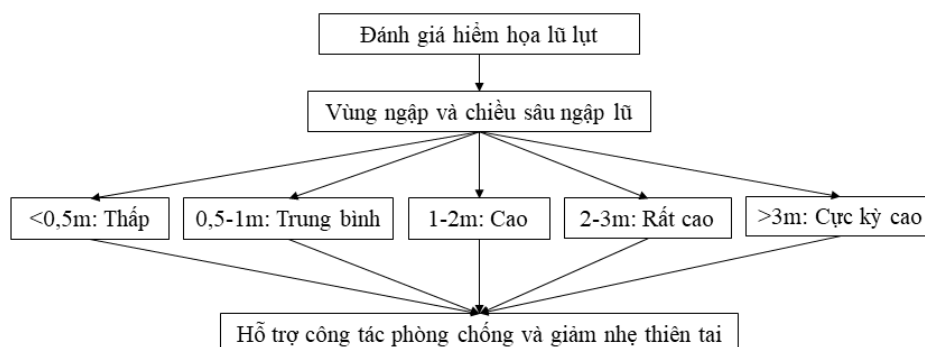
Bảng 2. Tần suất lũ đo và tính toán tại trạm thủy văn Ái Nghĩa
(Nguồn: Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn tỉnh Quảng Nam cung cấp)

Tần suất (%)	H_{\max} (cm)	Thời gian lặp lại (năm)
1.0	1146,03	100
2.0	1112,46	50
5.0	1063,80	20
10.0	1022,24	10

3. Phương pháp

Phân tích không gian trong GIS được biết đến như các kỹ thuật phân tích chồng lớp, phân tích mối quan hệ không gian giữa các đối tượng với nhau để tìm ra một đặc điểm chung nhất nào đó về mặt phân bố không gian của các đối tượng. Từ mô hình độ cao số, chúng tôi sử dụng chức năng phân tích không gian của GIS chồng xếp với các bản đồ đơn tính bao gồm ranh giới huyện, sông hồ và các điểm vết lũ để thành lập bản đồ hiểm họa lũ lụt, thống kê diện tích ngập của tỉnh Quảng Nam.

Phương pháp phân tích không gian đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như kinh tế, kế hoạch, giáo dục, môi trường, giao thông, phân bố và quản lý tài nguyên, và gần đây hơn được áp dụng cho các nghiên cứu đánh giá hiểm họa lũ lụt. Hình 4 minh họa phương pháp phân tích không gian GIS được sử dụng để đánh giá nguy cơ lũ lụt cho tỉnh Quảng Nam. Nguy cơ lũ lụt được đánh giá bằng chỉ số độ sâu lũ.

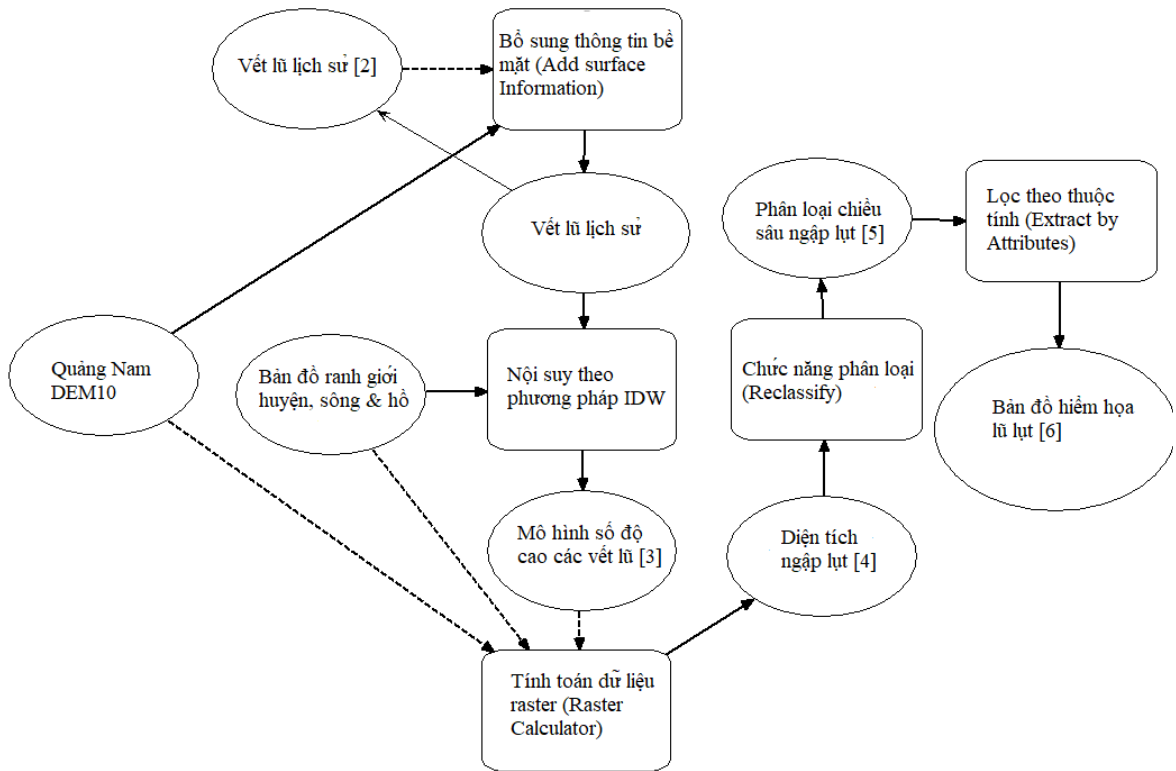


Hình 4. Khung phân cấp đánh giá hiểm họa lũ lụt dùng cho khu vực nghiên cứu tỉnh Quảng Nam

Nghiên cứu này phân tích nguy cơ lũ lụt bằng cách sử dụng dữ liệu là các vết lũ lịch sử và mô hình độ cao số. Dựa vào các số liệu thu thập được liên quan tới các vết lũ trong lịch sử, chúng tôi đưa

ra bản đồ ngập của tỉnh Quảng Nam trong 3 năm điển hình là 2007, 2009 và 2013. Vết lũ là dấu vết về mực nước lũ còn lưu lại trên các bờ đất, bụi cây, tường nhà, trụ cầu sau các trận lũ ngập. Điều tra vết lũ là một phương pháp xác định, đánh dấu các dấu vết lũ để lại; số liệu bao gồm tọa độ điểm đánh dấu, địa chỉ, độ sâu ngập. Các vết lũ được điều tra ngay sau lũ lớn xảy ra và được bố trí theo các tuyến trong vùng ngập lụt (Hình 2).

Dữ liệu đánh dấu vết lũ bao gồm độ sâu lũ và tọa độ các vết lũ. Mô hình độ cao số là sự biểu thị bằng số sự thay đổi liên tục của độ cao trong không gian, nó có thể là độ cao tuyệt đối của các điểm trên bề mặt đất, độ cao của các tầng đất, hoặc của mực nước ngầm. Một quy trình lập bản đồ đánh giá nguy cơ lũ lụt toàn diện hơn có thể đóng góp đáng kể cho hoạt động quản lý hiểm họa rủi ro lũ lụt tại Quảng Nam nói riêng và Việt Nam nói chung.



Hình 5. Mô hình ModelBuilder trong ArcGIS Pro để tạo bản đồ chiều sâu ngập lũ

Mô hình chi tiết về quá trình tạo bản đồ ngập lũ năm 2007, 2009 và 2013 với 6 bước bằng công cụ ModelBuilder trong phần mềm ArcGIS Pro được trình bày trong Hình 5, cụ thể như sau:

(1) Vết lũ trận lũ năm 2007, hoặc 2009, hoặc 2013, gồm độ sâu ngập lũ, được đưa lên định dạng ArcGIS;

(2) Vết lũ được đặt trên độ cao của mực nước biển trung bình bằng cách sử dụng công cụ Add Surface Information với mô hình độ cao số của tỉnh Quảng Nam;

(3) Mô hình độ cao số của các vết lũ được xây dựng bằng cách sử dụng công cụ Inverse Distance Weighting (IDW) sử dụng kết quả bước (2). Mô hình độ cao số của tỉnh Quảng Nam được sử dụng để thiết lập môi trường thuật toán IDW trong Extent và Mask;

(4) Diện tích ngập được tính bằng công cụ Raster Calculator với kết quả của bước (3) và DEM. Trong thuật toán này, diện tích ngập là kết quả của bước (3) trừ DEM. Mô hình độ cao số của tỉnh

Quảng Nam được sử dụng để thiết lập môi trường của thuật toán Raster Calculator trong Extent và Mask. Các khu vực bị ngập lụt có giá trị dương và khu vực không ngập có giá trị âm.

(5) Các mức chiều sâu ngập được phân cấp đánh giá hiểm họa thành 6 bậc sau: < 0 m; 0-0,5 m; 0,5-1 m; 1-2 m, 2-3 m và > 3 m bằng cách sử dụng công cụ Reclassify từ kết quả bước (4); khi phân cấp, mức ngập < 0 m được loại bỏ.

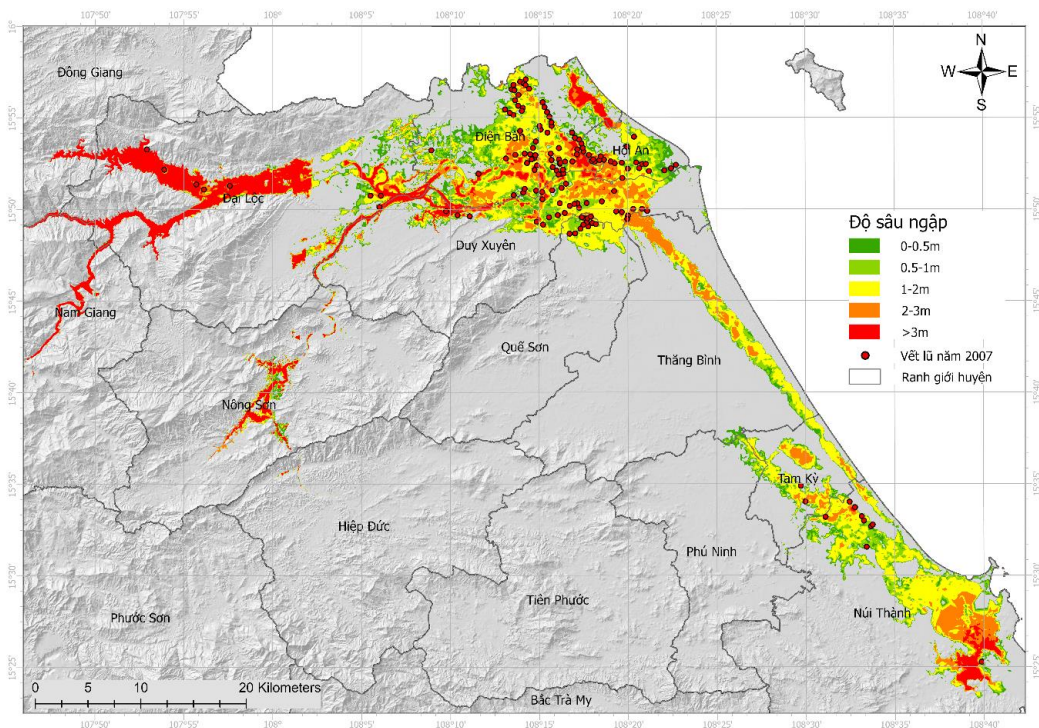
(6) Bản đồ độ sâu ngập lũ cuối cùng được tạo ra bằng cách sử dụng công cụ Extract by Attribute từ kết quả bước (5). Các khu vực không bị ngập lụt (chiều sâu ngập < 0 m) được trích xuất khỏi bản đồ.

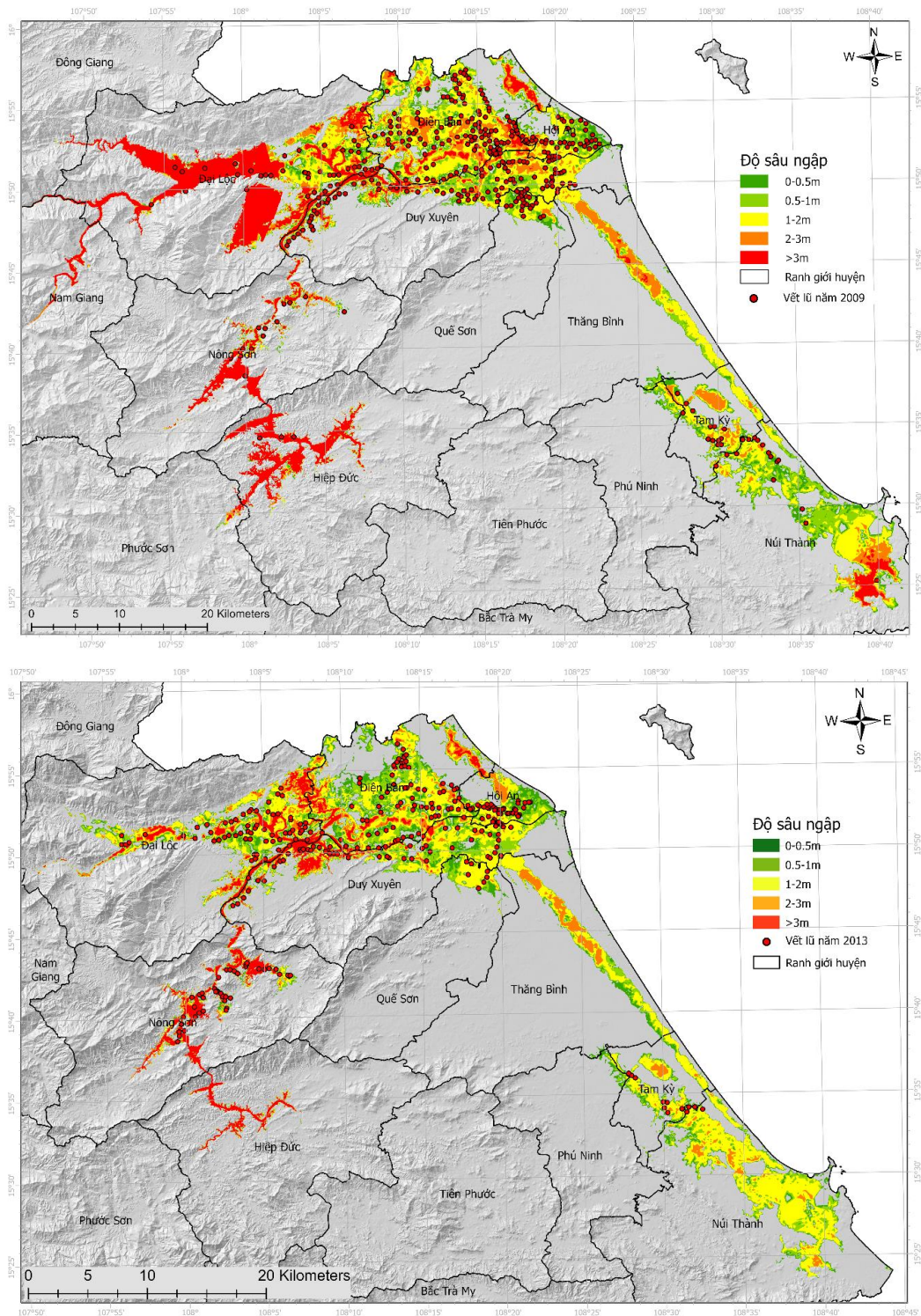
4. Kết quả và thảo luận

4.1. Bản đồ ngập lụt khu vực tỉnh Quảng Nam

Các công cụ GIS cho phép chiết xuất, tích hợp các lớp thông tin phục vụ cho nghiên cứu và có được các sản phẩm theo yêu cầu. Như vậy mô hình hóa dựa trên các công cụ GIS sẽ giúp xây dựng các bản đồ hiểm họa lũ lụt trở nên nhanh chóng, thuận lợi và mang tính định lượng. Trong nghiên cứu này, bản đồ hiểm họa lũ lụt được đánh giá trên phạm vi ngập và độ sâu ngập lụt. Bản đồ độ cao số của tỉnh Quảng Nam có độ phân giải $10\text{ m} \times 10\text{ m}$, tương ứng với kích thước ô lưới là 100 m^2 , đảm bảo tính chính xác trong việc xác định diện tích ngập lụt trên bản đồ. Chúng tôi sử dụng các công cụ phân tích không gian bản đồ trên phần mềm ArcGIS Pro như trình bày trong Hình 5 để xây dựng bản đồ ngập cho khu vực nghiên cứu. Kết quả bản đồ hiểm họa lũ lụt theo vết lũ năm 2007, 2009 và 2013 được thể hiện trên Hình 6.

Kết quả sẽ cung cấp cho chúng ta bảng thuộc tính bao gồm diện tích ngập lụt tương ứng với các mức độ sâu ngập khác nhau. Để tính toán diện tích ngập lụt thực tế, ta lấy diện tích ngập trên bản đồ này nhân với diện tích ô lưới để có kết quả diện tích ngập lụt thực tế được thể hiện trong Bảng 3.





Hình 6. Bản đồ hiểm họa lũ lụt tỉnh Quảng Nam cho các trận lũ năm 2007, 2009 và 2013

Bảng 3. Diện tích ngập lụt tỉnh Quảng Nam các năm 2007, 2009 và 2013

Năm	Mức ngập	Giá trị trên bản đồ	Diện tích ô lưới (m ²)	Diện tích ngập (m ²)	Diện tích ngập (ha)	Tổng (ha)
2007	< 0,5 m	781759	100	78175900	7818	62112
	0,5-1 m	990931	100	99093100	9909	
	1-2 m	2199858	100	219985800	21999	
	2-3 m	1054512	100	105451200	10545	
	> 3 m	1184087	100	118408700	11841	
2009	< 0,5 m	845052	100	84505200	8451	76582
	0,5-1 m	1290595	100	129059500	12906	
	1-2 m	2458866	100	245886600	24589	
	2-3 m	1113035	100	111303500	11130	
	> 3 m	1950649	100	195064900	19506	
2013	< 0,5 m	930785	100	93078500	9308	62876
	0,5-1 m	1296917	100	129691700	12969	
	1-2 m	2607622	100	260762200	26076	
	2-3 m	728496	100	72849600	7285	
	> 3 m	723814	100	72381400	7238	

4.2. Phạm vi và độ sâu ngập lụt

a. Phạm vi ngập lụt

Do mưa lũ ở trung và thượng lưu rất lớn, nước lũ dồn về vùng đồng bằng hạ lưu các sông, dòng sông không đủ khả năng tải lượng nước lũ nên nước lũ tràn bờ gây ra ngập lụt ở các vùng trũng thấp hai bên bờ sông và vùng đồng bằng.

Ở sông Thu Bồn, các vùng thấp ven sông ở trung lưu sông Thu Bồn của huyện Quế Sơn đều bị ngập. Phía hữu ngạn sông Thu Bồn một phần của các huyện Duy Xuyên và Quế Sơn nằm trong vùng ngập lụt nghiêm trọng. Phía tả ngạn sông Thu Bồn, diện ngập bao trùm hầu hết các xã thuộc huyện Đại Lộc và Điện Bàn, khu vực nằm kẹp giữa sông Thu Bồn và sông Vu Gia.

Ở sông Vu Gia, ngập lụt bắt đầu từ vùng thấp hai bên bờ sông Vu Gia, các xã thuộc huyện Đại Lộc, huyện Điện Bàn và Hội An. Ở phía tả ngạn sông Vu Gia phạm vi ngập lụt bao trùm các xã nằm ở ven sông thuộc huyện Đại Lộc.

Ở sông Tam Kỳ, vùng thấp dọc hai bên bờ sông Tam Kỳ thuộc thị xã Tam Kỳ và huyện Thăng Bình cũng bị ngập.

Như vậy, hầu hết các vùng trũng ven sông ở trung lưu và hạ lưu hệ thống sông Thu Bồn đều bị ngập lụt. Diện ngập lụt bao trùm hầu hết huyện Đại Lộc, Điện Bàn, Duy Xuyên, thị xã Hội An và một phần các huyện Quế Sơn, Thăng Bình, Núi Thành, thị xã Tam Kỳ.

b. Phân vùng độ sâu ngập lụt

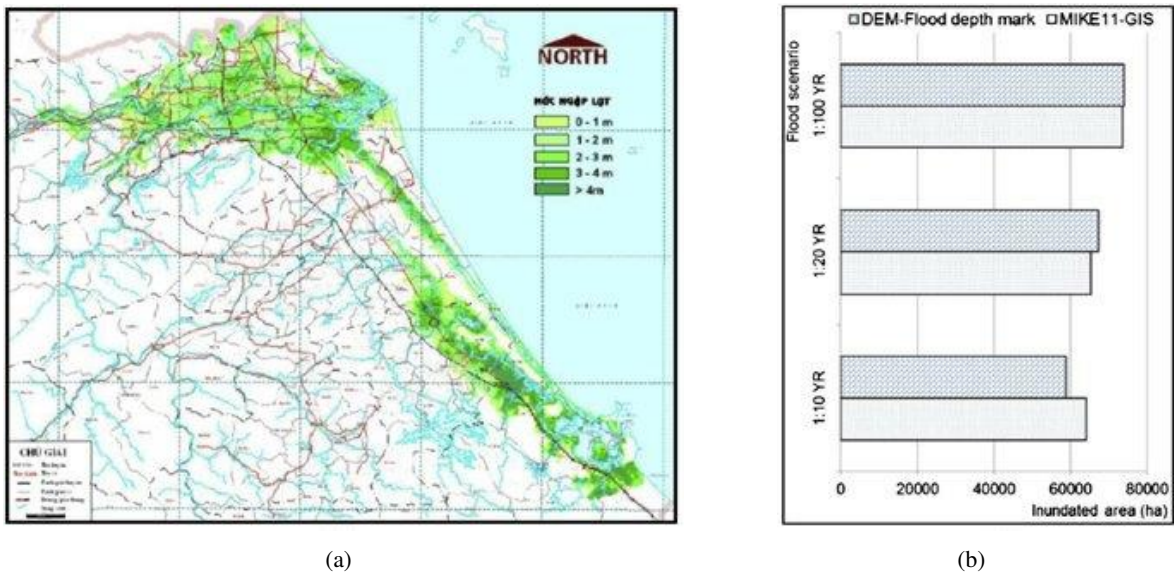
Theo kết quả nghiên cứu của báo cáo, phần lớn các nơi có độ sâu ngập lụt dưới 3 m, cá biệt một số nơi của huyện Núi Thành có thể ngập sâu tới 4 ÷ 5 m. Độ sâu ngập lụt trong các khu vực như sau:

- Độ sâu ngập lụt dưới 0,5 m: Khu vực từ ngã ba sông Yên, sông La Thọ, sông Quá Giang thuộc huyện Điện Bàn; và một vài khu vực của thị xã Tam Kỳ.

- Độ sâu ngập lụt 0,5 ÷ 1 m: Diện ngập khá rộng, rải đều ở các huyện Điện Bàn, Duy Xuyên và Núi Thành.
- Độ sâu ngập 1 ÷ 2 m: Phân bố rộng khắp ở hạ lưu sông Vu Gia, sông Thu Bồn, hai bên bờ sông Vĩnh Điện, Trường Giang.
- Độ sâu ngập > 2 m: Hai bên bờ sông Vu Gia của huyện Đại Lộc, khu vực thung lũng trung thấp của hai huyện Nam Giang và Nông Sơn. Hai bờ sông Thu Bồn và vùng tả ngạn Hội An; khu vực cửa sông Tam Kỳ và sông Chợ. Hai bên bờ sông Trường Giang của huyện Thăng Bình.

4.3. So sánh kết quả nghiên cứu với các nghiên cứu khác

Trong nghiên cứu này, bản đồ hiểm họa lũ lụt của tỉnh Quảng Nam được xây dựng sử dụng phương pháp phân tích không gian dựa trên mô hình độ cao số và vết lũ lịch sử. Kết quả đưa ra tương đồng với kết quả bản đồ ngập được xây dựng bằng phương pháp phân tích ảnh vệ tinh [11] và bản đồ ngập được xây dựng từ mô hình MIKE11-GIS của Viện Địa Lý như trong Hình 7. Theo nghiên cứu từ mô hình MIKE11-GIS, diện tích ngập cho các trận lũ tần suất từ 10 năm đến 100 năm dao động từ 60.000 đến 80.000 ha. Ngoài ra, kết quả cũng phù hợp với kết quả phân tích ảnh vệ tinh với độ phân giải cao (Resolution 10 m) của UNITAR cho trận lũ tháng 10 năm 2020 (tần suất lũ ước tính là 100 năm) có diện tích vùng ngập là 80.000 ha [21].



Hình 7. (a) Bản đồ ngập tần suất 1:100 năm theo mô hình MIKE11-GIS (b) Tổng diện tích ngập theo tần suất [16]

Do điều kiện thuận lợi về dòng chảy và cột nước, trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn đã hình thành nhiều công trình thủy điện, cụ thể có 9 công trình thủy điện lớn với công suất lắp máy lớn hơn 60 MW và 33 công trình thủy điện vừa và nhỏ [22]. Các công trình này đã làm đặc điểm thủy văn trên các hệ thống sông thay đổi đáng kể. Do vậy cần có những nghiên cứu và giám sát quy trình vận hành liên hồ chứa để giảm thiểu các thiệt hại do lũ lụt đối với các khu vực hạ du.

Độ chính xác của bản đồ ngập phụ thuộc vào số lượng vết lũ điều tra thu thập và độ phân giải của DEM. Trong nghiên cứu này, số liệu năm 2007 chỉ có 150 vết lũ và chỉ tập trung chủ yếu tại các Hội An, Điện Bàn, Đại Lộc và Duy Xuyên nên độ chính xác của bản đồ bị hạn chế. Năm 2009, dự án

JICA hỗ trợ địa phương xây dựng các vết lũ nên số lượng vết lũ điều tra đầy đủ hơn [17]. Năm 2013, Ban chỉ huy phòng chống thiên tai tỉnh đã điều tra thu thập số lượng vết lũ đầy đủ hơn các năm trước, và đồng thời điều tra thu thập số liệu chiều sâu ngập lũ cùng với thời gian ngập lũ.

Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ hiện đại, hiện nay từ dữ liệu ảnh vệ tinh cũng có thể đưa ra cho chúng ta kết quả bản đồ diện tích ngập lụt tại các địa phương một cách nhanh chóng, tuy nhiên nhược điểm của kết quả là không cho kết quả độ sâu ngập lụt, yếu tố ảnh hưởng lớn đến các phương án ứng phó với thiên tai cũng như sinh kế của người dân địa phương. Vì vậy phương pháp dùng trong nghiên cứu này có thể ứng dụng để xây dựng bản đồ hiểm họa lũ lụt nhanh chóng với các dữ liệu hiện có ở hầu hết các khu vực của Việt Nam, nhất là trong các khu vực không đủ dữ liệu chuỗi quan trắc khí tượng thủy văn thời gian dài cũng như không đủ kinh phí đo vẽ cập nhật các mặt cắt sông cho các mô hình thủy lực.

5. Kết luận

Xây dựng bản đồ ngập lụt là bước đầu tiên trong đánh giá rủi ro lũ lụt. Nghiên cứu này đã trình bày một cách tiếp cận để xây dựng bản đồ ngập lụt bằng cách sử dụng dữ liệu vết lũ lịch sử kết hợp mô hình độ cao số (DEM) có độ phân giải cao. Cách tiếp cận này được áp dụng để xây dựng các bản đồ ngập lụt cho các trận lũ lịch sử năm 2007, 2009 và 2013 ở Quảng Nam. Kết quả của nghiên cứu cùng với các kết quả từ mô phỏng số liệu theo thời gian thực hoặc gần thực sẽ cung cấp thêm thông tin cho những người ra quyết định và chính quyền địa phương để có phương án phòng chống thiên tai tốt hơn. Cách tiếp cận này có thể được áp dụng để xây dựng các bản đồ ngập ở những khu vực không có đủ dữ liệu hoặc kinh phí để xây dựng mô hình toán thủy lực, và tại các địa phương chưa xây dựng các trạm đo số liệu và xây dựng các mô hình mô phỏng theo thời gian thực. Kết quả nghiên cứu này cung cấp một đánh giá nhanh chóng và sơ bộ về nguy cơ lũ lụt tại khu vực sử dụng dữ liệu vết lũ lịch sử. Kết quả cũng có thể được kết hợp với bản đồ quy hoạch sử dụng đất để hỗ trợ trong quá trình ra quyết định quy hoạch.

Lời cảm ơn

Các tác giả chân thành cảm ơn Ban Chỉ huy phòng, chống thiên tai và Tìm kiếm cứu nạn tỉnh Quảng Nam đã cung cấp những dữ liệu về vết lũ lịch sử và chia sẻ các kinh nghiệm thực tiễn trong hoạt động quản lý rủi ro thiên tai tại địa phương.

Tài liệu tham khảo

- [1] Simonović, S. P. (2012). *Floods in a changing climate: risk management*. Cambridge University Press.
- [2] Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S., Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., Kim, H., Kanae, S. (2013). [Global flood risk under climate change](#). *Nature Climate Change*, 3(9):816–821.
- [3] Maaskant, B., Jonkman, S. N., Bouwer, L. M. (2009). [Future risk of flooding: an analysis of changes in potential loss of life in South Holland \(The Netherlands\)](#). *Environmental Science & Policy*, 12(2): 157–169.
- [4] Tanoue, M., Hirabayashi, Y., Ikeuchi, H. (2016). [Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years](#). *Scientific Reports*, 6(1).
- [5] Garschagen, M., Mucke, P., I., S., Seibert, T., Welle, T. (2014). *The 2014 World Risk Report, Focus: The city as a risk area*. United Nations University - Institute for Environment and Human Security.
- [6] Luu, C., von Meding, J., Mojtahedi, M. (2019). [Analyzing Vietnam's national disaster loss database for flood risk assessment using multiple linear regression-TOPSIS](#). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40:101153.

- [7] Quyết định 172/2007/QĐ-TTg phê duyệt (2007). *Chiến lược quốc gia phòng, chống và giảm nhẹ thiên tai đến năm 2020*.
- [8] Apel, H., Trepát, O. M., Hung, N. N., Chinh, D. T., Merz, B., Dung, N. V. (2016). [Combined fluvial and pluvial urban flood hazard analysis: concept development and application to Can Tho city, Mekong Delta, Vietnam](#). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(4):941–961.
- [9] Nam, D. H., Mai, D. T., Udo, K., Mano, A. (2013). [Short-term flood inundation prediction using hydrologic-hydraulic models forced with downscaled rainfall from global NWP](#). *Hydrological Processes*, 28(24):5844–5859.
- [10] Vu, T. T., Ranzi, R. (2017). [Flood risk assessment and coping capacity of floods in central Vietnam](#). *Journal of Hydro-environment Research*, 14:44–60.
- [11] Ho, L. T. K., Umitsu, M. (2011). [Micro-landform classification and flood hazard assessment of the Thu Bon alluvial plain, central Vietnam via an integrated method utilizing remotely sensed data](#). *Applied Geography*, 31(3):1082–1093.
- [12] Dat, C. T. (2018). [Nghiên cứu kết hợp công cụ GIS và phần mềm HEC-RAS trong bài toán lan truyền sóng vỡ đập](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*, 12(2):50–58.
- [13] Manfreda, S., Samela, C. (2019). [A digital elevation model based method for a rapid estimation of flood inundation depth](#). *Journal of Flood Risk Management*, 12(S1).
- [14] Nguyen, L. D., Nguyen, H. T., Dang, P. D. N., Duong, T. Q., Nguyen, L. K. (2021). [Design of an automatic hydro-meteorological observation network for a real-time flood warning system: a case study of Vu Gia-Thu Bon river basin, Vietnam](#). *Journal of Hydroinformatics*, 23(2):324–339.
- [15] Loi, N. K., Liem, N. D., Tu, L. H., Hong, N. T., Truong, C. D., Tram, V. N. Q., Nhat, T. T., Anh, T. N., Jeong, J. (2018). [Automated procedure of real-time flood forecasting in Vu Gia – Thu Bon river basin, Vietnam by integrating SWAT and HEC-RAS models](#). *Journal of Water and Climate Change*, 10(3): 535–545.
- [16] Chau, V. N., Holland, J., Cassells, S., Tuohy, M. (2013). [Using GIS to map impacts upon agriculture from extreme floods in Vietnam](#). *Applied Geography*, 41:65–74.
- [17] JICA. [Project for Building Disaster Resilient Societies in Central Region](#). Japan International Cooperation Agency (JICA).
- [18] Government V. [Country Report: 40th Session of the Typhoon Committee](#). National Hydro-Meteorological Service.
- [19] Reliefweb. [Situation Report Vietnam - Typhoon Ketsana Oct 2009](#).
- [20] Evans, A. D., Falvey, R. J. [Annual Tropical Cyclone Report](#). The Joint Typhoon Warning Center (JTWC).
- [21] UNITAR. [Satellite detected waters in Quang Nam province of Vietnam as of 30 October 2020](#). United Nations Institute for Training and Research (UNITAR).
- [22] Luu, C., Von Meding, J., Kanjanabootra, S., Pham, D. (2015). [Resettlement in Vietnam's hydropower industry: policies and social impact assessment](#). Proceedings of RICS COBRA 2015, 8-10 July 2015, Sydney, Australia.