TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Đánh giá rủi ro ngập lụt khu vực hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ, tỉnh Quảng Ngãi dưới tác động của các hoạt động kinh tế - xã hội

Hoàng Thái Bình[2], Nguyễn Bách Tùng[1], Nguyễn Hồng Thủy[1], Mai Đức Hoàng[1], Đào Đình Châm[2], Nguyễn Tường Vĩ[3], Trần Ngọc Anh[1]*

[1] Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; bachtung_cefd@hus.edu.vn; tranngocanh@hus.edu.vn; nguyenhongthuy@hus.edu.vn, maiduchoang_t65@hus.edu.vn
[2] Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; htbinh@ig.vast.vn
[3] Chi cục Thủy lợi, Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Bình Định; vint@snnptnt.binhdinh.gov.vn

*Tác giả liên hệ: tranngocanh@hus.edu.vn; Tel.: +84–915051515

Ban biên tập nhận bài: 15/7/2024; Ngày phản biện xong: 29/8/2024; Ngày đăng bài: 25/1/2025

Tóm tắt: Trong những năm qua, lũ lụt đã và đang gây ra rất nhiều những thiệt hại nghiêm trọng về kinh tế - xã hội và con người trên thế giới cũng như tại Việt Nam. Tại Việt Nam, hàng năm lũ thường xuyên xảy ra gây thiệt hại rất lớn cho các khu vực miền trung các tỉnh có sông lớn như sông Mã, sông Cả, sông Vu Gia - Thu Bồn, sông Trà Khúc - sông Vệ,… Hiện nay, các phương pháp đánh giá rủi ro thường mang tính chất định tính, diện tích rủi ro chưa được cụ thể giá trị trên các lưu vực sông lớn đặt biệt như lưu vực sông Trà Khúc - sông Vệ. Do vậy, nghiên cứu này đã thống kê thiệt hại, rủi ro do lũ, ngập lụt gây ra bằng công cụ DEFLT-FIAT để đánh giá rủi ro do lũ với kết quả tính toán được quy ra đơn vị tiền (VNĐ). Trong nghiên cứu đã sử dụng kết quả tính toán ngập lụt (dữ liệu hiểm họa theo các kịch bản tương ứng với tần suất xuất hiện được mô phỏng bằng mô hình MIKE), dữ liệu sử dụng đất (độ lộ diện) và các hàm thiệt hại của các đối tượng khác nhau làm đầu vào cho công cụ DEFLT-FIAT. Nghiên cứu đã tính toán với mức độ rủi ro do lũ hàng năm khoảng 12,8 tỷ. Các khu vực có mức độ rủi ro do lũ lớn sẽ tập chung tại TP. Quảng Ngãi, Sơn Tịnh và Tư Nghĩa.

Từ khóa: Ngập lụt; Rủi ro do ngập lụt; Sông Trà Khúc - sông Vệ.

1. Giới thiệu

Lũ lụt là một dạng thiên tai gây ra những thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản. Tại Việt nam hàng năm, lũ lụt không chỉ gây ra cái chết và thương tích cho hàng trăm người, phá hủy hàng nghìn ngôi nhà, cơ sở hạ tầng: đường sá, cầu cống, trường học …, nền kinh tế bị đình trệ do giao thông bị chia cắt, sản xuất nông nghiệp bị mất trắng…, làm tăng nguy cơ bùng phát các dịch bệnh sau thiên tai [1–3]. Trước những thiệt hại nặng nề do lũ lụt gây ra, nhằm phòng tránh và giảm thiểu thiệt hại đã có nhiều nghiên cứu của cả trong và ngoài nước [4] về các hướng như: nghiên cứu cảnh báo, dự báo lũ lụt; xây dựng các bản đồ ngập lụt phục vụ phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai; nghiên cứu quy hoạch bố trí các công trình chỉnh trị …

Sử dụng các phương pháp lượng hóa được mức độ tổn thất do lũ lụt và xây dựng bản đồ phân bố không gian của rủi ro lũ lụt là xu hướng được áp dụng phổ biến ở các nước tiên tiến và bước đầu đã được áp dụng tại Việt Nam. Đã có nhiều nghiên cứu thành lập các bản đồ ngập lụt dựa trên việc điều tra khảo sát vết lũ [5], kết hợp mô hình toán và công cụ GIS [6],

sử dụng ảnh viễn thám và công cụ GIS [7], hay như: kết hợp dữ liệu mưa IFS thiết lập mô hình mô phỏng đô sâu ngập hỗ trợ các nhà quản lý hoạch định kế hoạch phòng chống trong tương lai [8], xây dựng hành lang thoát lũ cho các lưu vực sông bằng việc sử dụng mô hình mô phỏng lũ kết hợp chồng chập các bản đồ sử dụng đất, sử dụng mô hình toán nhằm dự báo các kịch bản vỡ đập gây ngập lụt [9]… Có thể thấy trong các phương pháp nghiên cứu về lũ lụt, phương pháp sử dụng mô hình để xây dựng bản đồ ngập lụt trên cơ sở tần suất trong quá khứ nhằm xây dựng các kịch bản phòng chống, giảm nhẹ thiên tai và ước lượng thiệt hại do lũ lụt gây ra là phương pháp đã được sử dụng nhiều và cho kết quả đáng tin cậy.

Để đánh giá tác động của các loại hình thiên tai đến các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội thường được sử dụng thông qua các hàm thiệt hại. Tuy nhiên, chưa có một mô hình toàn diện nào được đề xuất, lý do là sự phụ thuộc mạnh mẽ của quan hệ giữa các biến thiên tai (lũ lụt, hạn hán, xâm nhập mặn …), mức độ thiệt hại do nó gây ra với các điều kiện địa lý, điều kiện khí hậu, sự phát triển kinh tế - xã hội như: sử dụng đất, phát triển kinh tế …; độ chính xác của đánh giá thiệt hại còn phụ thuộc vào yếu tố bất định trong các nguồn dữ liệu được sử dụng [10, 11]. Chính vì các yếu tố nêu trên nên hàm thiệt hại có tính địa lý và thường được hiệu chỉnh cho từng khu vực, từng mục tiêu cụ thể và loại hình sử dụng đất, điển hình là các nghiên cứu cho khu vực đầy đủ dữ liệu có thể xây dựng các hàm thiệt hại riêng hoặc khung phương pháp chuẩn để đánh giá rủi ro thiên tai [12–17]; hoặc những nước đang phát triển với số liệu về các loại hình thiên tai thường không được cung cấp đầy đủ, dữ liệu tương đối ít [18–21].

Ở Việt Nam, đánh giá thiệt hại và tác động do lũ lụt gây ra [17] đã xác định tỷ lệ nhạy cảm của cây trồng tại từng độ sâu ngập khác nhau dựa trên dữ liệu thu thập tại tỉnh Quảng Nam, [16] giả định thiệt hại do lũ tăng theo độ sâu ngập theo 3 dạng hàm đơn biến (hàm bậc hai, hàm mũ và hàm chữ S). Xây dựng hàm lookup đa biến để ước lượng thiệt hại do lũ lụt đối với cây lúa dựa trên phương pháp nghiên cứu thứ cấp, bao gồm việc thu thập và tích hợp các nguồn thông tin thứ cấp phân mảnh về thiệt hại lúa do ngập lụt và dữ liệu thu thập được theo các trận lũ ở khu vực nông thôn phía nam lưu vực sông Cả [22].

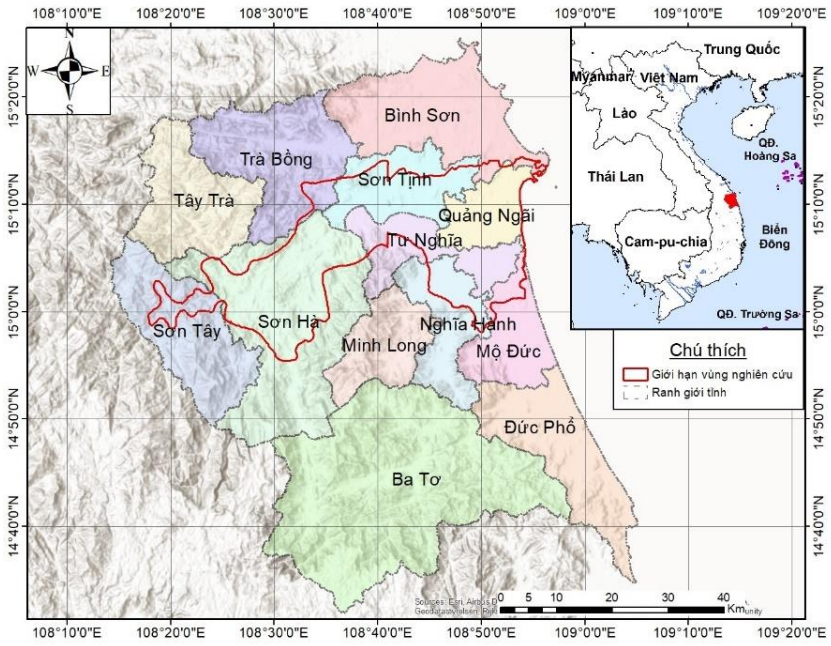
Hàng năm lũ thường xuyên xảy ra gây thiệt hại rất lớn cho các khu vực miền trung các tỉnh có sông lớn như sông Mã, sông Cả, sông Vu Gia - Thu Bồn, sông Trà Khúc - sông Vệ,… Hiện nay, các phương pháp đánh giá rủi ro thường mang tính chất định tính, diện tích rủi ro chưa được cụ thể giá trị trên các lưu vực sông lớn đặt biệt như lưu vực sông Trà Khúc – sông Vệ. Lưu vực sông Trà Khúc - sông Vệ có diện tích lưu vực nằm gần trọn vẹn thuộc tỉnh Quảng Ngãi, là lưu vực lớn thuộc các tỉnh Trung Trung Bộ, có vai trò quan trọng trong sự phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh và cả khu vực Trung Trung Bộ. Hàng năm trên lưu vực thường xuất hiện lũ lớn gây thiệt hại tới sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy hải sản, ngập lụt các khu đô thị, dân cư thuộc địa bàn thành phố Quảng Ngãi …Do vậy, nghiên cứu này đã thống kê thiệt hại, rủi ro do lũ, ngập lụt gây ra bằng công cụ DEFLT-FIAT để đánh giá rủi ro do lũ với kết quả tính toán được quy ra đơn vị tiền (VNĐ).

2. Dữ liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

Quảng Ngãi là một tỉnh ven biển nằm ở vùng Duyên hải Nam Trung bộ, trải dài từ 14°32′ đến 15°25′ vĩ độ Bắc, từ 108°06′ đến 109°04′ kinh độ Đông, tựa vào dãy núi Trường Sơn hướng ra biển Đông. Nền kinh tế của tỉnh có vai trò quan trọng đối với sự phát triển của tỉnh cũng như khu vực. Năm 2023, tổng sản phẩm trên địa bàn (GRDP) tăng (2,24%) so với năm 2022; GRDP bình quân đầu người ước đạt 4.283 USD/người; Cơ cấu kinh tế: Công nghiệp-xây dựng và dịch vụ chiếm tỷ trọng 68,6% (kế hoạch 66-67%); năng suất lao động xã hội tăng 2,4%; vốn đầu tư thực hiện trên địa bàn đạt 31.181 tỷ đồng; tỷ lệ đô thị hóa đạt 37,0% [23]. Hạ lưu hệ thống sông Trà Khúc - sông Vệ bao gồm phần diện tích tự nhiên của lưu vực sông Trà Khúc - sông Vệ được tính từ đập Thạch Nham và hệ thống kênh chính Bắc, Nam về phía biển, là nơi tập trung các khu dân cư, hành chính và kinh tế lớn của tỉnh. Theo QĐ 1456/QĐ-TTg [24] khu vực hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ được quy hoạch thành cụm đô thị và trung tâm dịch vụ, trung tâm đầu mối sinh thái biển, hậu cần nghề cá, vùng kinh tế

nông nghiệp. Diện tích này bao gồm diện tích tự nhiên các huyện Sơn Tịnh, Tư Nghĩa, Mộ Đức, Nghĩa Hành và thành phố Quảng Ngãi. Với diện tích tự nhiên khoảng 1055,39 km^2, trong đó đất nông nghiệp chiếm 49,28%, đất lâm nghiệp chiếm 25,5%, đất ở chiếm 6,5%, còn lại là các loại đất khác [20].

Địa hình đồng bằng hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ có độ cao trung bình từ 5-30 m, vùng cửa sông ven biển có cấu trúc dạng lagoon, cửa sông bị bồi lấp vào mùa kiệt và mở rộng vào cuối mùa lũ. Vùng nghiên cứu có địa hình bị phân chia bởi các sông, đồi núi xen kẽ, thể hiện tính chất của đồng bằng phù sa và đồng bằng gò đồi. ven biển xuất hiện các dải cát cao, chạy song song với đường bờ. Hạ lưu hướng chảy của sông có hướng Tây - Đông. Khu vực gần cửa sông Trà Khúc - sông Vệ là trọng điểm thường xuyên bị ngập lụt bởi các yếu tố địa hình sông đều dốc ở phần thượng lưu, mạng lưới sông có dạng nan quạt, nước tập trung nhanh. Khu vực cửa sông bị các dải cát ven biển che chắn làm giảm khả năng thoát lũ gây nên hiện tượng ngập lụt [21].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2.1. Dữ liệu sử dụng

2.1.1. Dữ liệu địa hình

- Sử dụng bản đồ tỷ lệ 1/10.000 toàn bộ khu vực hạ lưu và 1/2.000, 1/5.000 khu vực thành phố Quảng Ngãi thuộc hạ lưu sông Trà Khúc.
- Địa hình lòng dẫn khu vực từ trạm thủy văn Sơn Giang đến cửa biển trên sông Trà Khúc, được kế thừa từ tài liệu dự án Đập dâng Trà Khúc đo đạc năm 2018. Địa hình lòng dẫn sông Trà Khúc từ đập Nước Trong đến cửa biển được đo mới và đo bổ sung, sông Đăk Đrinh được đo đạc năm 2020.
- Số liệu địa hình các tuyến đê, đường giao thông chính khu vực dự án được đo đạc bởi Tổng Công ty TVXDTL Việt Nam đo vẽ năm 2019.
- Dữ liệu đo đạc địa hình bổ sung do Viện Địa lý thực hiện trong dự án CT0649.01/21-23: "Ứng dụng công nghệ Địa không gian trong việc xây dựng các mô hình phục vụ cảnh báo tai biến thiên nhiên" các năm 4/2022, 3/2023 và 5/2024.

2.1.2. Dữ liệu khí tượng, thủy văn

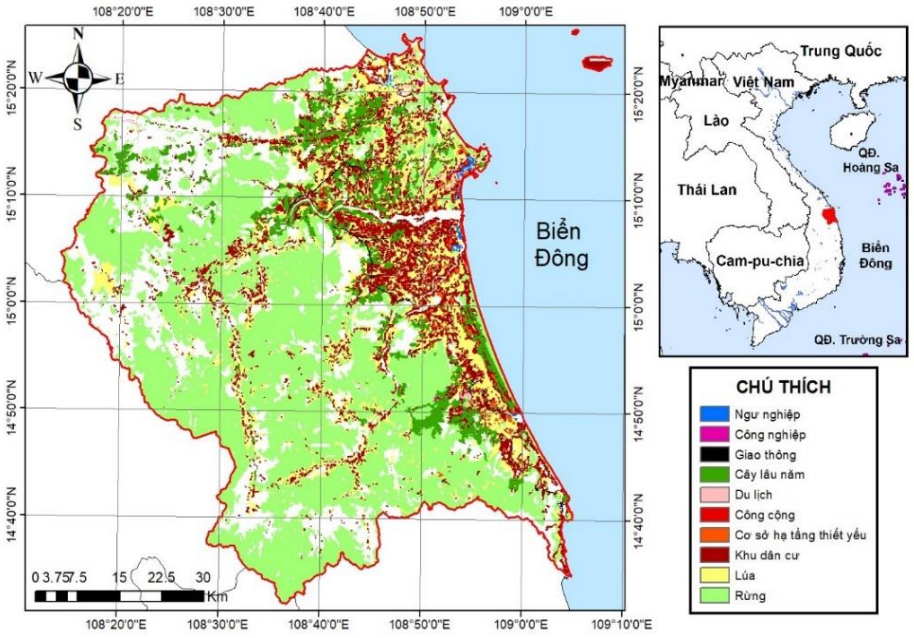
- Tài liệu mưa: Mưa giờ thời đoạn các năm hiện trạng trong vùng dự án có các trạm: Ba Tơ, Giá Vực, Sơn Tây, Sơn Hà, Sơn Giang, Minh Long, Trà My, Trà Bồng, An Chỉ, Sông Vệ, Trà Khúc, Châu Ổ và Quảng Ngãi có số liệu đo mưa giờ tương đối đầy đủ và tin cậy. Dó đó lựa chọn các trận mưa với thời đoạn sau để đưa vào hiệu chỉnh, kiểm định mô hình và tính toán mưa hiện trạng cho mô hình thủy lực: 28/9/2009 ÷ 4/10/2009; 14 ÷ 20/11/2013; 3 ÷ 9/11/2017; 27/10/2020 ÷ 02/11/2020.
- Tài liệu thủy văn: Quá trình (Q~t) đến và xả các hồ Đăk Đrinh, Nước Trong thời đoạn 3 ÷ 9/11/2017; 27/10 ÷ 02/11/2020. Quá trình (Q~t) tại trạm thủy văn Sơn Giang và An Chỉ các thời đoạn: 28/9/2009 ÷ 4/10/2009; 14 ÷ 20/11/2013; 3 ÷ 9/11/2017; 27/10 ÷ 02/11/2020.

2.1.3. Dữ liệu về kinh tế - xã hội

- Tài liệu bản đồ hệ thống thủy hệ bao gồm: sông, hồ, ao, kênh rạch...vùng hạ du lưu vực sông Trà Khúc.
- Tài liệu giao thông bao gồm: các đường liên xã, liên thôn và các công trình giao thông như cầu, cống qua sông suối.
- Tài liệu bản đồ các công trình công cộng vùng dự án như trường học, am miếu, Ủy ban Nhân dân,…
- Tài liệu báo cáo tổng kết kinh tế - xã hội, quy hoạch, niên giám thống kê của tỉnh Quảng Ngãi giai đoạn 2015 - 2020, niên giám thống kê tỉnh Quảng Ngãi năm 2021, 2022.

2.1.4. Dữ liệu bản đồ sử dụng đất

Dữ liệu sử dụng đất được thu thập từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Ngãi, sau đó đã được xử lí để làm đầu vào cho công cụ DEFLT FIAT tính toán thiệt hại cho 10 nhóm đất chính gồm: đất sản xuất nông nghiệp, đất ngư nghiệp, đất trồng lúa, đất lâm nghiệp, đất dân cư, đất du lịch, đất cơ sở hạ tầng thiết yếu, đất công nghiệp, đất giao thông và đất công cộng. Bản đồ sử dụng đất sau khi xử lí được thể hiện dưới Hình 2.



Hình 1. Bản đồ sử dụng đất theo nhóm đất trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi [25].

2.1.5. Dữ liệu giá trị đất

Giá trị kinh tế của đất dựa theo số liệu từ Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với thiên tai vùng ven biển Việt Nam - Giai đoạn 2 do ICEM thực hiện. Các giá trị này là cho từng quốc gia và dựa theo mối quan hệ GDP [26]. Các giá trị không có trong báo cáo thì sẽ được thu thập từ các nguồn khác: từ các dự án tham khảo, thiệt hại do địa phương đánh giá và ý kiến của các chuyên gia dựa trên kinh nghiệm bản địa. Các giá trị đã được điều chỉnh đến năm 2023.

Bảng 1. Giá trị kinh tế từng loại đất [26].

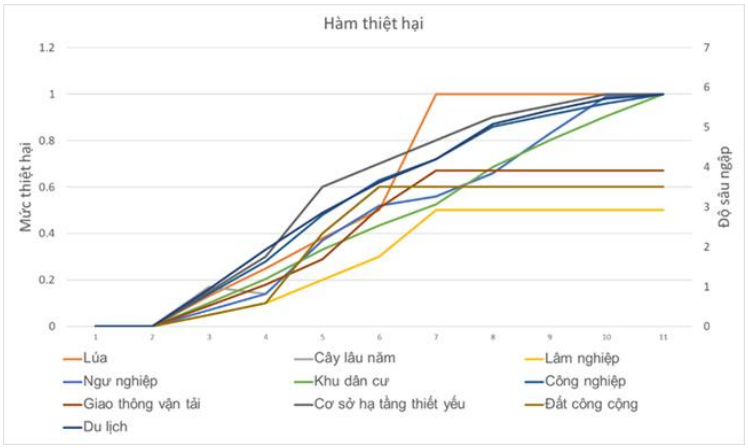
TT	Loại đất	Giá trị kinh tế thu thập từ nguồn	Năm của nguồn	Giá trị kinh tế (2023) VND/m^2	Nguồn
1	Lúa	1749 US$/ha	2010	9.843,8	JRC Vietnam
2	Cây lâu năm	1749 US$/ha	2010	9.843,8	JRC Vietnam
3	Rừng	0.17 US$/$m^2$	2016	8.054	Sri Lanka 2017
4	Ngư nghiệp	1749 US$/ha	2010	9.843,8	JRC, Vietnam
5	Khu dân cư	42 US$/$m^2$	2010	2.371.458,3	JRC, Vietnam Residential

TT	Loại đất	Giá trị kinh tế thu thập từ nguồn	Năm của nguồn	Giá trị kinh tế (2023) VND/m^2	Nguồn
6	Công nghiệp	86 US$/m^2	2010	4.877.150,2	JRC, Vietnam
7	Giao thông	1 US$/m^2	2010	58.167,8	JRC, Vietnam
8	Cơ sở hạ tầng thiết yếu	129 US$/m^2	2010	7.293.353	Expert Judgement
9	Công cộng			4.474,4	Estimated 50% of Agriculture for landscaping
10	Du lịch	95 US$/m^2	2010	5.369.339,6	JRC, Vietnam

2.1.6. Dữ liệu hàm thiệt hại

Hàm thiệt hại sử dụng trong nghiên cứu này đã được kế thừa các nghiên cứu trước đây: cụ thể trong Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với thiên tai vùng ven biển Việt Nam - Giai đoạn 2 do ICEM thực hiện [26] đã xây dựng hàm thiệt hại do lũ đối với 10 loại đất. Đối với các loại đất được phân loại, hàm thiệt hại và giá trị kinh tế được thu thập dựa trên tài liệu và giá trị địa phương thích ứng. Các yếu tố thiệt hại có ngưỡng bắt đầu từ 10cm để giải thích cho sự không chắc chắn của mô hình và có ý kiến chung rằng một vài cm ngập lụt sẽ không gây ra thiệt hại. Tương ứng với mỗi mức độ sâu ngập lụt sẽ tương ứng với mức độ thiệt hại trên giá trị đất. Cụ thể được minh họa trong Hình 3.

	A	B
1	Độ sâu ngập (m)	Mức độ thiệt hại
2	0	0
3	0.1	0
4	0.35	0.13
5	0.5	0.25
6	1	0.38
7	1.5	0.5
8	2	1
9	3	1
10	4	1
11	5	1
12	6	1



Hình 2. Giá trị hàm thiệt hại đối với mỗi loại đất.

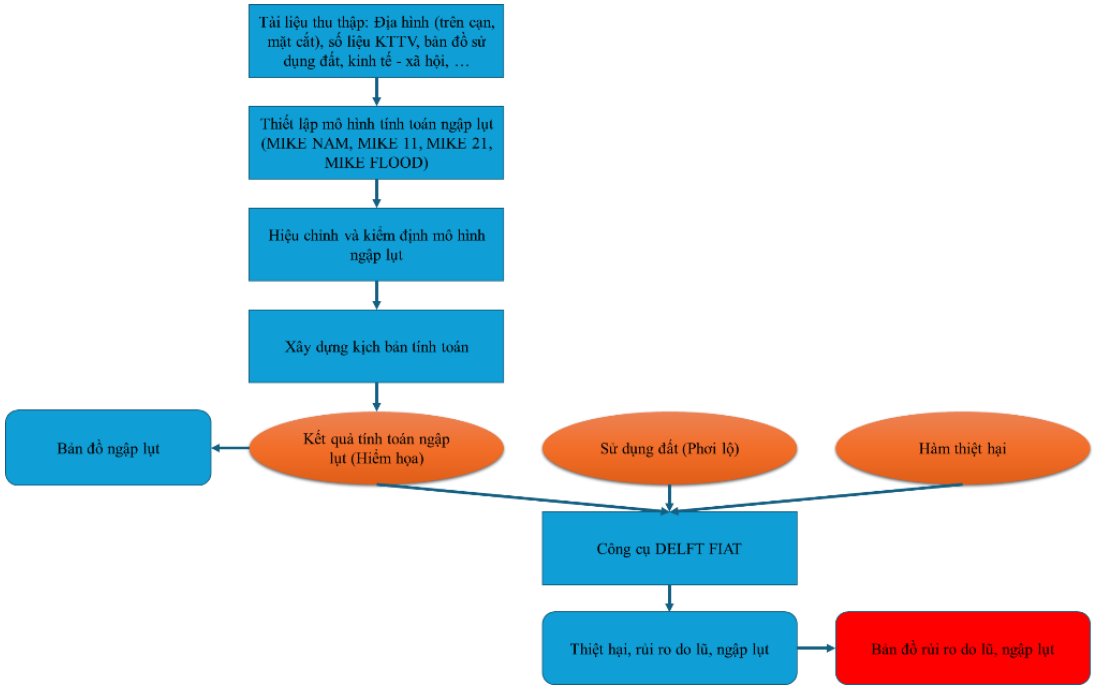
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu đã tiếp cận từ việc thu thập các dữ liệu đầu vào (địa hình, số liệu khí tượng thủy văn, bản đồ sử dụng đất, tài liệu kinh tế - xã hội,…) cho mô hình, công cụ tính toán rủi ro do lũ. Sau đó tiến hành xây dựng mô hình ngập lụt từ các nguồn dữ liệu đã thu thập để tính toán, xây dựng bản đồ ngập lụt theo các kịch bản (dữ liệu hiểm họa). Song song với đó, nghiên cứu đã xử lí dữ liệu sử dụng đất thành 10 loại sử dụng đất (dữ liệu phơi lộ) và xử lí dữ liệu hàm thiệt hại. Các dữ liệu sau khi đã chuẩn hóa sẽ thành đầu vào cho công cụ DEFLT FIAT để tính toán thiệt hại, rủi ro do lũ, ngập lụt. Kết quả tính toán từ công cụ DEFLT FIAT sẽ được trình bày lên bản đồ thông qua công cụ GIS. Cụ thể các bước thực hiện, sơ đồ nghiên cứu thể hiện trong Hình 4.

2.2.1. Phương pháp mô hình

Phương pháp này được thực hiện trên cơ sở tận dụng tối đa sự phát triển của công nghệ thông tin trong lĩnh vực nghiên cứu phát triển mô hình ngập lụt trong nước và trên thế giới, cụ thể là các mô hình toán thủy văn thủy lực họ mô hình MIKE như MIKE NAM, MIKE 11,

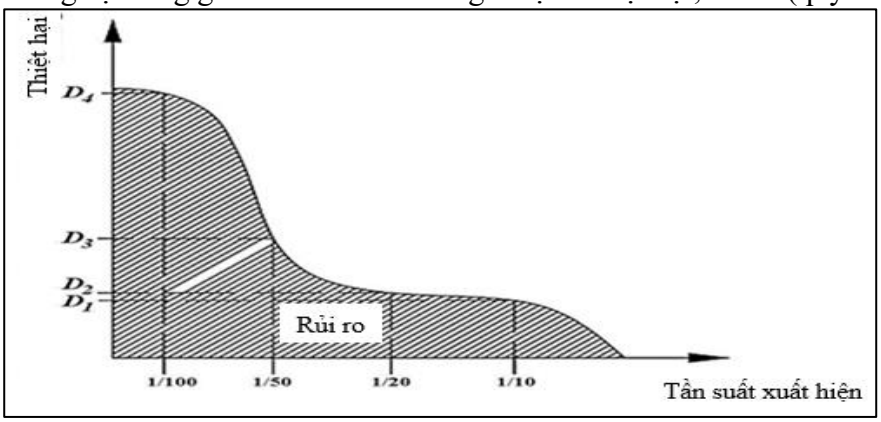
MIKE 21, MIKE FLOOD. Sử dụng công cụ mô hình để tính toán, mô phỏng dòng chảy đến, lượng mưa sinh ra dòng chảy, diễn toán dòng chảy trong sông, dòng chảy lũ, ngập lụt.



Hình 3. Sơ đồ các bước nghiên cứu.

2.2.2. Phương pháp đánh giá rủi ro

DEFLT-FIAT là một công cụ mã nguồn mở được xây dựng và phát triển dựa trên Python bởi Deltares dùng để đánh giá tác động kinh tế trực tiếp đến các đối tượng qua các lớp sử dụng đất theo mục đích sử dụng. Trong bài báo này, phương pháp đánh giá rủi ro ngập lụt sử dụng DEFLT-FIAT làm công cụ trung gian để tính toán các giá trị về thiệt hại, rủi ro (quy ra tiền tệ) được tính toán cho các kịch bản tần suất lũ. Nếu thiệt hại là những tổn thất do 1 sự kiện lũ gây ra (tính theo đơn vị tiền tệ), thì rủi ro là tổng tất cả các tổn thất do các sự kiện lũ gây ra, giá trị rủi ro sẽ có đơn vị tính là: "tiền/ năm" [27]. Cụ thể được thể hiện trong Hình 5.



Hình 4. Nguyên lý tính toán rủi ro dựa trên thiệt hại.

Công cụ DEFLT - FIAT cho phép tính toán tác động do của lũ lụt lên nhiều đối tượng khác nhau. Công cụ gồm 2 thành phần chính: thành phần thiết lập thông số (gồm các file đầu vào dạng GeoTiff hoặc ASCII của các đối tượng phơi nhiễm, các hàm thiệt hại của những đối tượng cần đánh giá và giá trị ngưỡng thiệt hại lớn nhất của chúng), việc khai báo các thông số kỹ thuật sẽ thực hiện trên file excel cấu hình; và thành phần lõi tính toán (gồm chương trình tính đã được đóng gói) [27]. Sau khi thiết lập các tham số trong thành phần 1, lõi tính toán này sẽ sử dụng để đưa ra các kết quả đánh giá dưới dạng bản đồ & báo cáo. Các bản đồ này có thể được mở bằng nhiều chương trình GIS phổ biến hiện nay như ArcGIS,…

DEFLT - FIAT đã và đang được áp dụng trong một số dự án: Trong phiên bản mới Mô hình SSM 2015 cho Hà Lan; Ứng dụng trong dự án EU-FP7; Các dự án ở Thổ Nhĩ Kỳ; Dự

án hỗ trợ khả năng phục hồi các nguy cơ ven biển Việt Nam; Và nhiều nghiên cứu của sinh viên ở Campuchia, Bangladesh, Ấn Độ [27].

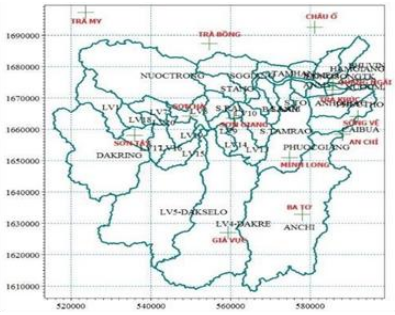
2.2.3. Phương pháp xây dựng bản đồ ngập lụt, rủi ro

Sử dụng kết hợp mô hình tính toán thủy văn thủy lực kết hợp với công cụ GIS để xây dựng bản đồ ngập lụt. Sử dụng công cụ mô hình để tính toán, mô phỏng dòng chảy đến, lượng mưa sinh ra dòng chảy, diễn toán dòng chảy trong sông, dòng chảy lũ, ngập lụt. Sau đó từ các kết quả tính toán mức độ ngập lụt của mô hình thủy động lực và các số liệu về kinh tế - xã hội phân theo hành chính sẽ sử dụng phương pháp bản đồ để phân tích tác động theo không gian đến các hoạt động sản xuất nông lâm ngư nghiệp, hoạt động công nghiệp, dịch vụ và các hoạt động kinh tế khác trong điều kiện hiện trạng và quy hoạch hiện có và hiển thị các khu vực có ngập lụt lên trên bản đồ. Từ các kết quả tính toán mức độ rủi ro do ngập lụt và các số liệu về kinh tế - xã hội phân theo hành chính sẽ sử dụng phương pháp bản đồ để thể hiện các kết quả hiển thị lên bản đồ. Mức độ rủi ro lũ lụt có thể được phản ánh trong vùng ngập lũ với các mức độ thiệt hại được phân chia theo giá trị tiền (VNĐ).

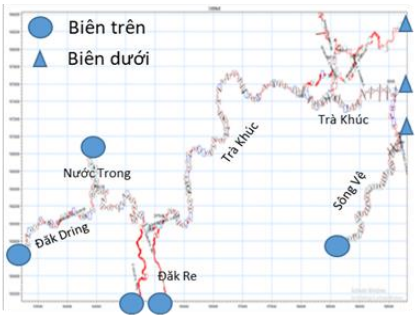
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tính toán ngập lụt

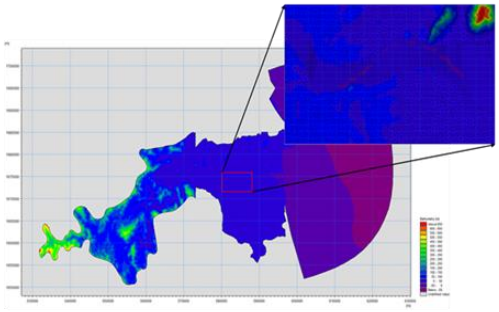
Trong nghiên cứu, bộ mô hình MIKE 11 được thiết lập với biên trên là lưu lượng xả qua hồ tại hạ lưu hồ chứa Đắk Đrinh, Nước Trong, Sơn Trà 1, Đắk Re (thuộc phần sông chính Trà Khúc) trạm thủy văn An Chỉ (sông vệ) và các nhập lưu khu giữa được tính toán bằng mô hình MIKE NAM, biên dưới tại cửa Đại (Quảng Ngãi) (Hình 6a, Hình 6b). Mô hình MIKE 21 với diện tích phần tử lớn nhất là 2.580.150 m^2 (khu vực ngoài biển), diện tích phần tử nhỏ nhất 225 m^2 (khu vực tuyến công trình), diện tích phần tử trung bình khoảng 6700 m^2. Lưới tính toán sử dụng lưới hỗn hợp phi cấu trúc kết hợp lưới cong trực giao, tổng số phần tử là 100.079 cho khu vực hạ lưu sông Trà Khúc (Hình 6c) và kết nối với mạng sông trong MIKE 11 bằng công cụ MIKE FLOOD (Hình 6d) [27].



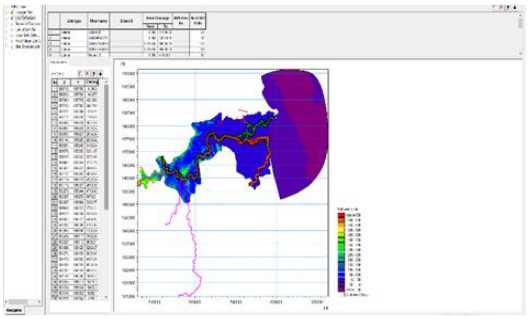
a - Sơ đồ mô hình MIKE NAM.



b - Sơ đồ mô hình 1 chiều.

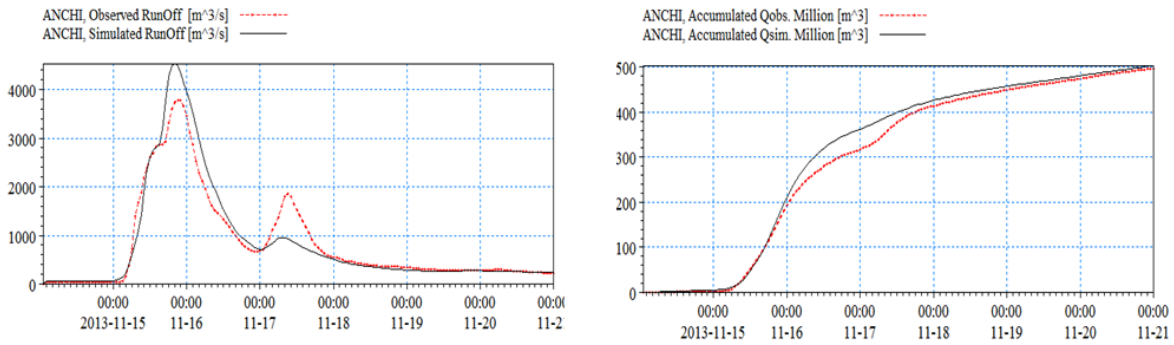


c - Lưới tính toán 2D trong mô hình MIKE 21.

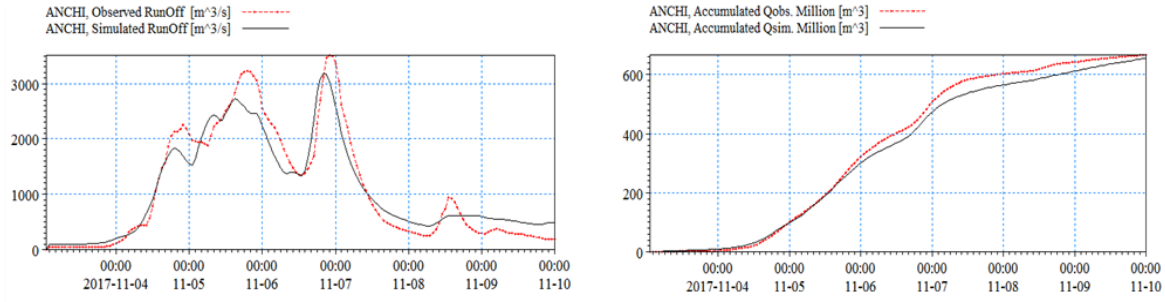


d - Kết nối mô hình 1D-2D trong MIKE FLOOD.

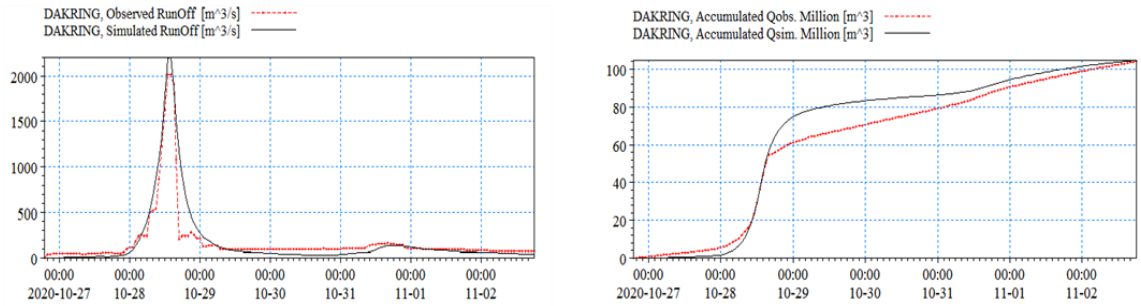
Hình 6. Thiết lập mô hình MIKE tính toán mức độ ngập lụt.



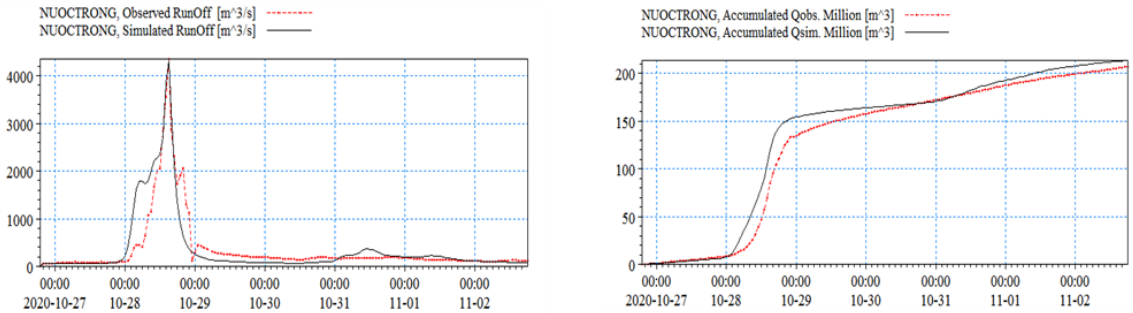
Hình 5. Đường quá trình lưu lượng và tổng lượng lũ đến và thực đo tại An Chỉ năm 2013.



Hình 6. Đường quá trình lưu lượng và tổng lượng lũ đến và thực đo tại An Chỉ năm 2017.



Hình 7. Đường quá trình lưu lượng và tổng lượng lũ đến và thực đo tại hồ Đăk Đrinh năm 2020.



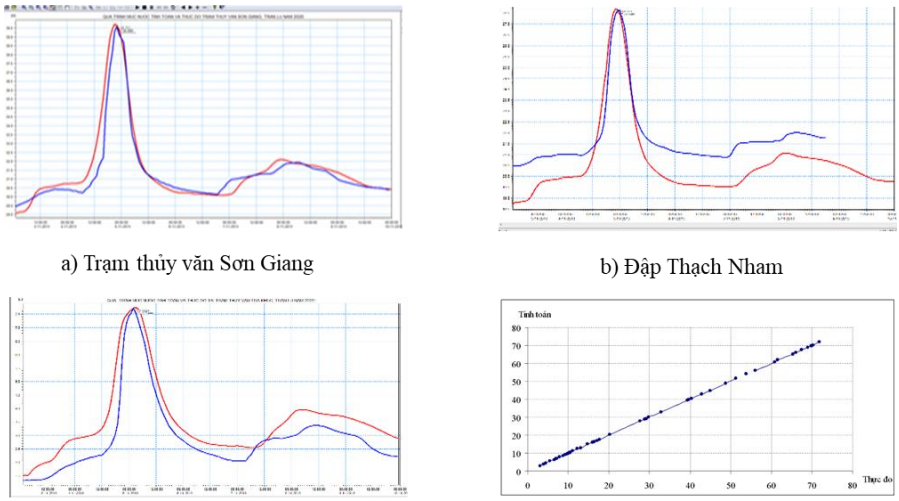
Hình 8. Đường quá trình lưu lượng và tổng lượng lũ đến và thực đo đến hồ Nước Trong năm 2020.

Bộ thông số mô hình MIKE NAM cho kết quả kiểm định khá tốt, sai số gốc quân phương trung bình tổng cộng R^2 và sai số tổng lượng tại trạm Thủy văn An Chỉ khá cao: $R^2 > 0,9$; WLB < 2%. Tại hồ Nước Trong và Đăk Đrinh: R^2 dao động từ 0,7 đến 0,83 qua các năm, WLB dao động từ 0,5% đến 9,1%. Quá trình lũ thực đo và tính toán tại trạm thủy văn Sơn Giang năm 2013 và 2017 khi có vận hành hai hồ là khá sát nhau. Do đó sử dụng bộ thông số này để tính toán quá trình lũ đến các lưu vực nhập lưu cho toàn bộ lưu vực hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ. Kết quả so sánh được thể hiện dưới Bảng 2.

Bảng 2. Sai số tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE NAM.

STT	Trạm	Hiệu chỉnh/Kiểm định	Năm	R^2	Sai số tổng lượng (%)
1	An Chỉ	Hiệu chỉnh	2013	0,90	-1,2
2	An Chỉ	Kiểm định	2017	0,92	1,6
3	Đắk Đrinh	Kiểm định	2020	0,84	-0,5
4	Nước Trong	Kiểm định	2020	0,77	-3,2%

Sau khi nghiên cứu hệ thống sông, hồ chứa, các tài liệu khí tượng thủy văn trên toàn lưu vực Trà Khúc - sông Vệ đã lựa chọn trận lũ đại diện như trận lũ cuối tháng 10/2020 để hiệu chỉnh mô hình và kiểm định lại với 2 trận lũ tháng 11/2013 và trận lũ 11/2017 và các vết lũ được điều tra tại thực địa trong đợt khảo sát các năm xảy ra lũ tương ứng [27].

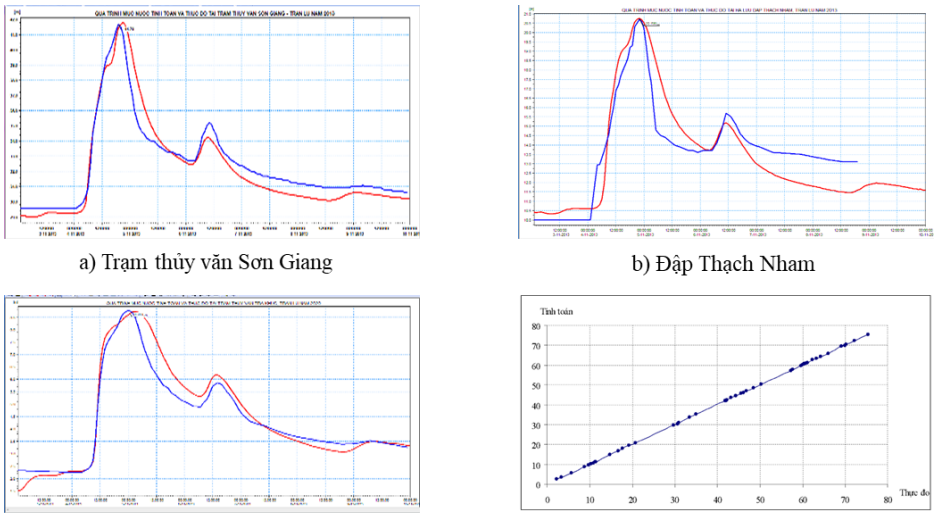


a) Trạm thủy văn Sơn Giang b) Đập Thạch Nham

c) Trạm thủy văn Trà Khúc d) Tương quan vết lũ năm 2020

Hình 9. Đường quá trình mực nước, vết lũ tính toán và thực đo tại các trạm và các điểm dọc trên sông Trà Khúc, trận lũ năm 2020 (Màu đỏ: Tính toán, Màu xanh: Thực đo).

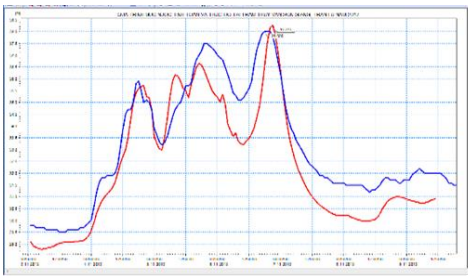
Kết quả tính toán mô hình mưa dòng chảy MIKE NAM được sử dụng làm biên đầu vào cho mô hình thủy lực MIKE 11, MIKE 21 và ngập lụt MIKE FLOOD. Kết quả điều tra các vết lũ đã xảy ra trong trận lũ tháng 11/2013 và tháng 11/2017 dọc các sông, trong các khu vực dân cư và vùng ngập để kiểm định bộ thông số cho mô hình ngập lụt. Sử dụng bộ thông số nhám thu được từ quá trình hiệu chỉnh mô hình ngập lụt ở trên độc lập mô phỏng kiểm định lại cho 2 trận lũ tháng 11/2013 và tháng 11/2017 [27].



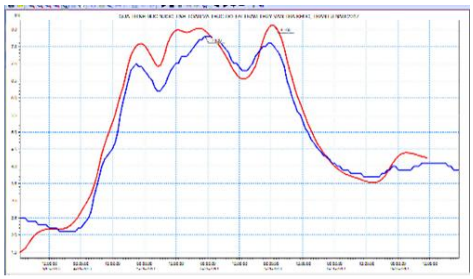
a) Trạm thủy văn Sơn Giang b) Đập Thạch Nham

c) Trạm thủy văn Trà Khúc d) Tương quan vết lũ năm 2013

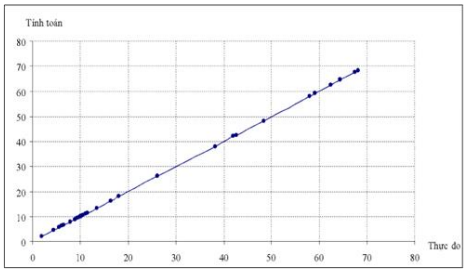
Hình 10. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại một số vị trí trên sông Trà Khúc, trận lũ năm 2013 (Màu đỏ: Tính toán, Màu xanh: Thực đo).



a) Trạm thủy văn Sơn Giang

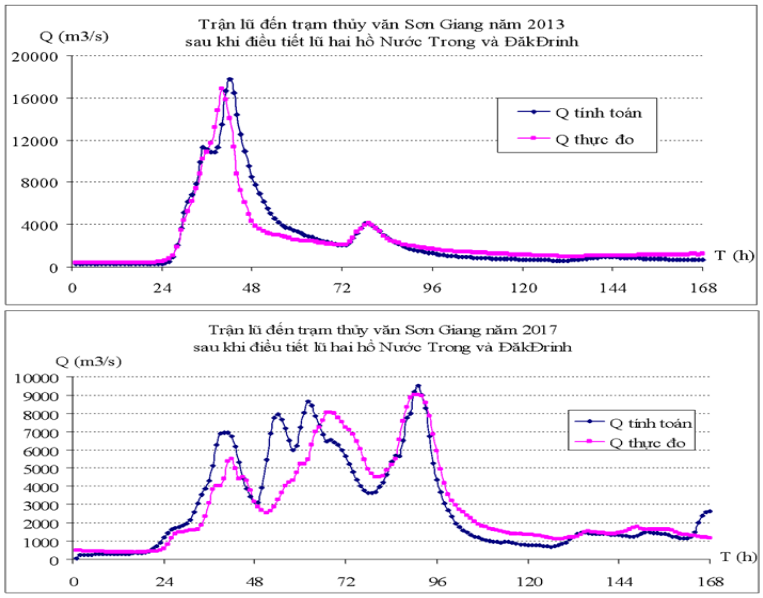


b) Trạm thủy văn Trà Khúc



c) Tương quan vết lũ năm 2013

Hình 11. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại một số vị trí trên sông Trà Khúc, trận lũ năm 2017 (Màu đỏ: Tính toán, Màu xanh: Thực đo).

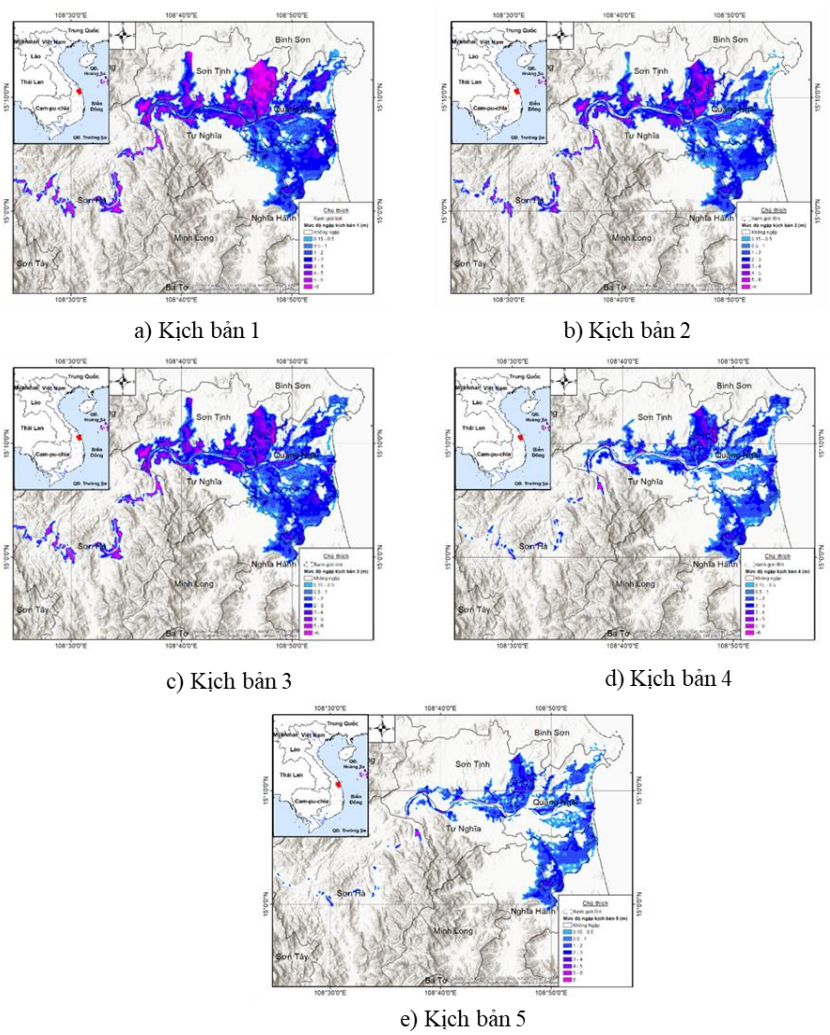


Hình 12. Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Sơn Giang trận lũ năm 2013 và năm 2017.

Bảng 3. Sai số tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình ngập lụt.

STT	Trạm	Hiệu chỉnh/ Kiểm định	Năm	NASH
1	Sơn Giang	Hiệu chỉnh	2020	85,2
2	Trà Khúc	Hiệu chỉnh	2020	80,2
3	Đập Thạch Nham	Hiệu chỉnh	2020	78,3
4	Sơn Giang	Kiểm định	2013	80,6
5	Trà Khúc	Kiểm định	2013	82,6
6	Đập Thạch Nham	Kiểm định	2013	75,1
7	Sơn Giang	Kiểm định	2017	78,2
8	Trà Khúc	Kiểm định	2017	82,2

Sau quá trình dò tìm từ kết quả tính toán mô phỏng hiệu chỉnh trận lũ cuối tháng 10/2020 và kiểm định lại với trận lũ tháng 11/2013 và 11/2017 cho mô hình ngập lụt hạ du các hồ chứa và hệ thống sông Trà Khúc như trên cho kết quả chênh lệch không nhiều, các vết lũ điều tra được tin cậy, mực nước tính toán phù hợp, đủ tin cậy để áp dụng vào việc nghiên cứu tính toán mô phỏng các kịch bản lũ cho vùng hạ du như xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du [27]. Với mục đích xác định được mức độ thiệt hại có thể ảnh hưởng trực tiếp đến vùng hạ lưu và đặc biệt khi xảy ra sự cố thì chế độ lũ của sông vùng ảnh hưởng tiềm ẩn các nguy cơ về ngập lụt. Vì vậy, kịch bản được xây dựng dựa trên tần suất lũ thiết kế các hồ chứa trên thượng nguồn và trạm thủy văn Sơn Giang kết hợp với tần suất mưa thiết kế ứng với tần suất tương ứng tại các trạm trên lưu vực sông. Cụ thể các kịch bản tính toán sẽ như sau:



a) Kịch bản 1 b) Kịch bản 2

c) Kịch bản 3 d) Kịch bản 4

e) Kịch bản 5

Hình 13. Bản đồ minh họa ngập lụt theo các kịch bản.

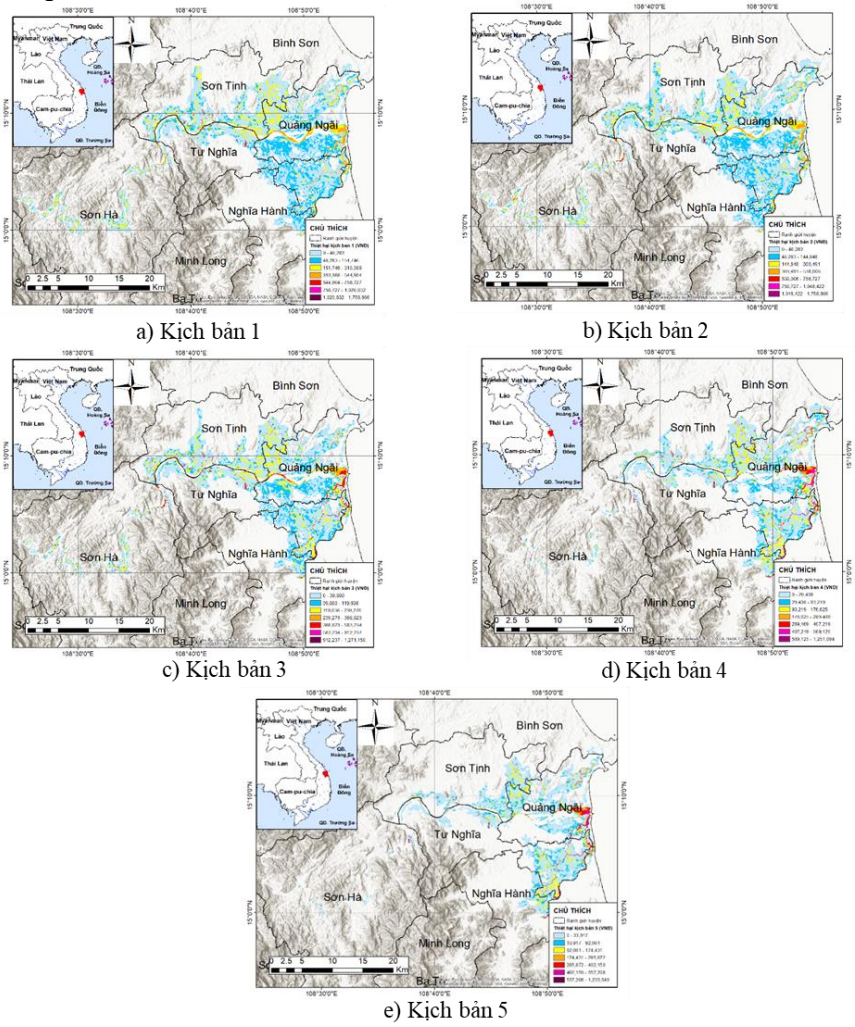
- KB1: Trường hợp lũ tần suất P = 0,02 % và mưa hạ lưu có tần suất tương ứng.
- KB2: Trường hợp lũ với tần suất P = 1 % và mưa hạ lưu có tần suất tương ứng.
- KB3: Trường hợp lũ với tần suất P = 2 % và mưa hạ lưu có tần suất tương ứng.
- KB4: Trường hợp lũ với tần suất P = 5 % và mưa hạ lưu có tần suất tương ứng.
- KB5: Trường hợp lũ với tần suất P = 10 % và mưa hạ lưu có tần suất tương ứng.

3.2. Ứng dụng DEFLT-FIAT tính toán rủi ro do ngập lụt đến kinh tế - xã hội hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ

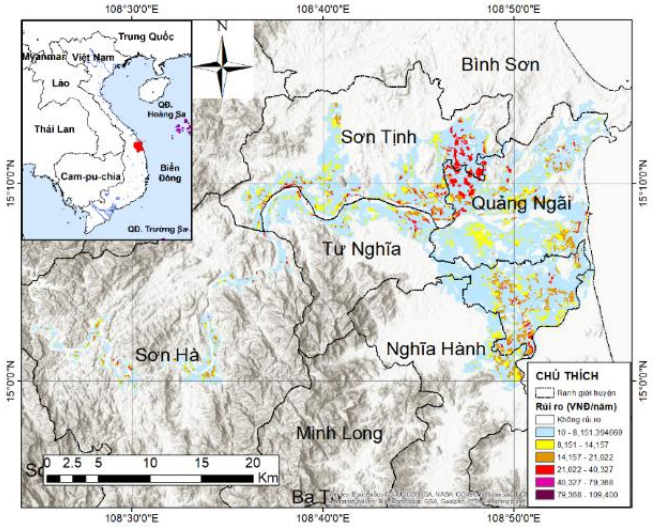
Sau khi thiết lập xử lý các dữ liệu đầu vào cho mô hình DEFLT-FIAT để tính toán mức độ rủi ro do ngập lụt đến kinh tế - xã hội hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ. Kết quả cho thấy, mức độ rủi ro do ngập lụt theo kịch bản 1, thiệt hại ở thành phố Quảng Ngãi là lớn nhất với mức thiệt hại là 80,2 tỷ VNĐ, huyện Bình Sơn thiệt hại nhỏ nhất, chỉ 213,4 triệu VNĐ. Đối với các nhóm ngành và sử dụng đất, khu dân cư chịu thiệt hại lớn nhất lên đến 120,2 tỷ VNĐ; đất công cộng chịu thiệt hại bé nhất, chỉ 3 triệu VNĐ. Tổng thiệt hại toàn tỉnh lên đến 220,1 tỷ VNĐ. Ngoài ra, theo tính toán tổng thiệt hại do ngập lụt kịch bản 2 là 195,3 tỷ VNĐ; theo kịch bản 3, tổng thiệt hại toàn tỉnh lên đến 166,1 tỷ VNĐ; Theo kịch bản 4, tổng thiệt hại toàn tỉnh lên đến 109.3 tỷ VNĐ; Theo kịch bản 5 thấp nhất thì tổng thiệt hại toàn tỉnh lên đến 80,6 tỷ VNĐ trong đó: thiệt hại ở thành phố Quảng Ngãi là lớn nhất với mức thiệt hại là 34,2 tỷ VNĐ, huyện Bình Sơn thiệt hại nhỏ nhất, chỉ 39,1 triệu VNĐ. Đối với các nhóm ngành và

sử dụng đất, khu dân cư chịu thiệt hại lớn nhất lên đến 36,4 tỷ VNĐ; đất công cộng chịu thiệt hại bé nhất, chỉ 0,65 triệu VNĐ.

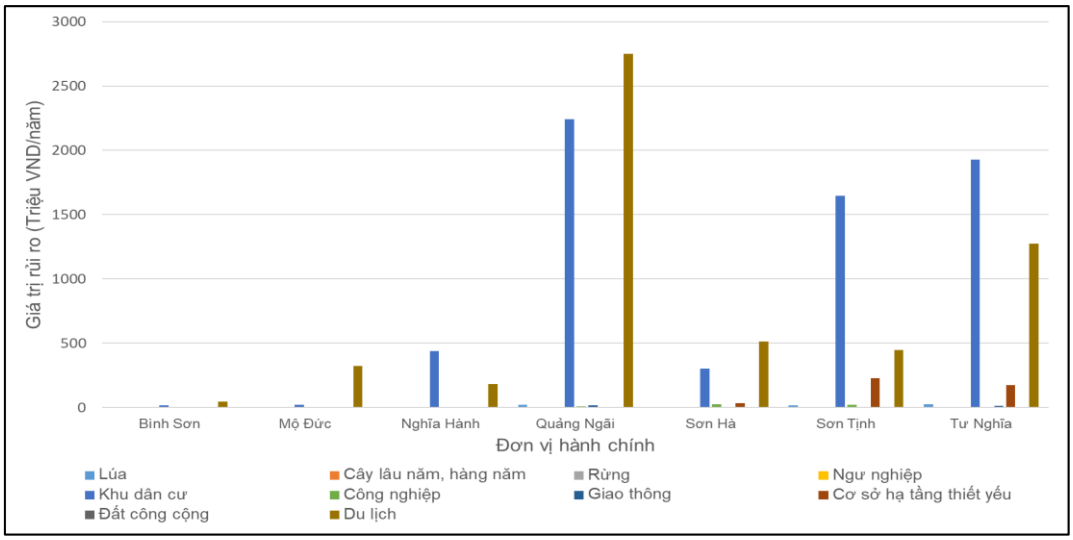
Như vậy, theo kết quả tính toán rủi ro hàng năm ở thành phố Quảng Ngãi là lớn nhất, có giá trị lên đến 5 tỷ VNĐ/năm; tiếp đến là huyện Tư Nghĩa với mức rủi ro hàng năm lên đến 3,42 tỷ VNĐ. Trong khi đó, rủi ro ở huyện Bình Sơn thấp nhất, chỉ 61,7 triệu VNĐ/năm. Khu dân cư chịu rủi ro lớn nhất, với mức rủi ro lên đến 6,6 tỷ VNĐ/năm và rủi ro cho nhóm đất công cộng là thấp nhất, chỉ 0,16 triệu VNĐ/năm. Cụ thể kết quả được thể hiện theo Hình 18.



Hình 14. Bản minh họa mức độ thiệt hại do ngập lụt tỉnh Quảng Ngãi theo các kịch bản.



Hình 15. Bản đồ minh họa mức độ rủi ro do lũ tỉnh Quảng Ngãi.



Hình 16. Thống kê rủi ro do ngập lụt cho các đơn vị hành chính và các nhóm ngành tỉnh Quảng Ngãi.

4. Kết luận

Nghiên cứu này được kế thừa các dữ liệu: địa hình, khí tượng thủy văn, kinh tế - xã hội từ các nghiên cứu trước đây của nhóm tác giả thực hiện. Ngoài ra, nghiên cứu đã cập nhật bổ sung các dữ liệu mới như dữ liệu địa hình và dữ liệu đo đạc bổ sung của dự án CT0649.01/21-23 do Viện Địa lý chủ trì các năm 2022, 2023, 2024 ở khu vực cửa sông Trà Khúc. Tuy nhiên, để so sánh được kết quả tính toán rủi ro của nghiên cứu so với số liệu thực tiễn thì chưa có nguồn dữ liệu tin cậy tại địa phương để so sánh.

Mô hình tính toán ngập lụt được xây dựng bằng bộ mô hình MIKE, bao gồm MIKE NAM, MIKE11, MIKE21 và MIKE FLOOD, được hiệu chỉnh và kiểm định với các năm lũ lịch sử như năm 2013, 2017, 2020 cho kết quả tốt. Bộ mô hình sau khi hiệu chỉnh và kiểm định được sử dụng tính toán cho các kịch bản lũ với các tần suất: 0,02%, 1%, 2%, 5%, 10%. Kết quả ngập lụt theo các kịch bản và bản đồ sử dụng đất đã được xử lí để công cụ DEFLT-FIAT được sử dụng để tính toán rủi ro do ngập lụt đến các hoạt động kinh tế - xã hội khu vực hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ, tỉnh Quảng Ngãi. Kết quả tính toán cho thấy theo các kịch bản vùng hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ có tổng thiệt hại do lũ từ 80,6-220,1 tỷ đồng, tập chung chủ yếu vào TP. Quảng Ngãi (34,2-80,2 tỷ), huyện Sơn Tịnh, Tư Nghĩa và thấp nhất là huyện Bình Sơn (39,1-213,4 triệu đồng). Tổng rủi ro ước tính hàng năm do lũ, ngập lụt tại vùng hạ lưu sông Trà Khúc - sông Vệ khoảng 12,8 tỷ. Các khu vực có mức độ rủi ro do lũ lớn sẽ tập chung tại TP. Quảng Ngãi, Sơn Tịnh và Tư Nghĩa.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.N.A., Đ.Đ.C., N.B.T.; Xử lý số liệu: H.T.B., M.Đ.H., N.T.V.; Viết bản thảo bài báo: N.B.T., M.Đ.H.; Chỉnh sửa bài báo: N.B.T., N.H.T.

Lời cảm ơn: Bài báo cảm ơn dự án CT0649.01/21-23: "Ứng dụng công nghệ Địa không gian trong việc xây dựng các mô hình phục vụ cảnh báo tai biến thiên nhiên" đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

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. Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO). Báo cáo về ảnh hưởng của lũ lụt đối với sản xuất nông nghiệp và an ninh lương thực tại Việt Nam. 2020.
2. Ngân hàng Thế giới (World Bank). Báo cáo về thiệt hại kinh tế do lũ lụt và các biện pháp phòng chống.

3. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Các báo cáo và thống kê về thiệt hại do lũ lụt hàng năm.
4. Burby, R.J. Involving citizens in hazard mitigation planning: Making the right decisions. *Aust. J. Emerg. Manage.* **2001**, *16(3)*, 45–54.
5. Van der Sande, C.J. The use of remote sensing for flood monitoring and impact assessment. *Hydrol. Processes.* **2001**, *15(7)*, 1151–1162.
6. Edmund, C.; Penning, R. The benefits of flood alleviation: A manual of assessment techniques. *Gower Tech. Press*. **1977**, pp. 81.
7. UNSW (University of New South Wales). Floodplain Management: A Guide for Local Government. Water Research Foundation of Australia. 1981.
8. Davis, D.W. Flood Damage Estimation - A Review of Urban Stage-Damage Curves and Loss Functions. *Water Resour. Bull*. **1985**, *21(1)*, 81–88.
9. USACE (U.S. Army Corps of Engineers). Flood damage reduction analysis. *Engineer Manual*. **1996**, 1110–1619.
10. Burby, R.J. Involving citizens in hazard mitigation planning: Making the right decisions. *Aust. J. Emerg. Manage*. **2001**, *16(3)*, 45–54.
11. Messner, F.; Meyer, V. National flood damage evaluation methods: A review of applied methods in England, the Netherlands, the Czech Republic and Germany. UFZ-Discussion Papers, Department of Economics, UFZ Leipzig, 2005.
12. Kawagoe, S.; Sato, A.; Kazama, S. Evaluating the cost of flood damage based on changes in extreme rainfall in Japan. *Sustainability Sci*. **2009**, *4(1)*, 61–69.
13. Ganji, S.; Ardalan, A.; Sadeghi, M. Flood risk assessment in the urban areas: A case study of Tehran, Iran. *Nat. Hazard.* **2012**, *63(2)*, 761–785. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0190-4.
14. Guo, K.W.; Lo, W.; Chau, S.L. Flood risk management and risk-based analysis: A review. *Water Resour. Manage*. **2015**, *29(12)*, 4069–4083. https://doi.org/10.1007/s11269-015-1077-1.
15. Domeneghetti, A.; Vorogushyn, S.; Castellarin, A.; Merz, B.; Brath, A. Probabilistic flood hazard mapping: Effects of uncertain boundary conditions. *Hydrol. Earth Syst. Sci*. **2015**, *19(1)*, 3245–3259. https://doi.org/10.5194/hess-19-3245-2015.
16. Chau, V.N.; Cassells, S.; Holland, J. Economic impact upon agricultural production from extreme flood events in Quang Nam, central Vietnam. *Nat. Hazard*. **2015**, *75*, 1747–1765. https://doi.org/10.1007/s11069-014-1395-x.
17. Nguyen, Y.N.; Yutaka, I.; Hiroshi, I. Establishing flood damage functions for agricultural crops using estimated inundation depth and flood disaster statistics in data - scarce regions. *Hydrol. Res. Lett*. **2017**, *11*, 12–18.
18. Ủy ban nhân dân tỉnh Quảng Ngãi. Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội tỉnh Quảng Ngãi đến năm 2020. Quyết định số 1456/QĐ-TTg, 2009.
19. Sở Kế hoạch và Đầu tư tỉnh Quảng Ngãi. Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội năm 2018. 2018.
20. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Ngãi. Báo cáo đánh giá tác động môi trường. 2017.
21. Viện Quy hoạch Thủy lợi Miền Trung. Nghiên cứu đánh giá lũ lụt và đề xuất giải pháp giảm thiểu ngập lụt tại hạ lưu sông Trà Khúc - Vệ. 2019.
22. Nguyen, Y.N.; Kha, D.D.; Yutaka, I. Developing a multivariable lookup table function for estimating flood damages of rice crop in Vietnam using a secondary research approach. *Int. J. Disaster Risk Reduct*. **2021**, *58*, 102208. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102208.
23. Cục thống kê tỉnh Quảng Ngãi. Niên giám thống kê tỉnh Quảng Ngãi 2023. 2024.
24. Ủy ban nhân dân tỉnh Quảng Ngãi. Quyết định số 1456/QĐ-TTg về Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội tỉnh Quảng Ngãi đến năm 2020. 2009.

25. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Ngãi. Hiện trạng sử dụng đất năm 2020. 2020.
26. ICEM - International Centre for Environmental Management. Tăng cường hỗ trợ ứng phó với thiên tai vùng ven biển Việt Nam- Giai đoạn 2. 2019.
27. Dennis, W.; Kymo, S.; Joan, S.C. Delft-FIAT: An open-source flood impact analysis tool. *Zenodo* **2017**. https://doi.org/10.5281/zenodo.1400183.
28. Tùng, N.B.; Đức, Đ.Đ.; Anh, T.N.; Thủy, N.H.; Nhung, Đ.T.H.; Nhung, P.T.H.; Cường, V.M. Đánh giá ảnh hưởng của hồ chứa Nước Trong đến hạ lưu sông Trà Khúc trong trường hợp khẩn cấp. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *741*, 85–97.

Flood risk assessment in the downstream area of Tra Khuc - Ve River, Quang Ngai province under the impact of socio-economic activities

Hoang Thai Binh[2], Nguyen Bach Tung[1], Nguyen Hong Thuy[1], Mai Duc Hoang[1], Dao Dinh Cham[2], Nguyen Tuong Vi[3], Tran Ngoc Anh[1]*

[1] Center for Environmental Fluid Dynamics, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi; bachtung_cefd@hus.edu.vn; tranngocanh@hus.edu.vn; nguyenhongthuy@hus.edu.vn, maiduchoang_t65@hus.edu.vn
[2] Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology; htbinh@ig.vast.vn
[3] Sub-Department of Water Resources, Department of Agriculture and Rural Development of Binh Dinh Province; vint@snnptnt.binhdinh.gov.vn

Abstract: In recent years, floods have caused severe economic, social, and human damage worldwide, including in Vietnam. Annually, floods frequently occur in Vietnam, causing significant damage to the central regions of provinces with large rivers such as the Ma river, Ca river, Vu Gia - Thu Bon river and Tra Khuc - Ve river, etc. Currently, risk assessment methods are often qualitative, and the at-risk areas have not been specifically quantified for large river basins, particularly the Tra Khuc - Ve river basin. Therefore, this study used the DEFLT-FIAT tool to evaluate flood risks, with the calculation results converted into monetary units (VND). The study employed flood calculation results (hazard data under scenarios corresponding to occurrence frequencies simulated using the MIKE model), land use data (exposure levels), and damage functions of different objects as input for the DEFLT-FIAT tool. The study calculated the annual flood risk level to be approximately 12.8 billion VND. Areas with the highest flood risk levels are concentrated in Quang Ngai City, Son Tinh district, and Tu Nghia district.

Keywords: Flooding; Flood risk; Tra Khuc - Ve river.