

Bài báo khoa học

Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt lưu vực sông Dinh

Vũ Minh Cát^{1*}

¹ Khoa Xây dựng, Đại học Văn Lang, Thành phố Hồ Chí Minh; vuminhcat@gmail.com

* Tác giả liên hệ: vuminhcat@gmail.com; Tel.: +84–912009331

Ban Biên tập nhận bài: 08/7/2020; Ngày phản biện xong: 15/8/2020; Ngày đăng bài: 25/9/2020

Tóm tắt: Theo luật phòng chống thiên tai thì nước ta có tới 21 loại thiên tai, trong đó lũ lụt là loại thiên tai gây tổn thất lớn nhất về người và tài sản. 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 cho một số dự án ở nước ta. Bằng việc sử dụng phương pháp đánh giá định lượng tổn thất do lũ, nghiên cứu đã xác định được mức độ rủi ro lũ chi tiết tới cấp xã ứng với 3 nhóm kịch bản năm 2015, 2030 và 2050 có xét tới tác động của khí hậu và sử dụng đất. Kết quả nghiên cứu chỉ ra các loại hình kinh tế, các xã chịu ảnh hưởng nặng nề nhất của lũ lụt. Nghiên cứu cho thấy dưới tác động của biến đổi khí hậu, nước biển dâng và xu thế đô thị hóa ngày càng tăng thì rủi ro do lũ lụt cũng sẽ tăng lên và thiệt hại hàng năm do lũ lụt có thể lên tới 2,5% GDP của địa phương. Kết quả nghiên cứu sẽ giúp địa phương xây dựng kế hoạch và lồng ghép quản lý phòng chống thiên tai với phát triển kinh tế xã hội của tỉnh.

Từ khóa: Hiểm họa; Phơi lộ; Dễ bị tổn thương; Rủi ro; Bản đồ rủi ro lũ.

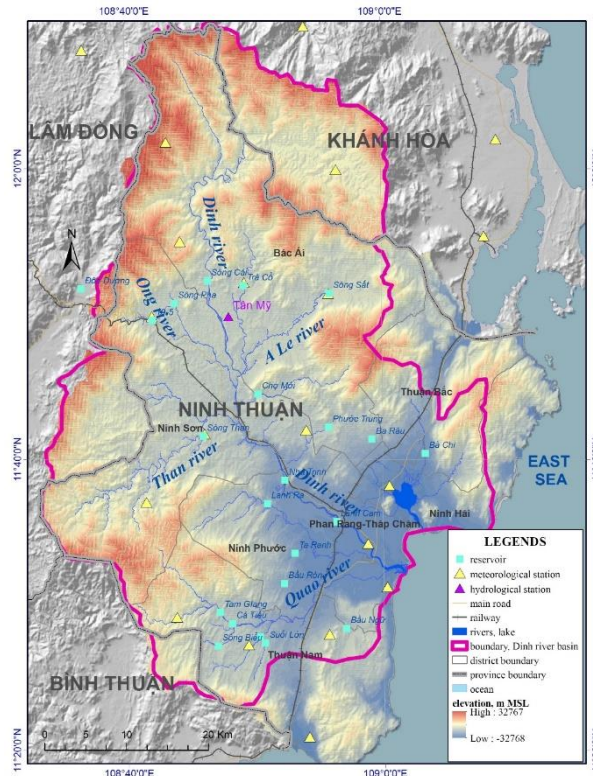
1. Mở đầu

Nước ta nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa với các loại thiên tai rất đa dạng. Theo luật phòng chống thiên tai [1], nước ta có 21 loại thiên tai, trong đó lũ và bão là loại hình thiên tai phổ biến thì hạn hán, sạt lở đất và xâm nhập mặn vẫn có rủi ro cao xảy ra tại Việt Nam. Theo tài liệu nghiên cứu của ngân hàng thế giới (Worldbank) [2], ước tính 59% tổng diện tích và 71% dân số chịu tác động của bão và lũ lụt. Trong vòng 20 năm qua, thiên tai đã làm trên 13.000 người thiệt mạng, bị thương và thiệt hại rất lớn về tài sản và cơ sở hạ tầng. Một nghiên cứu của Viện Tài nguyên Thế giới năm 2015 đã chỉ ra rằng Việt Nam đứng thứ tư về rủi ro lũ lụt với 930.000 người chết và bị thương và tổn thất kinh tế do lũ lụt hàng năm từ 3–4% GDP [3]. Trong tương lai, biến đổi khí hậu sẽ làm gia tăng tần suất xuất hiện và cường độ của các thiên tai tại Việt Nam, trong đó lũ lụt là thiên tai có mức độ tàn phá, gây thiệt hại lớn nhất.

Lưu vực sông Dinh cung cấp nguồn nước chính của tỉnh Ninh Thuận. Diện tích lưu vực là 3.043 km², chiều dài sông 120 km. Lưu vực trải rộng trên 4 tỉnh Bình Thuận 47 km², Lâm Đồng 172 km², Khánh Hòa 336 km² và Ninh Thuận 2.488 km² (Hình 1). Sông Dinh chảy qua thị xã Phan Rang, Tháp Chàm, hạ lưu sông là đồng bằng Ninh Thuận là khu vực có mật độ dân cư đông đúc, trung tâm kinh tế xã hội tỉnh Ninh Thuận.

Lưu vực sông nằm trong khu vực có lượng mưa thấp so với cả nước với lượng mưa trung bình năm chỉ 700–1000 mm trong 3 tháng mùa lũ, chiếm trên 75% lượng mưa năm, gây lũ quét ở phần thượng lưu và ngập lụt cho đồng bằng ven biển bao gồm cả thị xã Phan Rang. Theo số liệu thống kê từ năm 1978–2018, trên lưu vực sông Dinh có tới 80 trận lũ, trong đó 12 trận gây có mực nước trên báo động 3 tại cầu Tân Mỹ [4]. Lũ sông Dinh thường ngắn, cường độ cao xảy ra trong bão và áp thấp nhiệt đới. Những trận lũ này đã gây thiệt hại nặng

nề cho vùng hạ lưu như ngập lụt ở thị xã Phan Rang, Tháp Chàm, nhấn chìm các khu vực canh tác, gây thiệt hại lớn về mặt kinh tế, gây bất ổn định dân sinh và là mối lo thường trực của người dân khi lũ lụt xảy ra trên sông có sự kết hợp với bão và nước dâng từ phía biển.



Hình 1. Lưu vực sông Dinh.

2. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp đánh giá rủi ro bao gồm đánh giá định tính và đánh giá định lượng. Bài báo trình bày tóm tắt cơ sở khoa học của phương pháp định tính và sẽ sử dụng phương pháp định lượng để đánh giá rủi ro lũ cho lưu vực sông Dinh.

2.1 Đánh giá định tính cấp độ rủi ro

Phương pháp đánh giá rủi ro định tính là phương pháp truyền thống được sử dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu và có lịch sử ứng dụng lâu dài, phương pháp này được áp dụng để đánh giá rủi ro vô hình. Rủi ro định tính là sự kết hợp của ba yếu tố hiểm họa (H), tính dễ tổn thương (V) và mức độ phơi lộ (E): $R = f(H, V, E)$ và được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Phân loại cấp độ rủi ro theo hiểm họa, phơi lộ và tính dễ bị tổn thương.

Thiệt hại tiềm tàng D = (E x V)	Hiểm họa (H)			
	H4 (Rất cao)	H3 (cao)	H2 (trung bình)	H1 (thấp)
D4 (Rất cao)	R4	R4	R2	R2
D3 (Cao)	R3	R3	R2	R1
D2 (Trung bình)	R2	R2	R1	R1
D (Thấp)	R1	R1	R1	R1

Cấp độ rủi ro được định nghĩa như sau:

+ Rủi ro rất cao R4 ($0,5 \leq R \leq 1$): thiệt hại nghiêm trọng các tòa nhà, cơ sở hạ tầng, di sản văn hóa, môi trường và các hoạt động kinh tế xã hội;

- + Rủi ro cao R3 ($0,25 \leq R < 0,50$): Thiệt hại đáng kể về an toàn của người dân, chức năng cơ sở hạ tầng, di sản văn hóa, môi trường và gián đoạn các hoạt động kinh tế xã hội;
- + Rủi ro trung bình R2 ($0,1 \leq R < 0,25$): Thiệt hại nhỏ cho cơ sở hạ tầng, di sản văn hóa, môi trường và sự an toàn của con người;
- + Rủi ro thấp R1 ($0 \leq R < 0,1$): Thiệt hại không đáng kể về kinh tế, xã hội và môi trường.

2.2 Đánh giá rủi ro định lượng

Phương pháp đánh giá định lượng rủi ro được phát triển từ những năm đầu thế kỷ 21 với sự hỗ trợ của công nghệ GIS. Trên cơ sở các nghiên cứu của HAZUS [5] và Ủy hội sông Mê Kông trong chương trình FMMC2 [6], các hàm số (đường cong) thiệt hại để ước tính thiệt hại kinh tế do thiên tai nói chung, lũ lụt nói riêng được xây dựng với các số liệu về mức độ ngập lụt, thiệt hại kinh tế quy thành tiền cho một đơn vị diện tích của một loại sử dụng đất với mức độ phơi lộ và dễ bị tổn thương khác nhau. Phương pháp nghiên cứu được mô tả trong hình 2.

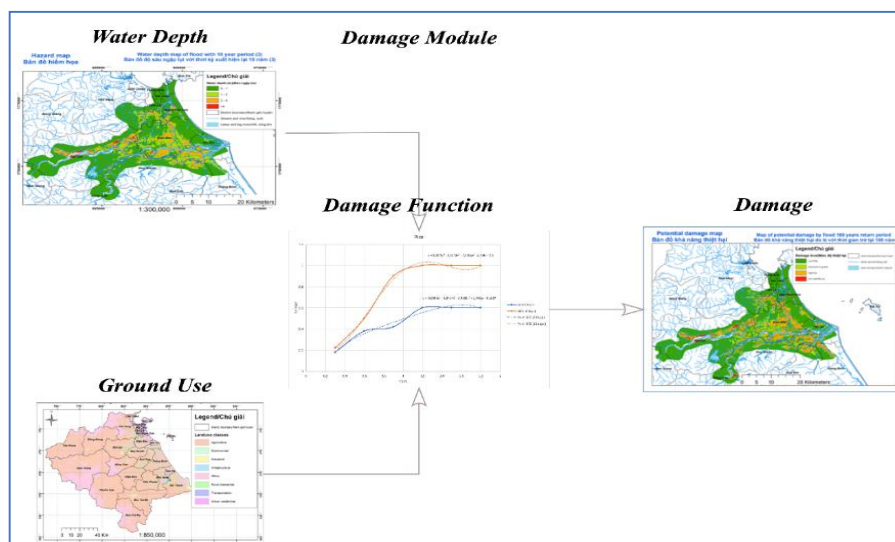


Hình 2. Quy trình đánh giá rủi ro định lượng.

Các nghiên cứu [7–9] đã chỉ ra rằng, để ước tính thiệt hại lũ lụt tiềm tàng cần phải xem xét, phân tích các yếu tố sau:

- + Mức độ ngập lụt (các nhóm kịch bản và phương án tính toán);
- + Số lượng các loại hình sử dụng đất và giá trị bị ảnh hưởng của mỗi loại hình;
- + Tính nhạy cảm của các loại hình sử dụng đất đối với lũ lụt.

Tất cả quá trình này được mô tả trong hình 3.



Hình 3. Quy trình ước tính tổn thất kinh tế.

2.3 Ước tính thiệt hại

Phương trình tổng quát mô tả sự kết hợp các yếu tố trong mô hình thiệt hại để ước tính tổng thiệt hại trong khu vực bị ngập lụt:

$$D = \sum_i^m \sum_r^n \alpha_i(h_r) D_{max,i} n_{i,r} \quad (1)$$

Trong đó $D_{max,i}$ là thiệt hại lớn nhất với 1 loại hình sử dụng đất; i là loại thiệt hại hoặc loại sử dụng đất; r là vị trí trong khu vực ngập lụt; m là số loại hình sử dụng đất; n là số vị trí trong khu vực lũ lụt; $\alpha_i(h_r)$ là đặc tính thủy lực của lũ tại một vị trí cụ thể, thể hiện tỷ lệ thiệt hại tối đa cho loại i là một hàm của các đặc điểm lũ tại một vị trí r cụ thể ($0 \leq \alpha_i(h_r) \leq 1$); và $n_{i,r}$ là số đối tượng của loại thiệt hại i tại vị trí r .

Rủi ro hoặc thiệt hại tiềm tàng hàng năm được thể hiện theo khu vực hoặc tích phân đường cong hình 4. Tuy nhiên, hình dạng chính xác của đường cong thường không dễ xác định vì ta thường chỉ biết được một vài điểm. Do đó, trong hầu hết các trường hợp, công thức gần đúng dưới đây được sử dụng để ước tính rủi ro:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^k D|i| * \Delta P_i \quad (2)$$

$$D|i| = \frac{D(P_{i-1}) + D(P_i)}{2} \quad (3)$$

$$\Delta P = |P_i - P_{i-1}| \quad (4)$$

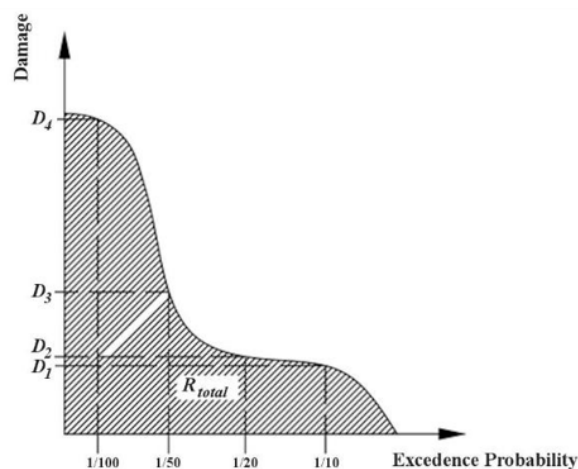
Trong đó \bar{D} là thiệt hại trung bình hàng năm (*Annual Everage Damage*); $D|i|$ là thiệt hại trung bình tính theo hai điểm liên kế đã biết trên đường cong; ΔP là xác suất của khoảng cách giữa hai điểm đó.

Nói cách khác, công thức này giả định đường cong giữa các điểm liên kế đã biết là đường thẳng. Quy trình tính toán này được thể hiện trong sơ đồ hình 4.

Phương pháp đường cong thiệt hại cho phép ta đánh giá rủi ro định lượng bằng cách chuyển đổi thành thiệt hại kinh tế. Các bước thực hiện đánh giá thiệt hại kinh tế như sau:

- Xác định đơn giá kinh tế (VNĐ/m²) của các nhóm kinh tế (*economic classes*);
- Điều chỉnh lạm phát với chỉ số giá tiêu dùng (CPI);
- Tính toán thiệt hại kinh tế.

Thiệt hại kinh tế tiềm tàng hàng năm tính cho các nhóm kinh tế: $AEEL = R * UEV$.



Hình 4. Hàm xác suất thiệt hại.

Trong đó AEEL là thiệt hại kinh tế tiềm tàng hàng năm (tỷ đồng); R là rủi ro (không thứ nguyên) và UEV là giá trị kinh tế đơn vị (VNĐ/m²).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kịch bản tính toán

Nghiên cứu được tiến hành cho 3 nhóm kịch bản bao gồm hiện tại (nhóm KB 2015); Nhóm kịch bản 2030 và Nhóm kịch bản 2050. Trong 2 nhóm kịch bản 2030 và 2050 có xem xét tới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu làm lượng mưa ngày, mưa trận tăng lên và phía biển mực nước dâng cao hơn. Các giá trị này lấy theo kịch bản được Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố năm 2016 và trong tính toán đưa về vị trí cửa sông Dinh, nơi tiếp giáp với biển được chọn làm biên dưới của mô hình. Trong mỗi nhóm kịch bản, 6 phương án tính toán được đề xuất được thể hiện trong bảng 2. Các phương án tính toán cho một nhóm kịch bản thể hiện được sự kết hợp mang tính phổ biến của mưa trên lưu vực và mực nước biển, dựa trên việc phân tích tần suất xuất hiện của chuỗi số liệu mưa quan trắc tại các trạm trong lưu vực sông Dinh. Chẳng hạn, phương án 3B và 4B, sẽ tạo ra vùng ngập lớn nhất, nhưng lại chưa phải là tổ hợp tần suất phổ biến nhất, trong khi phương án 4A thường gặp nhất trên lưu vực.

Bảng 2. Các phương án tính toán 1 nhóm kịch bản.

Kịch bản	Biên thượng lưu	Biên hạ lưu
01	1%	5%
02	2%	5%
3A	5%	10%
3B	5%	1%
4A	10%	10%
4B	10%	1%

3.2. Kết quả và thảo luận

3.2.1 Hiểm họa lũ

Sử dụng bộ mô hình MIKE gồm MIKE NAM tính toán mưa sinh lũ thiết kế và MIKE FLOOD là sự kết hợp giữa MIKE11 mô phỏng cho đoạn sông mà dòng chảy lũ vẫn nằm hoàn toàn trong lòng dẫn và MIKE21 mô phỏng cho vùng đồng bằng ngập lũ. Việc mô phỏng xác định hiểm họa lũ được thực hiện cho 3 nhóm kịch bản gồm hiện tại (2015), 2030 và 2050. Trước khi tiến hành mô phỏng, các mô hình sử dụng trong nghiên cứu này đều được hiệu chỉnh, kiểm định với các số liệu quan trắc và đã xác định được bộ thông số phù hợp nhất của mỗi mô hình. Tiến hành mô phỏng và xác định được diện tích ngập và xây dựng được bản đồ hiểm họa ngập ứng với từng nhóm kịch bản. Kết quả mô phỏng hiểm họa lũ cho mỗi nhóm kịch bản được tóm tắt trong các bảng 3–5.

Bảng 3. Tổng hợp diện tích ngập theo các phương án, nhóm kịch bản 2015.

Phương án	P (%)		Diện tích ngập (ha)				
	biên trên	biên dưới	Ninh Hải	Ninh Sơn	Phan Rang	Ninh Phước	Thuận Nam
1	1	10	894,45	1.387,99	3.289,08	10.250,74	741,54
2	2	5	770,56	1.353,64	3.059,43	9.978,37	742,66
3A	5	10	600,49	1.300,07	2.368,59	9.222,57	728,63

Phương án	P (%)		Diện tích ngập (ha)				
	biên trên	biên dưới	Ninh Hải	Ninh Sơn	Phan Rang	Ninh Phước	Thuận Nam
3B	5	1	539,59	1.255,87	2.008,79	8.832,22	685,54
4A	10	10	495,64	1.179,86	1.606,52	4.900,04	4,56
4B	10	1	111,84	1.013,03	474,03	2.042,85	0,11

Bảng 4. Tổng hợp diện tích ngập theo các phương án, nhóm kịch bản 2030.

Phương án	P (%)		Diện tích ngập (ha)				
	biên trên	biên dưới	Ninh Hải	Ninh Sơn	Phan Rang	Ninh Phước	Thuận Nam
1	1	10	1.615,97	1.534,93	3.203,80	9.719,60	765,96
2	2	5	1.303,64	1.465,68	2.722,53	9.511,66	762,17
3A	5	10	1.102,07	1.372,95	2.287,55	9.332,02	757,50
3B	5	1	887,34	1.325,66	2.111,64	8.917,73	754,69
4A	10	10	682,79	1.267,67	1.829,13	6.440,96	364,01
4B	10	1	243,97	1.089,79	1.154,83	3.653,13	2,64

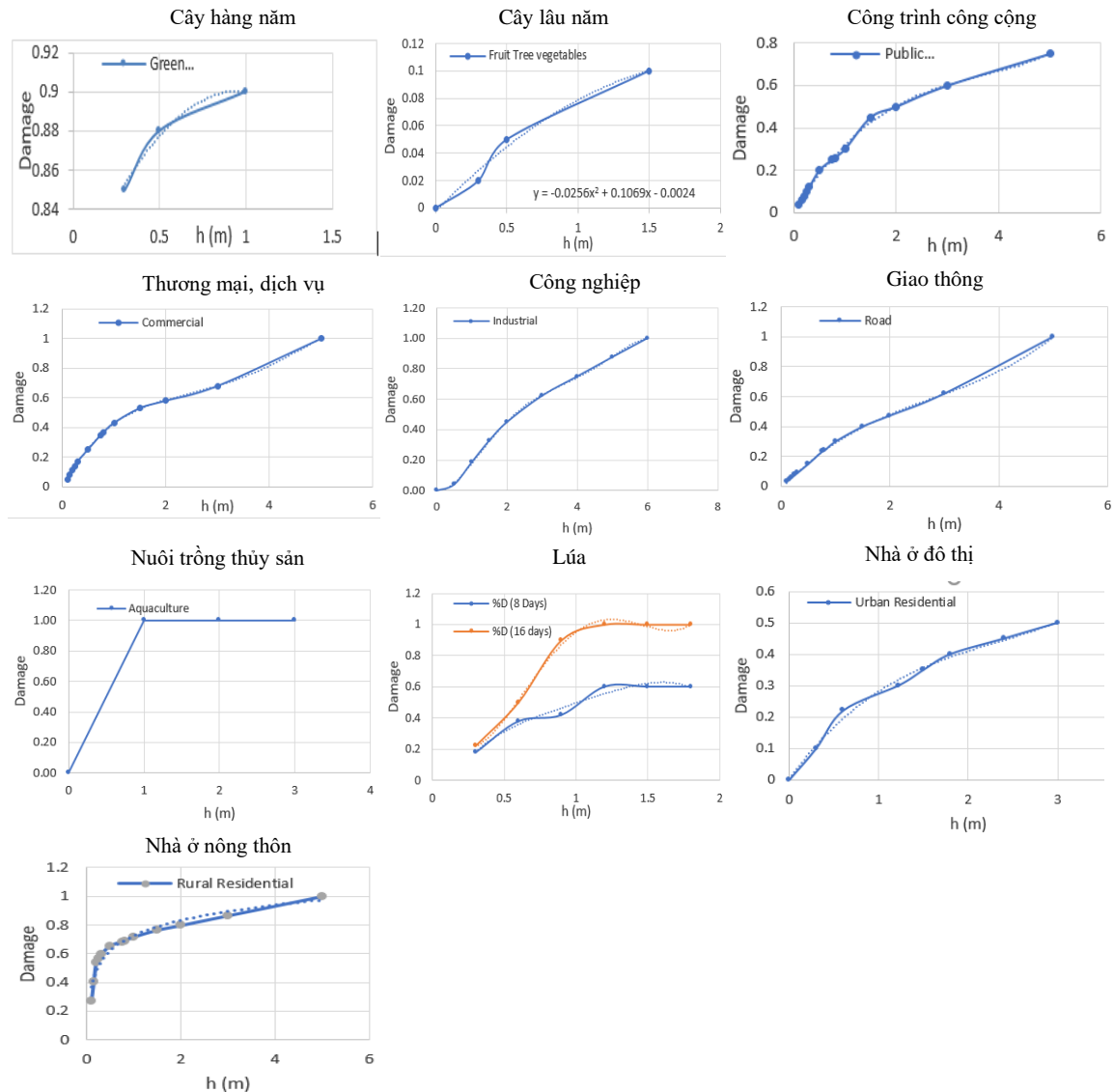
Bảng 5. Tổng hợp diện tích ngập theo các phương án, nhóm kịch bản 2050.

Phương án	P (%)		Diện tích ngập (ha)				
	biên trên	biên dưới	Ninh Hải	Ninh Sơn	Phan Rang	Ninh Phước	Thuận Nam
1	1	10	1.844,96	1.599,33	3.756,04	9.804,85	772,27
2	2	5	1.608,30	1.532,83	3.272,80	9.471,14	769,08
3A	5	10	1.210,27	1.414,01	2.566,37	9.972,34	762,25
3B	5	1	1.042,76	1.359,62	2.205,77	9.151,54	758,47
4A	10	10	756,15	1.296,84	2.053,74	8.546,55	754,15
4B	10	1	525,14	1.144,42	1.402,96	4.577,17	10,87

Thiệt hại kinh tế, tài sản và con người phụ thuộc vào tình trạng sử dụng đất, mức độ phơi lộ và tính dễ bị tổn thương và giá trị thiệt hại tính trên một đơn vị diện tích (VNĐ/m²) (bảng 6). Để lượng hóa được giá trị thiệt hại, số liệu chi tiết về 10 loại sử dụng đất phổ biến trên lưu vực, tài sản trên đất, các hoạt động kinh tế trên đất và dân sinh, cũng như thiệt hại do lũ lụt được thống kê trong những năm gần đây được sử dụng để xây dựng hàm thiệt hại (Hình 5).

Bảng 6. Giá trị của các loại sử dụng đất tỉnh Ninh Thuận.

TT	Loại sử dụng đất	Giá trị kinh tế (VNĐ/m ²)	TT	Loại sử dụng đất	Giá trị kinh tế (VNĐ/m ²)
1	Đất ở đô thị	221.600	6	Cơ sở hạ tầng	465.532
2	Đất ở nông thôn	110.800	7	Đất trồng lúa	2.230
3	Thương mại	92.400	8	Cây lâu năm	4.280
4	Công nghiệp	100.000	9	Nuôi trồng thủy sản	3.704
5	Giao thông	500 000	10	Cây hàng năm	7 785



Hình 5. Hàm thiệt hại các loại hình sử dụng đất tỉnh Ninh Thuận.

$AEEL_i$ của mỗi lớp thiệt hại “i” thu được là:

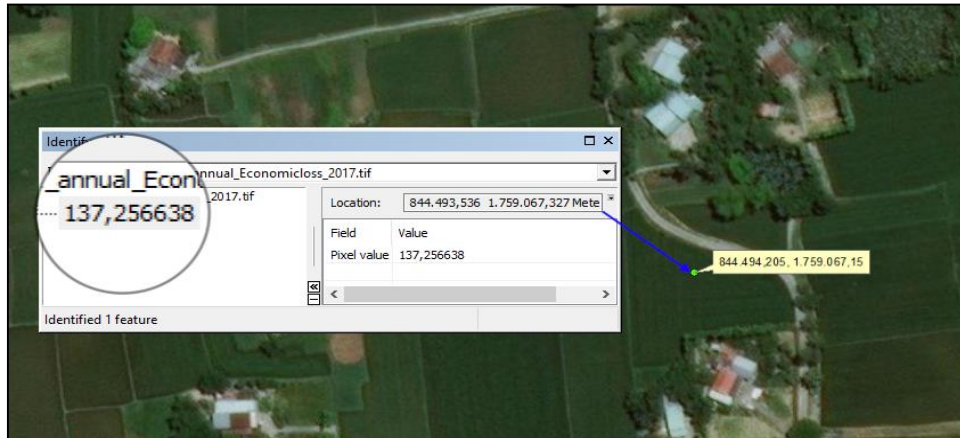
$$AEEL_i = 10^2 * \sum_{j=1}^n AED_{i,j} * UEV_i \quad (5)$$

$AEEL_i$ = Tổng thiệt hại ước tính hàng năm; i = lớp thiệt hại; $AED_{i,j}$ = Thiệt hại ước tính hàng năm của lớp “i” trên pixel “j” của khu vực ngập lụt; và UEV_i = Giá trị kinh tế đơn vị của lớp “i”.

Ví dụ trong Hình 6 $AEEL$ của pixel “j” (tọa độ x = 844494,205 và y = 1.759.067,15), thuộc về lớp thiệt hại: lúa (i=7), $AED_{i,j}$ = 0,062 và UEV_i = 2.230 đồng/m², và có giá trị là:

$$AEEL_{i,j} = 10^2 * (0,062 * 2.230) = 10^2 * 137,26 \text{ đồng}$$

Cơ sở dữ liệu địa lý cho phép thực hiện tất cả các đánh giá trong toàn bộ lưu vực sông và cho phép trích xuất kết quả tính toán. Cũng từ cơ sở dữ liệu địa lý, có thể trích xuất phân bố không gian của $AEEL$ cho từng cấp hành chính (Tỉnh, Huyện, Xã, v.v.).



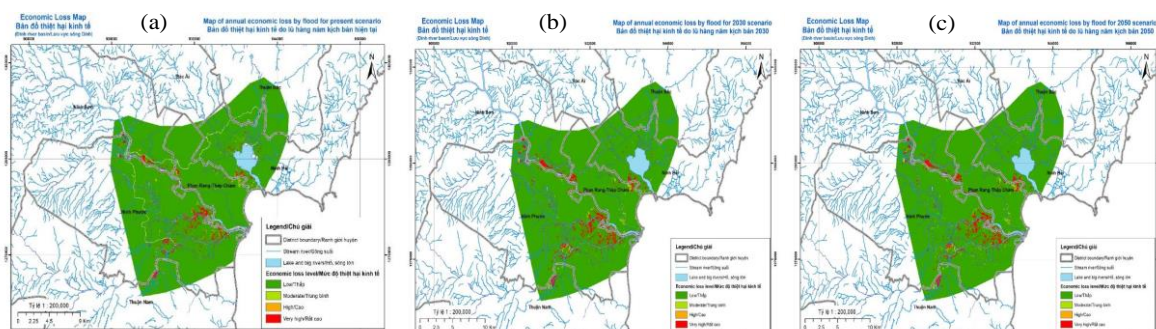
Hình 6. AEEL_{i,j} ví dụ mô tả các thông tin thu được của mỗi điểm từ Geodatabase.

Kết quả tính toán định lượng tổn thất kinh tế cho tỉnh Ninh Thuận theo 3 nhóm kịch bản và thể hiện trong bảng 7. Với sự trợ giúp của công cụ GIS, xây dựng được bản đồ thiệt hại kinh tế tiềm tàng hàng năm trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận.

Bảng 7. Tổn thất kinh tế tiềm tàng hàng năm lưu vực sông Dinh.

Nhóm kinh tế	Tổn thất kinh tế ước tính hàng năm (tỷ đồng)		
	KB2015	KB2030	KB2050
Nuôi trồng thủy sản	0,0	0,0	0,0
Thương mại	0,8	1,5	1,6
Cây trồng lâu năm	76,8	159,8	162,9
Cây ngắn ngày, rau màu	0,4	0,5	0,6
Công nghiệp	0,5	1,3	4,0
Nhà cửa	25,2	15,6	10,8
Trồng lúa	0,0	0,0	0,0
Đường giao thông	0,0	0,0	0,0
Đất ở nông thôn	0,2	0,4	0,4
Đất ở đô thị	1,5	2,7	3,2
Tổng	105,4	181,8	183,5

Đồng thời có thể nhìn thấy một cách trực quan phân bố theo không gian tình hình thiệt hại khi chịu tác động của lũ lụt (Hình 7a–7c).



Hình 7. Thiệt hại kinh tế tiềm tàng hàng năm trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận: (a) Kịch bản 2015; (b) Kịch bản 2030; (c) Kịch bản 2050.

So sánh giữa các kịch bản hiện tại và tương lai trong bảng 7 và hình 7 cho thấy sự gia tăng tổng thể của AEEL mặc dù, đối với một số lớp thiệt hại (chủ yếu là các lớp nông nghiệp) có mức giảm của AEEL. Kết quả này chủ yếu là do những thay đổi của việc sử dụng đất liên quan đến biến đổi khí hậu có thể tạo ra sự gia tăng của AEEL, do đó làm tăng mức độ rủi ro ở một số khu vực cụ thể trên lưu vực sông. Bảng 6 cho thấy ảnh hưởng lớn nhất đến nhóm cây trồng lâu năm, công nghiệp, đất ở đô thị và nông thôn.

4. Kết luận

+ Kết quả nghiên cứu chỉ ra được mức độ rủi ro của lũ chi tiết tới cấp xã, trên cơ sở đó địa phương xây dựng kế hoạch phòng chống lũ thích hợp với điều kiện thực tế của địa phương bao gồm 3 giai đoạn phòng ngừa, ứng phó và phục hồi tái thiết sau thiên tai.

+ Dưới tác động của biến đổi khí hậu, nước biển dâng và xu thế đô thị hóa ngày càng tăng thì rủi ro do lũ lụt cũng sẽ tăng lên.

+ Kết quả nghiên cứu cho thấy thiệt hại hàng năm do lũ lụt có thể lên tới 2,5% GDP của địa phương. Kết quả nghiên cứu sẽ giúp địa phương xây dựng kế hoạch và lồng ghép quản lý phòng chống thiên tai với phát triển kinh tế xã hội của tỉnh.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.M.C.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: V.M.C.; Xử lý số liệu: V.M.C.; Viết bản thảo bài báo: V.M.C.; Chỉnh sửa bài báo: V.M.C.

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. Luật Phòng chống thiên tai số 33/2013/QH13, 2013.
2. Fiscal Impact of Natural Disasters in Vietnam. GFDRR, 2011. Available online: <http://siteresources.worldbank.org/EXTDISASTER/Resources/Vietnam/FiscalImpactStudy>.
3. Luo, T.; Maddocks, A.; Iceland, C.; Ward, P.; Winsemius, H. World's 15 Countries with the Most People Exposed to River Floods, 2015. Available online: <https://www.wri.org/blog/2015/03/world's15countriesmostpeopleexposedriverfloods>.
4. Kế hoạch PCTT hàng năm Tỉnh Ninh Thuận từ 2010 đến 2018.
5. Hazus®–MH. Multi-hazard loss estimation methodology, flood model, HAZUS, technical manual. Department of Homeland Security Federal Emergency Management Agency Mitigation Division Washington, D.C., 2013, pp. 569.
6. Mekong River Commission. Flood Protection Criteria for the Mekong Delta, Vietnam. The Flood Management and Mitigation Programme, Component 2: Structural Measures & Flood Proofing in the Lower Mekong Basin, 2009, 6, pp. 1–88.
7. Mohammadi, S.A.; Nazariha, M.; Mehrdadi, N. Flood damage estimate (quantity), using HEC–FDA model. Case study: The Neka river. *Procedia Eng.* **2014**, *70*, 1173–1182.
8. FEMA. Hazus Flood Model User Guidance. *Fed. Emergency Manag. Agency* 2018, pp. 1–263.
9. Tezuka, S.; Takiguchi, H.; Kazama, S.; Sato, A.; Kawagoe, S.; Sarukkalige, R. Estimation of the effects of climate change on flood-triggered economic losses in Japan. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* **2014**, *9*, 58–67.

Flood risk assessment for Dinh River basin

Vu Minh Cat^{1*}

¹ Faculty of Civil Construction, Van Lang University, 45 Nguyen Khac Nhu Street, Co Giang Ward, District No. 1, Ho Chi Minh City; vuminhcat@gmail.com

Abstract: According to the law on natural disaster prevention and control, in Vietnam, there are 21 types of natural disasters, of which floods are natural disasters causing the greatest loss of life and property. Using methods to quantify flood losses and mapping flood risks is a trend that is commonly applied in advanced countries and has initially been applied to several projects in our country. Using the quantitative assessment of flood losses, the study has determined the detailed flood risk levels to the commune for 3 groups of scenarios in 2015, 2030, and 2050, taking into account climate change and land use. The research results can show the locations and economic types most severely affected by floods. It is also shown that under the impact of climate change, sea-level rise and increasing urbanization, flood risks will also increase and annual damage from flooding can reach 2.5 % of local GDP. The research results will help the province to develop a flood risk plan and integrate it with the socio-economic development in the province.

Keywords: Hazard; Exposure; Vulnerability; Risk; Flood risk map.