

Bài báo khoa học

Đánh giá định lượng rủi ro do ngập lụt tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu trong bối cảnh Biến đổi khí hậu

Nguyễn Kim Ngọc Anh^{1*}, Trần Ngọc Anh^{1,2}, Nguyễn Thanh Bình¹, Phạm Hồ Quốc Tuấn³, Lê Thị An Hải³, Lê Ngọc Quyền³

¹ Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; ngocanhnk@hus.edu.vn; tranngocanh@hus.edu.vn; binh.gis.cefd@hus.edu.vn.

² Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; tranngocanh@hus.edu.vn

³ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Bộ Tài nguyên và Môi trường; phamhoquoctuan@yahoo.com; lehai0013@gmail.com; quyentccb@gmail.com

*Tác giả liên hệ: ngocanhnk@hus.edu.vn; Tel.: +84–973556201

Ban Biên tập nhận bài: 15/11/2021; Ngày phản biện xong: 23/12/2021; Ngày đăng bài: 25/02/2022

Tóm tắt: Bài báo trình bày phương pháp và các kết quả đánh giá định lượng rủi ro do ngập lụt áp dụng đối với tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu dựa trên các loại dữ liệu về: hiểm họa (độ sâu ngập theo các kịch bản tương ứng với tần suất xuất hiện), độ lộ diện (bản đồ sử dụng đất, dân cư) và các hàm thiệt hại của các đối tượng khác nhau. Kết quả đánh giá cho thấy, ở tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu, tổng số dân chịu rủi ro do ngập lụt khoảng là 14.000 người/năm, và tổng rủi ro đối với các ngành, lĩnh vực khoảng 1.130 tỷ VNĐ/năm. Khu vực có mật độ rủi ro tính theo đơn vị diện tích lớn nhất là 776.8 triệu VNĐ/ km² chủ yếu tập trung tại thành phố Vũng Tàu. Trong tương lai, theo các kịch bản BĐKH đến năm 2050 thì tổng giá trị các rủi ro kinh tế này đều tăng lên 902% đến 1058% và mở rộng khu vực chịu tác động thêm từ 86 km² đến 120 km² so với hiện trạng.

Từ khóa: Bà Rịa–Vũng Tàu; Biến đổi khí hậu; Ngập lụt; Rủi ro.

1. Mở đầu

Hiện nay, có nhiều hướng nghiên cứu khác nhau về rủi ro, nhằm phân loại các thành phần, yếu tố để đánh giá. Tuy nhiên, việc sử dụng các thuật ngữ liên quan đến rủi ro giữa các ngành, lĩnh vực nghiên cứu vẫn còn nhiều định hướng khác nhau [1]. Các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực khoa học tự nhiên thường chú trọng vào khái niệm rủi ro (*risk*) trong khi các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực khoa học xã hội thường sử dụng thuật ngữ tính dễ bị tổn thương (*vulnerability*) [2]. Khái niệm rủi ro lũ lụt căn cứ theo khái niệm rủi ro thiên tai từ Sổ tay Thuật ngữ giảm nhẹ giảm nhẹ rủi ro thiên tai của Liên hợp quốc [3] là nguy cơ thiệt hại do lụt gây ra về người, tài sản, công trình, môi trường sống, các hoạt động kinh tế xã hội. Việc phân tích rủi ro lũ lụt đã được phát triển song song với các nghiên cứu đánh giá thiệt hại do lũ lụt. Theo Luật Phòng, chống thiên tai [4], rủi ro thiên tai là thiệt hại mà thiên tai có thể gây ra về người, tài sản, môi trường, điều kiện sống và hoạt động kinh tế–xã hội. Rủi ro thiên tai nói chung và thiên tai do lũ lụt nói riêng được nghiên cứu và đánh giá theo nhiều cách tiếp cận khác nhau nhưng tựu trung có thể được chia thành hai hướng chính sau: đánh giá rủi ro trước

thiên tai và đánh giá rủi ro sau thiên tai [5]. Phương pháp đánh giá rủi ro trước thiên tai được hiểu là phương pháp có thể đánh giá, xác định rủi ro thiên tai trước cả khi thiên tai xuất hiện. Phương pháp này đóng vai trò quan trọng trong bài toán cảnh báo, dự báo rủi ro thiên tai. Trong khi đó, phương pháp đánh giá rủi ro sau thiên tai cung cấp những thông tin về thiệt hại do thiên tai đã xảy ra từ đó nhận định được thiệt hại tiềm tàng của thiên tai có thể gây ra trong tương lai [6]. Phương pháp đánh giá rủi ro thiên tai này, do đó, chủ yếu phục vụ công tác khoanh vùng thiệt hại do thiên tai. Trong bài báo này phương pháp đánh giá rủi ro trước thiên tai để phục vụ hiệu quả công tác phòng chống và giảm nhẹ thiên tai.

Rủi ro trong đánh giá trước thiên tai có thể dùng phương pháp đánh giá định lượng được xác định là hàm hiểm họa và hậu quả. Yếu tố hiểm họa được thể hiện thông qua tần suất xuất hiện của thiên tai ở một khu vực cụ thể trong một khoảng thời gian nhất định [7]. Trong dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với Thiên tai vùng ven biển Việt Nam của Ngân hàng Thế giới năm 2019 [8] nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp đánh giá định tính cho các cơ sở hạ tầng quan trọng và rủi ro ở đây được sử dụng tương tự với thuật ngữ tính dễ bị tổn thương (vulnerability). Theo đó, kết quả của phương pháp định tính sẽ cho thấy mức độ tác động của ngập lụt đến các đối tượng cơ sở hạ tầng theo các cấp độ thấp, trung bình, cao và rất cao. Như vậy, trên một khu vực nhất định, với việc phân cấp thống nhất các biến trong đánh giá rủi ro thì có thể so sánh được mức độ rủi ro của các đối tượng với nhau. Tuy nhiên, kết quả phương pháp này rất khó khi so sánh rủi ro giữa nhiều khu vực khác nhau và đưa ra được thông tin cảnh báo phòng chống thiên tai hiệu quả với những con số cụ thể. Phương pháp đánh giá định lượng cụ thể hóa số người bị ảnh hưởng và thiệt hại tính ra bằng đơn vị tiền tệ tỏ ra ưu thế hơn trong việc ước lượng giá trị kinh tế bị rủi ro và giải quyết vấn đề so sánh mức độ rủi ro các đối tượng ở các khu vực khác nhau nhằm cung cấp thông tin để các nhà hoạch định lựa chọn khu vực ưu tiên đầu tư. Phương pháp này đã được sử dụng trên Thế giới như các nghiên cứu [9–12]... Tại Việt Nam, phương pháp đánh giá định lượng rủi ro (cụ thể hóa số người bị ảnh hưởng và thiệt hại tính ra bằng đơn vị tiền tệ) chưa sử dụng nhiều, mặc dù đã có các nghiên cứu [8, 13] tuy nhiên, chưa có nghiên cứu đánh giá cho tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu.

Bà Rịa – Vũng Tàu là một trong các tỉnh ven biển của Việt Nam thuộc khu vực nhạy cảm về biến đổi khí hậu và có tính dễ tổn thương cao trước tác động của nước biển dâng, mưa lớn, bão và áp thấp nhiệt đới. Biến đổi khí hậu tác động mạnh đến nhiều vùng, địa phương, đến các ngành, lĩnh vực của tỉnh. Chính vì vậy, nghiên cứu này tiến hành đánh giá rủi ro định lượng do ngập lụt cho phần đất liền tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu (trừ Huyện Côn Đảo do không đủ dữ liệu tính toán) để làm cơ sở cho đề xuất các giải pháp phòng tránh và cập nhật kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH trong vấn đề ngập lụt tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu.

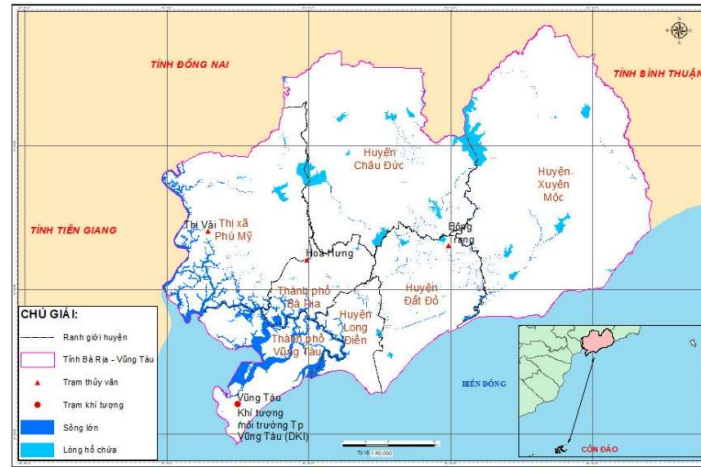
2. Phương pháp đánh giá định lượng rủi ro và dữ liệu sử dụng

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

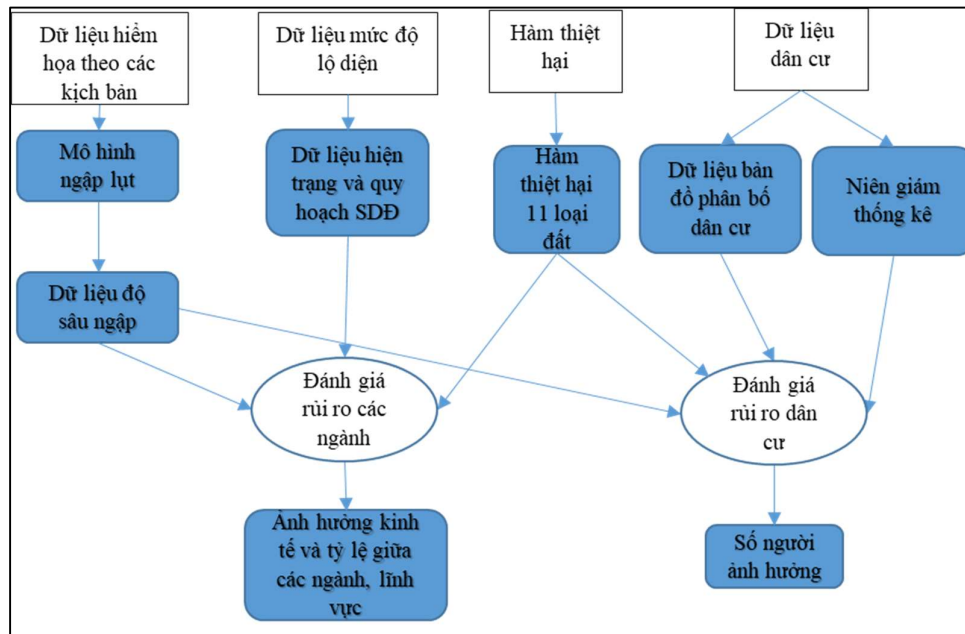
Tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu thuộc khu vực miền Đông Nam Bộ, có diện tích tự nhiên 1.982 km², phía Đông Bắc giáp với tỉnh Bình Thuận, phía Tây giáp với thành phố Hồ Chí Minh, phía Bắc giáp tỉnh Đồng Nai, phía Nam và Tây Nam giáp Biển Đông (Hình 1).

2.2. Giới thiệu phương pháp đánh giá định lượng rủi ro

Phương pháp định lượng đã được áp dụng rộng rãi trong đánh giá thiên tai nhằm ứng phó, lập kế hoạch phòng chống, giảm thiểu thiệt hại và bảo hiểm. Trong bài báo này, sẽ đánh giá thiệt hại trực tiếp và thiệt hại gián tiếp (quy thành đơn vị tiền tệ) cho từng kịch bản lũ. Thiệt hại trực tiếp ở đây được hiểu là tác động trực tiếp của ngập lụt lên các đối tượng (các đối tượng nằm trong vùng bị ngập). Thiệt hại gián tiếp là ảnh hưởng của ngập lụt làm gián đoạn các hoạt động khác. Phương pháp nghiên cứu được thể hiện qua sơ đồ cấu trúc mô tả trong hình 2.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu.

Rủi ro dự kiến hàng năm (AED) được thể hiện theo khu vực hoặc tích phân đường cong. Tuy nhiên, việc chạy chính xác của đường cong thường không dễ xác định vì chỉ có một vài điểm trên đó được biết. Do đó, trong hầu hết các trường hợp, một phép tính gần đúng được thực hiện bằng cách tính rủi ro theo công thức sau [14]:

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

Trong đó $\bar{D}$ là rủi ro (hoặc thiệt hại trung bình hàng năm); $D|i|$ là thiệt hại trung bình của hai điểm đã biết của đường cong.

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

ΔP là xác suất của khoảng giữa hai điểm đó.

$$\Delta P = |P_i - P_{i-1}| \quad (3)$$

Phương pháp tiếp cận đường cong thiệt hại cung cấp đánh giá rủi ro định lượng có thể được chuyển đổi trong thiệt hại kinh tế. Cách tiếp cận được áp dụng để xác định thiệt hại kinh tế là: Xác định giá trị đơn giá kinh tế (VND/m²) của các lớp kinh tế; Điều chỉnh lạm phát bằng Chỉ số giá tiêu dùng (CPI); Tính toán thiệt hại kinh tế.

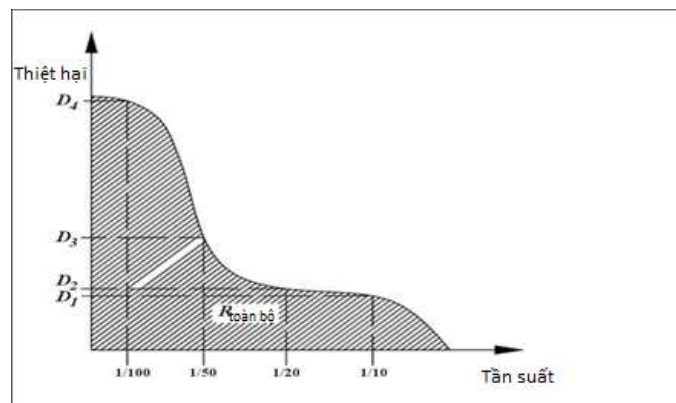
Thiệt hại kinh tế dự kiến hàng năm có thể được tính cho các lớp kinh tế sử dụng công thức:

$$AEEL = R \times UEV \times F \quad (4)$$

Trong đó AEEL = Thiệt hại kinh tế dự kiến hàng năm (tỷ đồng); R = Rủi ro (không có đơn vị); và UEV = Giá trị kinh tế đơn vị (VND/m²), F là diện tích đất (m²).

Quy trình này được lặp lại cho các kịch bản hiện tại và tương lai (với điều kiện phát triển sử dụng đất và biến đổi khí hậu) và nó cũng được sử dụng để tính toán hiệu quả kinh tế của việc giảm thiểu rủi ro thiên tai.

Như vậy, theo cách tiếp cận trên, rủi ro hiện trạng sẽ là tổng thiệt hại của tất cả các tần suất xuất hiện (Hình 3). Các thiệt hại của từng đối tượng ứng với từng kịch bản, sự kiện được tính toán với phương pháp như trên. Nghiên cứu sẽ đánh giá rủi ro cho các đối tượng cụ thể trong điều kiện hiện trạng: Sử dụng các giá trị thiệt hại ứng với các kịch bản ngập lụt tương ứng với các trận lũ có tần suất 1%, 5% và 10% để tính toán rủi ro. Tương tự như vậy đối với kịch bản tương lai.



Hình 3. Giá trị thiệt hại theo tần suất.

Đánh giá thiệt hại cho từng sự kiện lũ

Thiệt hại trực tiếp với từng trận lũ được tính toán bằng cách: tất cả các lớp bản đồ ngập lụt, độ lộ diện được biên tập về cùng một độ phân giải. Sau đó sử dụng phương pháp GIS chồng chập các đối tượng, mỗi đối tượng này có một giá trị kinh tế và một hàm thiệt hại. Từ đó tính ra được thiệt hại cho từng đối tượng, ở từng ô lưới. Bằng kỹ thuật GIS có thể dễ dàng xác định thiệt hại trực tiếp của từng đối tượng theo địa giới hành chính cho mỗi sự kiện lũ, kịch bản lũ cũng như tổng thiệt hại trực tiếp. Các thiệt hại gián tiếp rất khó để xác định, thường được giả thiết bằng 50% hoặc 100% thiệt hại trực tiếp. Việc đánh giá thiệt hại sẽ tiến hành cho tất cả các kịch bản ngập lụt đã được xây dựng. Đối với các kịch bản giai đoạn hiện trạng sử dụng bản đồ hiện trạng sử dụng đất, đối với các giai đoạn tương lai sử dụng bản đồ Quy hoạch sử dụng đất để làm cơ sở đánh giá.

Đánh giá số người bị ảnh hưởng

Để đánh giá được số người bị ảnh hưởng do lũ, nghiên cứu này xây dựng bản đồ phân bố dân cư chi tiết. Dựa trên tổng dân số cho từng xã sẽ được tính lại mật độ dân số trên diện tích đất ở (xác định trên bản đồ sử dụng đất). Bản đồ này sẽ được chồng lớp lên bản đồ ngập lụt và sử dụng các công cụ GIS để tính toán số người bị ảnh hưởng theo các kịch bản ngập lụt đã xây dựng.

2.3. Dữ liệu sử dụng trong đánh giá định lượng rủi ro

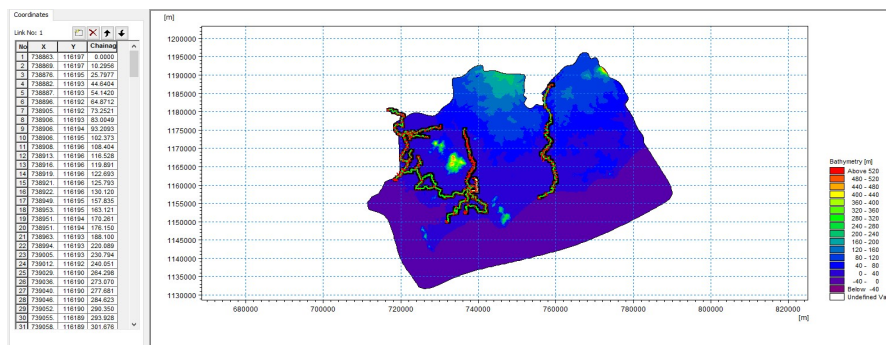
2.3.1. Dữ liệu hiểm họa theo các kịch bản tính toán

Dữ liệu hiểm họa theo kịch bản hiện trạng: Dữ liệu bản đồ ngập lụt với các kịch bản lũ do mưa 1 ngày lớn nhất tại trạm Vũng Tàu ứng với tần suất 1%, 5%, 10%. Dữ liệu hiểm họa theo kịch bản tương lai: Dữ liệu bản đồ ngập lụt các kịch bản tính toán mưa lớn nhất kết hợp với biến đổi khí hậu theo Kịch bản ĐKKH&NBD RCP 4.5 (kịch bản nồng độ khí nhà kính mức trung bình) [15] cho tương lai với các mốc năm 2030, 2050.

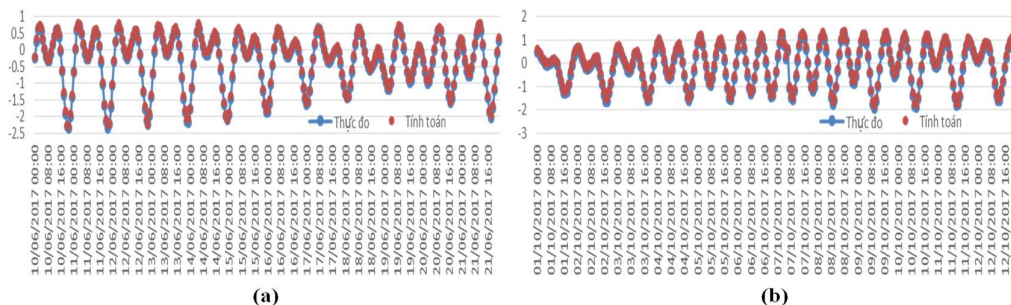
Bảng 1. Số liệu mưa ứng với các tần suất.

TT	Tần suất	Lượng mưa (mm)		
		Hiện trạng	Đến 2030	Đến 2050
1	1%	305,8	376,1	412,8
2	5%	214	263,2	288,9
3	10%	196,1	241,2	264,7

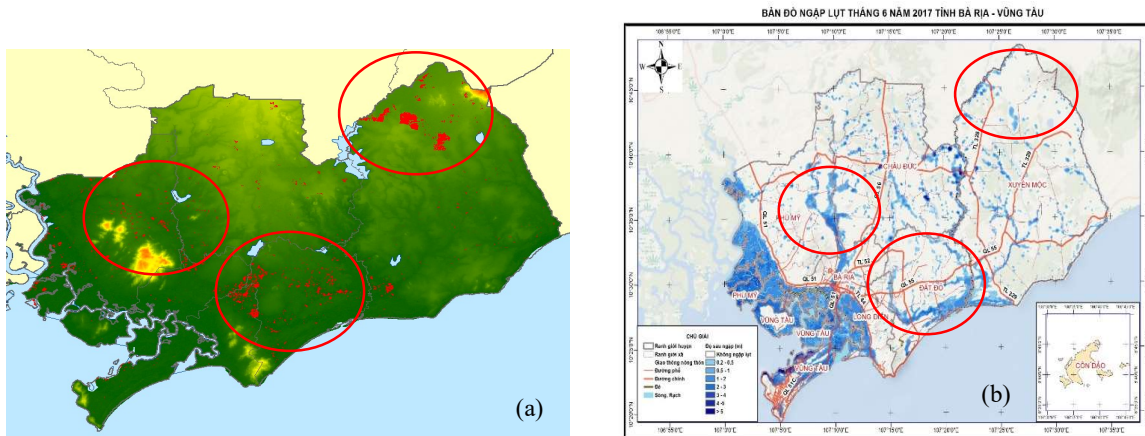
Để có các dữ liệu này, nghiên cứu đã thiết lập mô hình ngập lụt MIKE FLOOD [16] cho khu vực nghiên cứu (Hình 4) với dữ liệu địa hình 1: 10.000 [17]. Do trên địa bàn tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu không có trạm đo lưu lượng và mực nước thủy văn chỉ có trạm đo hải văn nên việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình mô phỏng ngập lụt dựa trên các vết lũ khảo sát và sự so sánh ngập lụt qua ảnh vệ tinh. Hiệu chỉnh và kiểm định các vết lũ cho thấy các sai số của vết lũ chỉ từ 0,01–0,2 m đều ở mức cho phép (Bảng 2). Bên cạnh đó, nghiên cứu còn tiến hành hiệu chỉnh mực nước trạm hải văn Vũng Tàu văn giai đoạn từ ngày 10–21/06/2017 và từ ngày 01–12/10/2017 (Hình 5a–5b). Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình bằng ảnh vệ tinh (Hình 6) và mực nước cho thấy về dao động mực nước tương đối chính xác. Như vậy có thể thấy, mô hình có độ tin cậy và phù hợp với điều kiện hiện tại của tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu nên có thể sử dụng bộ thông số của mô hình để tính toán trong các kịch bản xây dựng cho tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu.



Hình 4. Tọa độ kết nối và sơ đồ kết nối mô hình MIKE FLOOD cho tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu.



Hình 5. (a) Mực nước tính toán và thực đo trạm hải văn Vũng Tàu từ ngày 10–21/06/2017; (b) Mực nước tính toán và thực đo trạm hải văn Vũng Tàu từ ngày 01–12/10/2017.

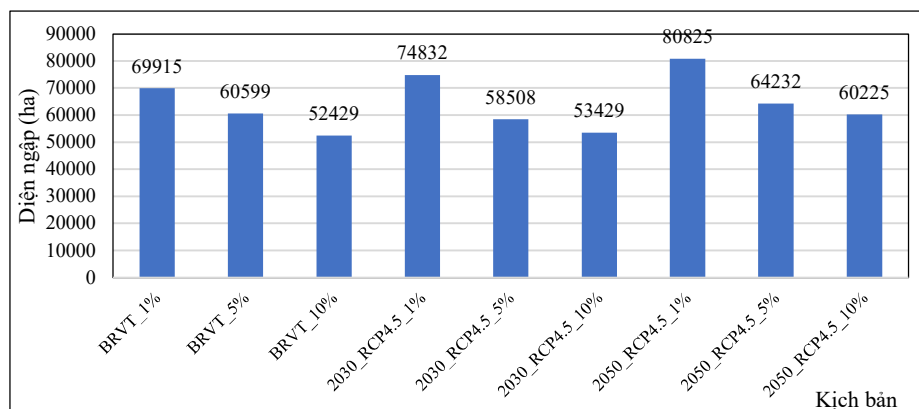


Hình 6. So sánh kết quả tính toán giữa ảnh vệ tinh và mô phỏng ngập lụt tháng 6/2017: (a) Giải đoán ảnh vệ tinh vệ tinh sentinel 2; (b) Kết quả mô phỏng ngập lụt.

Bảng 2. So sánh kết quả tính toán và vết lũ (Đơn vị: m).

TT	X	Y	Vết lũ	Tính toán	Sai số	Kí hiệu
1	737407,5	1163166	6,5	6,3	0,2	VL8
2	737698	1155472	1,69	1,65	0,04	VL9
4	729818,6	1160319	1,61	1,54	0,07	VL11
5	725184,4	1171889	6,32	6,52	0,2	VL13
7	758282,3	1172651	16,65	16,83	0,18	VL1A
9	759508,4	1161867	2,43	2,33	0,1	VL5
10	761342,5	1161274	2,70	2,83	0,13	VL3
12	742971,7	1152741	3,06	3,18	0,12	VL7
13	730037,2	1149500	3,40	3,34	0,06	VL14
14	728621,2	1147977	1,79	1,78	0,01	VL14A

Với kịch bản lũ do mưa lớn được tính toán từ chuỗi số liệu mưa từ năm 1980–2019 phân tích và tính toán mưa cho các giá trị mưa một ngày lớn nhất. Mưa lớn ở tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu gây ra ngập úng ở rất nhiều nơi và đặc biệt nghiêm trọng. Với tần suất 10% diện ngập trên địa bàn tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu khoảng 52.429 ha; với tần suất 5%, diện ngập tăng lên đến khoảng 60.599 ha; với tần suất 1%, diện ngập lớn nhất trên địa bàn tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu khoảng 69.915 ha (gấp 1,33 lần so với tần suất 10%). Diện ngập trên địa bàn tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu chủ yếu là các khu vực trũng thấp, lòng chảo do lượng mưa lớn gây ra. Một số nơi có diện tích ngập nhiều như huyện Xuyên Mộc, huyện Châu Đức và TX. Phú Mỹ. Với các kịch bản tương lai, cho thấy mức độ ngập lụt có xu hướng gia tăng (Hình 7).



Hình 7. Diện tích ngập lụt tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu theo các kịch bản.

2.3.2. Xác định các yếu tố chịu rủi ro lũ lụt – Dữ liệu về mức độ lộ diện

a) Hiện trạng và phương hướng sử dụng đất

Đánh giá rủi ro định lượng sẽ dựa trên giá trị kinh tế của các loại đất do đó để đánh giá rủi ro định lượng cho tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu cần xác định được diện tích và sự phân bố các loại đất trên lưu vực sông. Hai bản đồ sử dụng đất đã được phân tích với 2 khoảng thời gian: bản đồ hiện trạng năm 2015 và bản đồ quy hoạch đến 2020. Trong đó bản đồ năm 2015 được sử dụng để phân tích các kịch bản hiện trạng (kịch bản cơ sở) và bản đồ năm 2020 được sử dụng để phân tích cho các kịch bản Biến đổi khí hậu các năm 2030 và 2050.

Bản đồ phân bố các loại đất thể hiện diện tích và sự phân bố các loại đất theo 12 nhóm đất chính là: đất sản xuất nông nghiệp, đất ngư nghiệp, đất trồng lúa, đất lâm nghiệp, đất nông thôn, đất đô thị, đất du lịch, đất cơ sở hạ tầng thiết yếu, đất công nghiệp, đất giao thông, đất công cộng và đất chưa sử dụng (Bảng 3).

Bảng 3. Tổng hợp diện tích hiện trạng sử dụng đất và quy hoạch sử dụng đất trên địa bàn tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu.

ID	Loại đất	Diện tích hiện trạng (km ²)	Tỷ lệ %	Diện tích quy hoạch (km ²)	Tỷ lệ	Chênh lệch
1	Đất cây lâu năm, hàng năm	696,8	37,7	753,1	40,5	2,7
2	Đất Ngư nghiệp	8,5	0,5	34,9	1,9	1,4
3	Đất trồng lúa và hoa màu	128,6	7,0	0,6	0,0	-6,9
4	Đất Lâm nghiệp	264,0	14,3	251,9	13,5	-0,8
5	Đất Nông thôn	249,3	13,5	204,7	11,0	-2,5
6	Đất đô thị	53,0	2,9	80,2	4,3	1,4
7	Đất du lịch	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
8	Đất cơ sở hạ tầng thiết yếu	4,1	0,2	96,0	5,2	4,9
9	Đất công Nghiệp	1,4	0,1	152,2	8,2	8,1
10	Đất giao thông	55,7	3,0	83,5	4,5	1,5
11	Đất công cộng	19,3	1,0	11,0	0,6	-0,5
12	Đất chưa sử dụng	365,6	19,8	192,8	10,4	-9,4

b) Xác định giá trị ứng với các đối tượng chịu tác động của ngập lụt

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 [8]. Các giá trị này là cho từng quốc gia và dựa theo mối quan hệ với GDP. Các giá trị không có trong báo cáo thì sẽ được thu thập từ các nguồn khác: từ các dự án tham khảo [18], 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 lạm phát đến năm 2018.

2.3.3. Lựa chọn hàm thiệt hại

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. Nguồn chính cho các hàm thiệt hại là từ báo cáo JRC [19], bổ sung bởi các dự án tham chiếu của RHDHV với Sri Lanka cho WB và nghiên cứu Hà Lan HIS–SSM. Các yếu tố thiệt hại có ngưỡng 10cm để giải thích cho sự không chắc chắn của mô hình, các rào cản vật lý và phù hợp ý kiến chung rằng một vài cen–ti–mét ngập lụt sẽ không gây ra thiệt hại khác biệt đáng kể. Các hàm thiệt hại này đã được sử dụng để đánh giá rủi ro do lũ lụt trong Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với thiên tai vùng ven biển Việt Nam–Giai đoạn 2 do Ngân hàng Thế giới thực hiện năm 2019. Các hàm thiệt hại này được xác định cho 11 loại đất trong bảng 4.

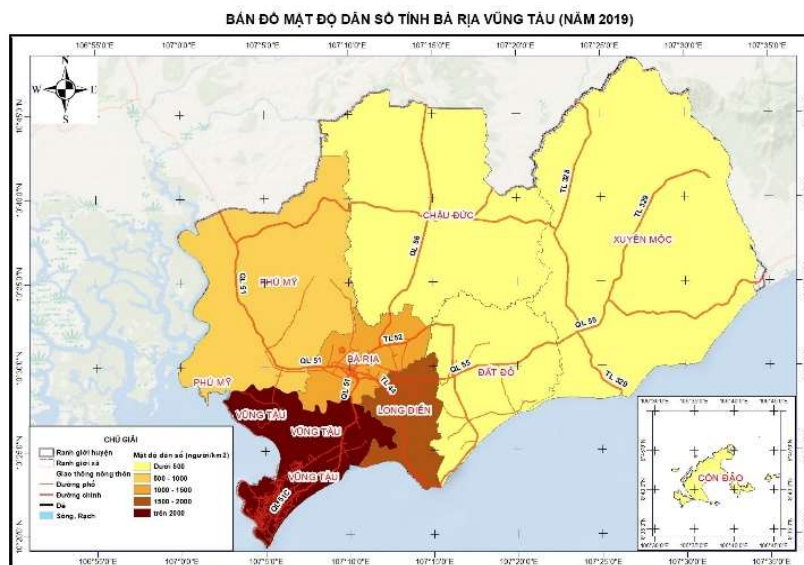
Bảng 4. Hàm thiệt hại cho 11 loại đất.

Yếu tố thiệt hại	Lúa và hoa màu	Cây lâu năm, hàng năm	Lâm nghiệp	Ngư nghiệp	Thành thị	Nông thôn	Công nghiệp	Giao thông vận tải	Cơ sở hạ tầng thiết yếu	Đất công cộng	Du lịch
Độ sâu ngập (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,35	0,13	0,07	0,05	0,07	0,16	0,04	0,14	0,09	0,15	0,05	0,16
0,5	0,25	0,14	0,1	0,14	0,33	0,08	0,28	0,18	0,3	0,1	0,33
1	0,38	0,37	0,2	0,37	0,49	0,17	0,48	0,29	0,6	0,4	0,49
1,5	0,5	0,52	0,3	0,52	0,62	0,25	0,63	0,51	0,7	0,6	0,62
2	1	0,56	0,5	0,56	0,72	0,33	0,72	0,67	0,8	0,6	0,72
3	1	0,66	0,5	0,66	0,87	0,5	0,86	0,67	0,9	0,6	0,87
4	1	0,83	0,5	0,83	0,93	0,67	0,91	0,67	0,95	0,6	0,93
5	1	0,99	0,5	0,99	0,98	0,83	0,96	0,67	1	0,6	0,98
6	1	1	0,5	1	1	1	1	0,67	1	0,6	1
Nguồn:	Reference project WB, Sri Lanka	JRC, Asia Average	Reference project WB, Sri Lanka	JRC, Asia Average	JRC, Asia Average	JRC, Cambodia rural	JRC, Asia Average	JRC, Asia Average	SSM2015	Reference project WB, Sri Lanka	JRC, Asia Average

Các thiệt hại gián tiếp rất khó để xác định, trong nghiên cứu này giả định rằng thiệt hại gián tiếp được tính bằng thiệt hại trực tiếp [8]. Nghiên cứu đánh giá rủi ro cho các đối tượng cụ thể trong điều kiện hiện trạng: Sử dụng các giá trị thiệt hại ứng với các kịch bản ngập lụt tương ứng với các trận lũ có tần suất 1%, 5% và 10% để tính toán rủi ro. Tương tự như vậy đối với kịch bản tương lai. Sau đó tổng hợp thiệt hại cho các ngành: Nông nghiệp, công nghiệp, giao thông, thủy lợi, lâm nghiệp, nuôi trồng thủy sản, CSHT thiết yếu, du lịch.

2.3.4. Dân cư

Để đánh giá được số người bị ảnh hưởng do lũ, nhóm nghiên cứu đã xây dựng bản đồ phân bố dân cư chi tiết. Dựa trên niên giám thống kê 2019 [20], tổng dân số cho từng xã sẽ được tính lại mật độ dân số trên diện tích đất ở (Hình 8). Theo Niên giám thống kê 2019, dân số tăng bình quân giai đoạn 2015–2019 là 1,07% (Bảng 5).



Hình 8. Mật độ dân số tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu năm 2019.

Bảng 5. Dân số năm 2019 và tương lai theo kịch bản phát triển KTXH (Đơn vị: Người).

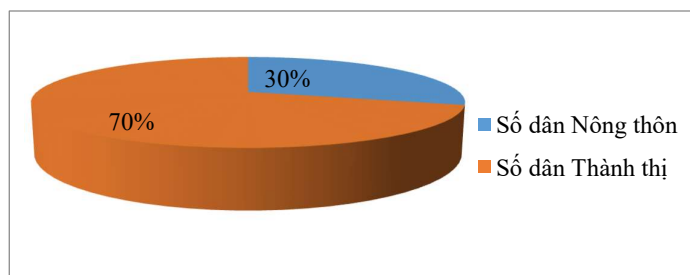
Năm	2019	2030	2050
		Tăng 1,07%	
Bà Rịa–Vũng Tàu	1.152.218	1.287.834	1.534.409

Kịch bản BĐKH&NBD RCP 4.5 (kịch bản nồng độ khí nhà kính mức trung bình) [15] được sử dụng cho tương lai với các mốc năm 2030, 2050 với sự thay đổi về lượng mưa thể hiện trong mức độ ngập lụt (hiểm họa), gia tăng dân số theo kịch bản gia tăng 1,07%/năm, giá trị kinh tế đất giả sử không đổi.

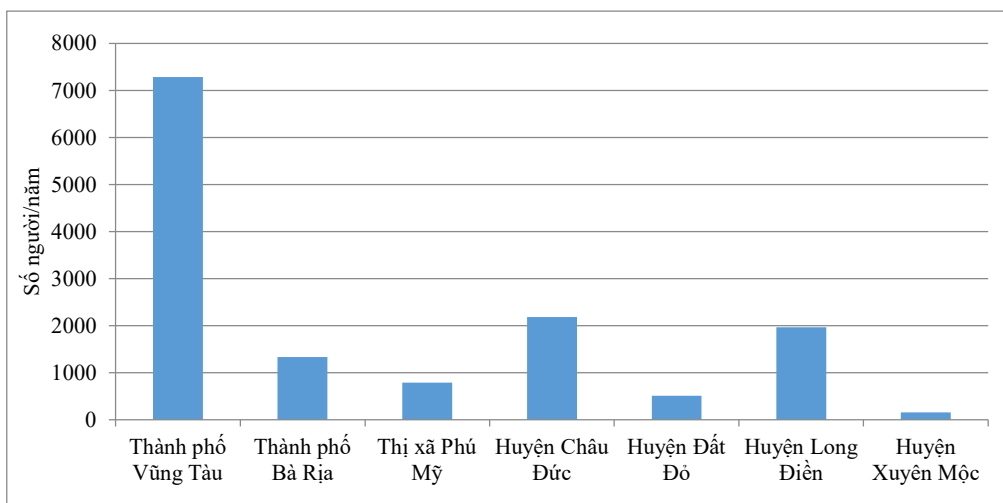
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá số người chịu rủi ro do ngập lụt

Tính toán số người chịu rủi ro do lũ hiện trạng cho kết quả cho thấy tổng số dân chịu rủi ro là khoảng 14.000 người/năm trong đó phần lớn là dân số thuộc khu vực thành thị (khoảng 10.000 người/năm chiếm 70%), số dân nông thôn khoảng 4.000 người/năm chiếm 30% tổng số dân chịu rủi ro (Hình 9). Thành phố Vũng Tàu có số dân chịu rủi ro lớn nhất khoảng 7.300 người/năm chiếm khoảng 51% tổng số dân chịu rủi ro toàn tỉnh, huyện Xuyên Mộc có số người chịu rủi ro ít nhất khoảng 150 người/năm chỉ chiếm 1,1% (Hình 10).



Hình 9. Tỷ lệ số dân thành thị và nông thôn toàn tỉnh chịu rủi ro do lũ hiện trạng.

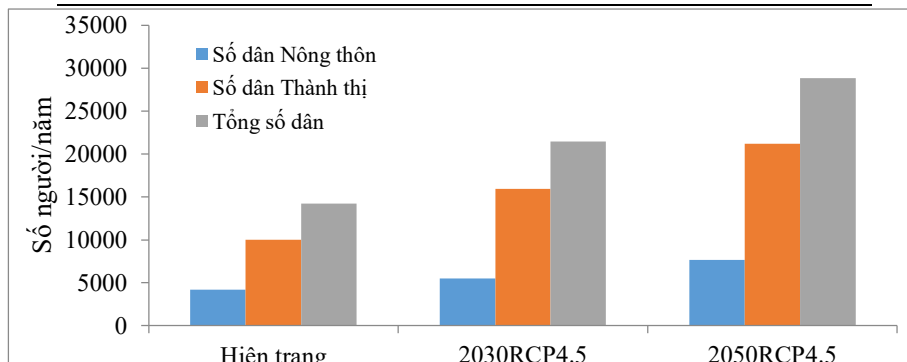


Hình 6. Số dân chịu rủi ro do lũ hiện trạng theo đơn vị hành chính.

Theo Kịch bản BĐKH, số dân chịu rủi ro tăng dần theo các năm. Năm 2030 RCP4.5 số dân chịu rủi ro tăng thêm 50% so với hiện trạng, năm 2050 RCP4.5 tăng thêm 102% so với hiện trạng (Bảng 6, Hình 11). Điều này do ảnh hưởng của mưa lũ và gia tăng dân số.

Bảng 6. Số dân chịu rủi ro do lũ các kịch bản (ĐVT: người/năm)

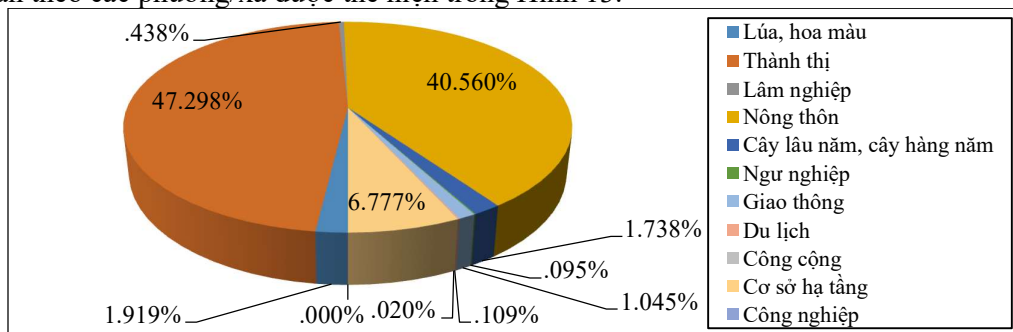
Kịch bản	Số dân Nông thôn	Số dân Thành thị	Tổng số dân
Hiện trạng	4.000	10.000	14.000
2030RCP4.5	5.500	16.000	21.500
2050RCP4.5	7.500	21.000	28.500



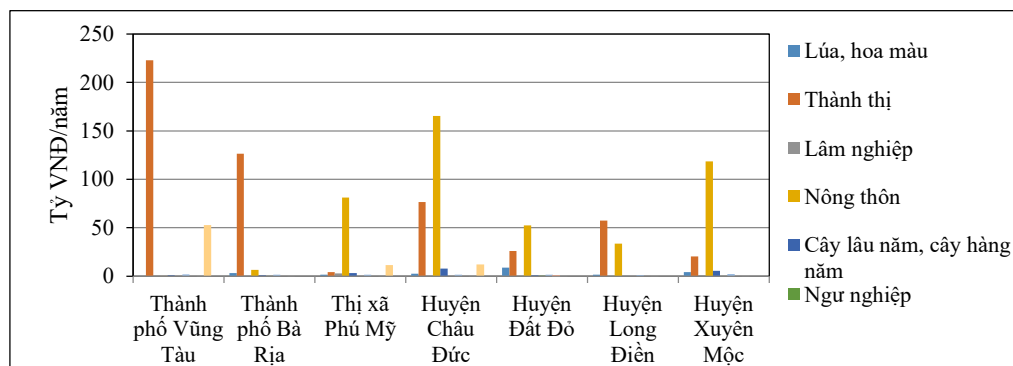
Hình 7. Số dân chịu rủi ro do lũ các nhóm kịch bản.

3.2. Đánh giá rủi ro ngập lụt định lượng theo các ngành, lĩnh vực

Rủi ro hiện trạng: Trong các nhóm sử dụng đất, thì rủi ro hàng năm đối với khu vực thành thị là lớn nhất, khoảng 534 tỷ VNĐ/năm, chiếm 47,3% tổng giá trị rủi ro, khu vực nông thôn cũng bị ảnh hưởng lớn, khoảng 458 tỷ VNĐ/năm, chiếm 40,56% tổng giá trị rủi ro, tiếp đến là hệ thống cơ sở hạ tầng ước khoảng 77 tỷ VNĐ/năm chiếm tỷ lệ tương ứng là 6,78%, các lĩnh vực còn lại đều ở mức trên dưới 2% (Hình 12). Rủi ro hàng năm cho các lĩnh vực sử dụng đất phân theo các phường/xã được thể hiện trong Hình 13.



Hình 8. Tỷ lệ các ngành/lĩnh vực chịu rủi ro do lũ hiện trạng.



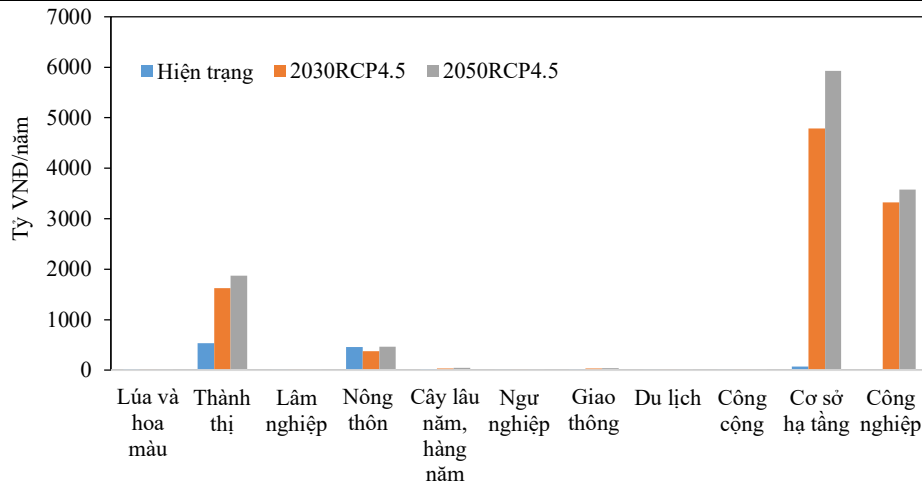
Hình 9. Giá trị rủi ro hiện trạng theo đơn vị hành chính.

Đối với kịch bản 2030 RCP4.5, tổng rủi ro của tỉnh khoảng 10.200 tỷ VNĐ/năm, trong đó chịu huyện Xuyên Mộc rủi ro lớn nhất, khoảng 3.223 tỷ VNĐ/năm, chiếm 31,63% tổng giá trị rủi ro. Tiếp đến là thành phố Vũng Tàu chiếm 21,28%, thị xã Phú Mỹ 19,44%, huyện Châu Đức 11,5%. Các thành phố/huyện còn lại đều ở mức dưới 10%. Đối với kịch bản 2050 RCP4.5, tổng rủi ro của tỉnh là 11.960 tỷ VNĐ/năm, trong đó chịu huyện Xuyên Mộc rủi ro lớn nhất, khoảng 4.062 tỷ VNĐ/năm, chiếm 33,97% tổng giá trị rủi ro. Tiếp đến là thành phố Vũng Tàu chiếm 19,08 %, thị xã Phú Mỹ 17,23%, huyện Châu Đức 11,78%. Các thành phố/huyện còn lại đều ở mức từ 10% trở xuống.

Do ảnh hưởng của mưa lũ và sự thay đổi sử dụng đất mà giá trị rủi ro tăng dần theo các nhóm năm, đồng thời có sự thay đổi giá trị rủi ro giữa các nhóm sử dụng đất với nhau và của đơn vị hành chính. Ở điều kiện hiện trạng, khu vực thành thị và nông thôn chịu rủi ro nhiều nhất, trong khi với các kịch bản tương lai thì khu vực cơ sở hạ tầng và công nghiệp chịu rủi ro lớn nhất. Đối với đơn vị hành chính, ở hiện trạng thành phố Vũng Tàu chịu rủi ro nhiều nhất, nhưng với các kịch bản tương lai thì huyện Xuyên Mộc lại là đơn vị cấp huyện chịu rủi ro nhiều nhất (Hình 14–18, Bảng 7–8).

Bảng 7. Giá trị rủi ro các nhóm kịch bản phân theo các ngành, lĩnh vực (ĐVT: tỷ VNĐ/năm).

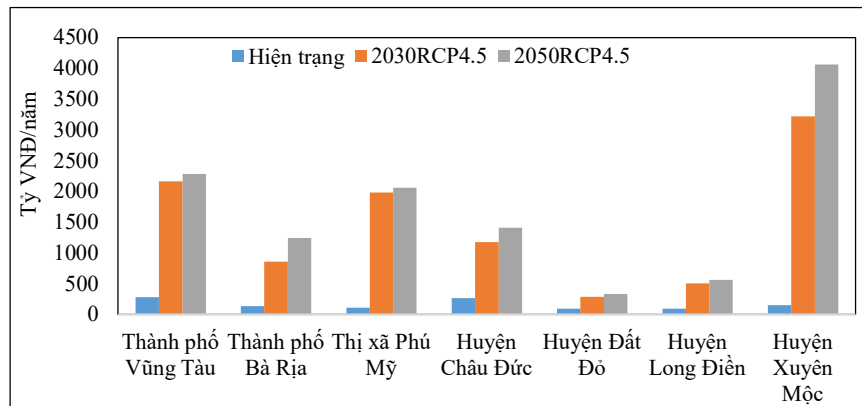
Kịch bản	Lúa và hoa màu	Thành thị	Lâm nghiệp	Nông thôn	Cây lâu năm, hàng năm	Ngư nghiệp	Giao thông	Du lịch	Công cộng	Cơ sở hạ tầng	Công nghiệp	Tổng
Hiện trạng	22	534	5	458	20	1	12	1	0,23	77	0,00	1.130
2030RCP4.5	0,07	1.626	6	377	32	5	30	1	0,15	4.790	3.323	10.200
2050RCP4.5	0,08	1.876	7	470	44	7	36	1	0,17	5.935	3.580	11.960



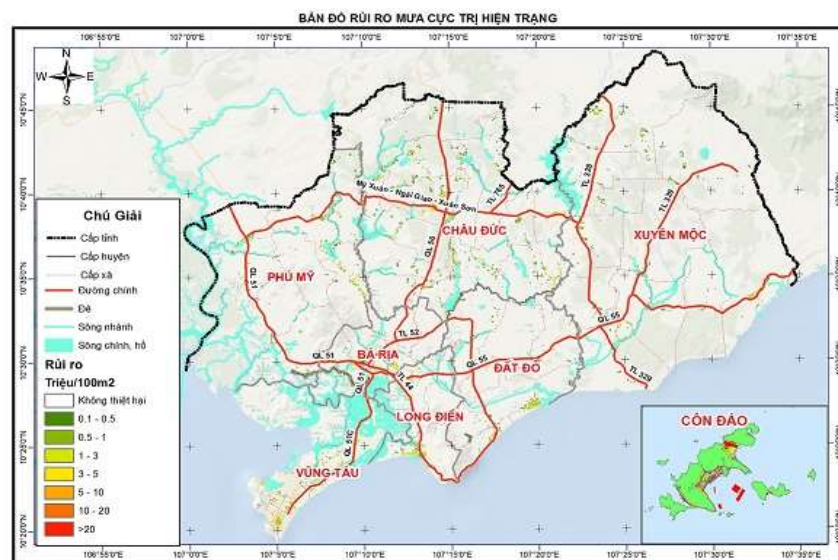
Hình 10. Giá trị rủi ro các nhóm kịch bản phân theo các ngành, lĩnh.

Bảng 8. Giá trị rủi ro các nhóm kịch bản phân theo đơn vị hành chính (ĐVT: tỷ VNĐ/năm).

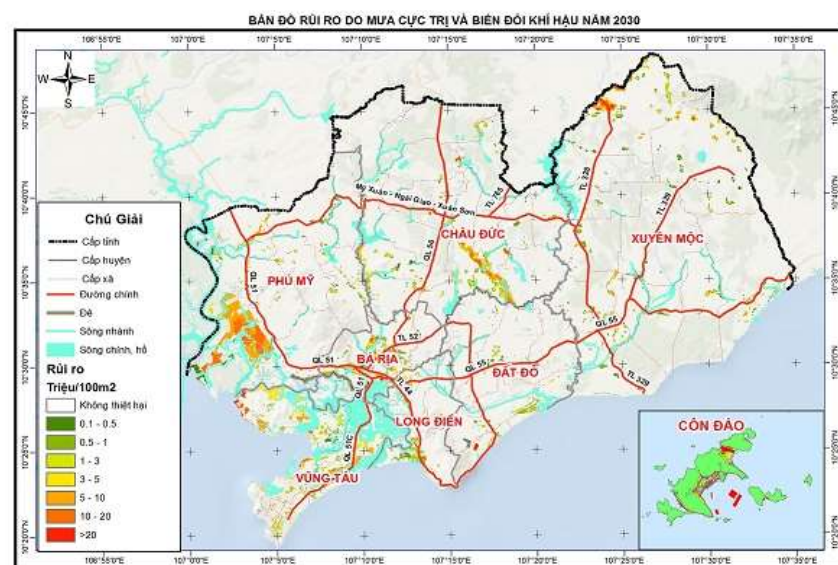
Kịch bản	Thành phố Vũng Tàu	Thành phố Bà Rịa	Thị xã Phú Mỹ	Huyện Châu Đức	Huyện Đất Đỏ	Huyện Long Điền	Huyện Xuyên Mộc	Tổng
Hiện trạng	280	140	106	266	92	94	153	1.130
2030RCP4.5	2.168	855	1.982	1.173	287	503	3.223	10.200
2050RCP4.5	2.281	1.243	2.060	1.410	335	565	4.062	11.960



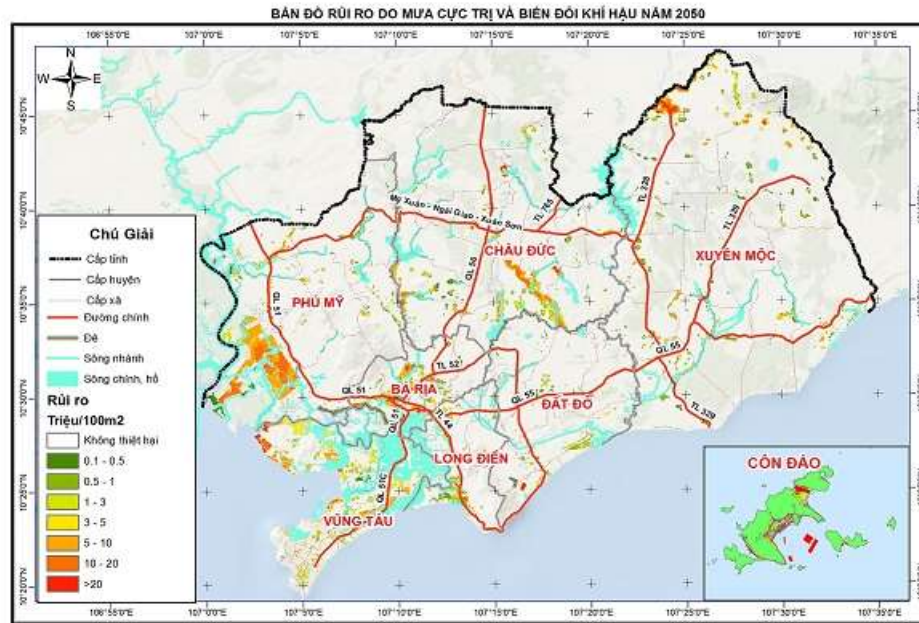
Hình 11. Giá trị rủi ro các nhóm kịch bản phân theo đơn vị hành chính.



Hình 12. Bản đồ rủi ro hiện trạng.



Hình 13. Bản đồ rủi ro kịch bản 2030 RCP4.5.



Hình 14. Bản đồ rủi ro kịch bản 2050 RCP4.5.

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã đánh giá rủi ro định lượng do ngập lụt áp dụng đối với tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu, đánh giá được một cách tổng thể tình hình rủi ro thiên tai lũ và dân số bị ảnh hưởng trong hiện tại và tương lai với các bước thời gian đến năm 2030, 2050 gắn với biến đổi khí hậu. Qua đó thấy được, do ảnh hưởng của mưa lũ và sự thay đổi sử dụng đất mà giá trị rủi ro tăng dần theo các nhóm năm, đồng thời có sự thay đổi giá trị rủi ro giữa các nhóm sử dụng đất với nhau và của đơn vị hành chính. Ở hiện trạng, khu vực thành thị và nông thôn chịu rủi ro nhiều nhất, các kịch bản tương lai thì khu vực cơ sở hạ tầng và công nghiệp chịu rủi ro nhiều nhất. Đối với đơn vị hành chính, ở hiện trạng thành phố Vũng Tàu chịu rủi ro nhiều nhất, đến các kịch bản tương lai huyện Xuyên Mộc chịu rủi ro nhiều nhất. Các đánh giá này sẽ giúp định hướng xác định các giải pháp phù hợp cho mỗi khu vực của tỉnh trước rủi ro do lũ lụt ngày càng gia tăng.

Trong khuôn khổ nghiên cứu này, tác giả sử dụng kịch bản BĐKH&NBD RCP 4.5 [15] được sử dụng cho tương lai với các mốc năm 2030, 2050 với sự thay đổi về lượng mưa. Trong các nghiên cứu tiếp theo sẽ sử dụng thêm kịch bản BĐKH được cập nhật mới để so sánh mức độ rủi ro từ đó thấy được bức tranh đầy đủ hơn.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu và phân công nhiệm vụ triển khai: N.K.N.A., T.N.A., L.N.Q., P.H.Q.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.K.N.A., T.N.A.; Tính toán kịch bản: N.K.N.A., N.T.B., L.T.A.H.; Viết bản thảo bài báo: N.K.N.A., T.N.A., N.T.B., L.T.A.H.; Chính sửa bài báo: T.N.A., L.N.Q., P.H.Q.T.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện tại Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội và Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ với sự tài trợ của nghiên cứu “Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến vấn đề ngập lụt, lập bản đồ phân vùng nguy cơ ngập lụt và xây dựng kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu trong vấn đề chống ngập tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu”.

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. Sơn, N.T. Đánh giá mức độ tổn thương về kinh tế – xã hội do lũ lụt trên một số lưu vực sông chính ở miền Trung trong bối cảnh biến đổi khí hậu và khai thác công trình thủy điện, thủy lợi, mã số BĐKH-19, 2015.
2. Văn, C.T.; Sơn, N.T. Nghiên cứu thiết lập phương pháp cơ bản đánh giá rủi ro lũ lụt ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2016**, 32(3S), 264–270.
3. Liên hợp quốc UNISDR, Sổ tay Thuật ngữ giảm nhẹ giảm nhẹ rủi ro thiên tai, 2019.
4. Luật số: 33/2013/QH13 ngày 19 tháng 6 năm 2013 Luật Phòng, chống thiên tai.
5. ADRC, Total diaster risk management - good practices, Asian Diaster Reduction Center, Kobe, Japan, 2005.
6. Hương, H.T.L.; Hiền, N.X.; Thủy, N.T.; Hằng, V.T.; Công, N.T. Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt khu vực Trung Trung Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 715, 13–26.
7. Varnes, D.J. The International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, United nations educational. Scientific and Cultural organization, 2008, ISBN:92-3-101895-7.
8. Apel, H.; Thielen, A. H.; Merz, B.; Blöschl, G. Flood risk assessment and associated uncertainty. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2004**, 4, 295–308.
9. Meyer, V.; Scheue, S.; Haase, D. A multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany. *Nat. Hazards* **2009**, 48, 17–39.
10. Kandiloti, G.; Makropoulos, C. Preliminary. Flood risk assessment: the case of Athens. *Nat. Hazards* **2012**, 61, 441–468.
11. Meyer, V.; Priest, S.; Kuhlicke, C. Economic evaluation of structural and non-structural flood risk management measures: examples from the Mulde River. *Nat. Hazards* **2012**, 62(2), 301–324.
12. Cát, V.M. Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt lưu vực sông Dinh. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 717, 1–10.
13. World Bank, Báo cáo Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với Thiên tai vùng Ven biển Việt Nam - Giai đoạn 2, 2019.
14. DVWK–Fachausschuss, Economic evaluation of flood protection effects: Working materials for the methodical approach, Bonn: German Association for Water Management and Cultivation, 1985.
15. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam, 2016.
16. DHI, MIKE FLOOD manual, 2014.
17. Cục Đo đạc, Bản đồ, Bản đồ địa hình 1: 10.000 khu vực Bà Rịa - Vũng Tàu.
18. Liên danh Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường - Công ty TNHH Tư vấn Trường đại học Thủy lợi - Công ty TNHH Tư vấn Tài nguyên nước và Môi trường Minh Long, Dự án Xây dựng kế hoạch phòng chống thiên tai cấp tỉnh gắn với quản lý lũ tổng hợp một số lưu vực sông khu vực Nam Trung Bộ và Tây Nguyên, 2020.
19. Joint Research Center - European Commission. Global flood depth–damage funtions, 2017.
20. Cục thống kê tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu. Niên giám thống kê tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu năm 2019, 2020.

Quantitative assessment of flood risks in Ba Ria–Vung Tau in the context of climate change

Nguyen Kim Ngoc Anh^{1*}, Tran Ngoc Anh^{1,2}, Nguyen Thanh Binh¹, Pham Ho Quoc Tuan³, Le Thi An Hai³, Le Ngoc Quyen³

¹ Center for Environmental Fluid Dynamics, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi; ngocanhnk@hus.edu.vn; tranngocanh@hus.edu.vn; binh.gis.cefd@hus.edu.vn

² Faculty of Hydrology, Meteorology and Oceanography, VNU University of Sciences, Vietnam National University, Hanoi; tranngocanh@hus.edu.vn

³ Hydrometeorological Station of the Southern Region; phamhoquoctuan@yahoo.com; lehai0013@gmail.com; Quyentccb@gmail.com.

Abstract: This paper presents the results of a quantitative risk assessment method applying to Ba Ria–Vung Tau province using: hazard maps (map of inundation depth for each scenarios), exposure data (land–use map, population, resident area) and various damage functions of different exposures. As the result the of assessment, it presents that the total population affected is about 1.4000 people/year. The total risk for industries and fields is about 1,130 billion VND/year in which the areas with the highest risk density per unit area of 776.8 million VND/km² are mainly concentrated in Vung Tau city. In the future, according to climate change scenarios to 2050, the total value of these economic risks will increase to 902% to 1058% and expand the affected area from about 86 km² to 120 km².

Keywords: Ba Ria–Vung Tau; Climate change; Flooding; Risk.