

ĐÁNH GIÁ HIỂM HỌA, TÍNH DỄ BỊ TỔN THƯƠNG VÀ RỦI RO DO XÂM NHẬP MẶN TRÊN KHU VỰC ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Lê Văn Tuấn, Vũ Văn Thăng, Trần Đình Trọng

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (IMHEN)

Ngày nhận bài: 28/01/2021; ngày chuyển phản biện: 29/01/2021; ngày chấp nhận đăng: 02/3/2021

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả đánh giá hiểm họa, tính dễ bị tổn thương và rủi ro do xâm nhập mặn cho khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), dựa trên cách tiếp cận đánh giá của Ủy ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC). Khoảng cách xâm nhập mặn lớn nhất của độ mặn 1‰ và 4‰ được sử dụng để tính toán hiểm họa. Dữ liệu về kinh tế - xã hội từ điều tra, khảo sát thực địa và niên giám thống kê được sử dụng để tính toán tính dễ bị tổn thương. Kết quả chỉ ra rằng hiểm họa, tính dễ bị tổn thương và rủi ro do xâm nhập mặn ở mức cao xuất hiện ở các tỉnh ven biển. Đặc biệt là các tỉnh như Kiên Giang, Cà Mau, Sóc Trăng và Trà Vinh.

Từ khóa: Xâm nhập mặn, hiểm họa, tính dễ bị tổn thương, rủi ro xâm nhập mặn, đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam.

1. Giới thiệu

Đánh giá rủi ro thiên tai là xác định mức độ thiệt hại mà thiên tai có thể gây ra về người, tài sản, môi trường và các hoạt động kinh tế - xã hội. Việc xem xét được hiểm họa thiên tai và thiệt hại của nó gây ra đòi hỏi nhiều loại thông tin và các phát hiện liên ngành, cùng với việc xây dựng kịch bản và mô phỏng, có thể được bổ sung bởi chuyên môn từ nhiều lĩnh vực khác nhau. Có thể thấy, đối phó với thiên tai tập trung vào ứng phó khẩn cấp, nếu thiên tai không phải là tự nhiên và nó chỉ có thể giảm thiểu bằng cách giảm các điều kiện hiểm họa, mức độ phơi bày và tính dễ bị tổn thương. Tuy nhiên, hiểm họa thì rất khó tác động trực tiếp, vì vậy chúng ta không thể giảm mức độ nghiêm trọng của các hiểm họa tự nhiên nên cơ hội chính để giảm rủi ro nằm ở việc giảm tính dễ bị tổn thương và mức độ phơi bày.

Đối với việc xác định rủi ro, một số nghiên cứu đánh giá dựa trên các thành phần như khả năng xảy ra, tác động của thiên tai, thiệt hại do thiên tai [10, 11, 18, 12]. Tuy nhiên, hiện nay hầu hết các nghiên cứu đánh giá rủi ro, đều

dựa trên cách tiếp cận của IPCC, rủi ro được xác định dựa trên hiểm họa, mức độ phơi bày và tính dễ bị tổn thương [9]. Trong đó, hiểm họa được xác định dựa trên các số liệu trong quá khứ và xu thế trong tương lai tùy thuộc vào bài toán đánh giá. Còn riêng đối với mức độ phơi bày và tính dễ bị tổn thương được xác định dựa trên bộ số liệu kinh tế - xã hội, điều tra khảo sát.

Việt Nam là một trong 5 quốc gia chịu ảnh hưởng lớn từ nước biển dâng, theo đó trong khoảng 50 năm qua, mực nước biển đã dâng thêm khoảng 20 cm [2]. Chính vì điều này, xâm nhập mặn có xu hướng gia tăng đáng kể, ảnh hưởng không nhỏ đến đời sống của người dân, đặc biệt là khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Đối với nghiên cứu về xâm nhập mặn, các nghiên cứu tập trung xem xét tác động của xâm nhập mặn với nước ngầm [13], hay việc sử dụng các mô hình, phàm mềm SURA, MIKE, SEAWAT, mô phỏng lại cơ chế vận chuyển dòng chảy của các tầng và sự phân bố nồng độ độ mặn [14, 15, 16]. Ngoài ra, một số ít các nghiên cứu xem xét tính dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn dựa trên sự nhạy cảm của tầng chứa nước, mối hiểm họa tiềm tàng của xâm nhập mặn và các tiêu chí về kinh tế - xã hội [17, 6].

Liên hệ tác giả: Lê Văn Tuấn
Email: tuanlvhp@gmail.com

Hầu hết các nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc tìm ra nguyên nhân, tác động đối với kinh tế - xã hội và đề xuất giải pháp, chưa có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về tổn thương và rủi ro do xâm nhập mặn, đặc biệt là khu vực tác động mạnh của xâm nhập mặn như đồng bằng sông Cửu Long.

Từ các phân tích trên, nghiên cứu đề xuất xây dựng bộ chỉ tiêu xác định rủi ro thông qua các yếu tố hiểm họa (H), mức độ phơi bày (E) và tính dễ bị tổn thương (V). Xây dựng bộ bản đồ rủi ro do xâm nhập mặn xảy ra trên khu vực ĐBSCL bằng phương pháp định lượng tiếp cận bộ chỉ thị.

2. Phương pháp và số liệu

2.1. Chỉ số hiểm họa (H)

Xâm nhập mặn thường xuyên xảy ra trên khu vực ĐBSCL, có thể xảy ra trên sông và trong tầng nước ngầm. Theo tiêu chuẩn Việt Nam 2008 và Quy chuẩn 01 của Bộ Y Tế, độ mặn cho phép đối với nước sinh hoạt 1‰ , độ mặn cho phép trong nước tưới nông nghiệp là 4‰ . Chính vì điều này, để xác định được mức độ hiểm họa của xâm nhập mặn, trong nghiên cứu sẽ lựa chọn hai tiêu chí xác định: (1) Khoảng cách lớn nhất xâm nhập vào sâu ứng với độ mặn 1‰ ; (2) Khoảng cách lớn nhất xâm nhập vào sâu ứng với độ mặn 4‰ . Hiểm họa được tính toán dựa trên bộ số liệu quan trắc từ báo cáo hiện trạng mặn từ năm 2015 - 2018 của Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam.

2.2. Mức độ phơi bày

Như phân tích ở trên, xâm nhập mặn chủ yếu ảnh hưởng đến nông nghiệp và nhu cầu sử dụng nước của con người. Đối với nông nghiệp được đại diện thông qua diện tích lúa, diện tích nuôi trồng thủy sản, số lượng chăn nuôi, diện tích cây ăn quả và diện tích hoa màu. Đối với nhu cầu sử dụng nước của con người đại diện là số lượng giếng khoan, nếu số lượng giếng khoan càng nhiều, mức độ ảnh hưởng của xâm nhập mặn càng lớn, dẫn đến nguồn nước sinh hoạt của người dân ảnh hưởng rất nhiều.

2.3. Chỉ số tổn thương (V)

Tính dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn là khác nhau đối với mỗi khu vực và các quốc gia

khác nhau. Ở các nước đang phát triển như Việt Nam, tính dễ bị tổn thương tạo nên mối đe dọa đối với sinh kế, hệ thống sản xuất và nền kinh tế. Ở các nền kinh tế phát triển, xâm nhập mặn gây ra rủi ro về chi phí kinh tế cho các cá nhân, doanh nghiệp, tổ chức thương mại và chính phủ. Do đó, cần lựa chọn các chỉ số tính dễ bị tổn thương có liên quan trực tiếp đến bối cảnh nghiên cứu địa phương và mối nguy cụ thể [8]. Chỉ số tổn thương do xâm nhập mặn nên tính đến tổng thể về điều kiện sinh thái, cơ sở hạ tầng, kinh tế, xã hội và quan trọng nhất vẫn là sản xuất, mặc dù không phải dễ dàng có thể định lượng hóa được các chỉ số này. Trong nghiên cứu này, dựa vào nguồn số liệu tính toán hiện có đã xây dựng được bộ chỉ số được chọn lọc có thể đại diện cho tính dễ bị tổn thương, với chỉ số tổn thương được xác định qua 2 thành phần độ nhạy và năng lực ứng phó. Độ nhạy được xác định dựa trên các tiêu chí như vị trí địa lý, nước ngầm, nông nghiệp và con người. Đối với năng lực ứng phó xác định dựa trên các tiêu chí giáo dục, kinh tế - xã hội, tự nhiên, sản xuất và phòng chống thiên tai (Bảng 1). Dữ liệu tính toán được khai thác từ niên giám thống kê năm 2018 và số liệu điều tra khảo sát tại các tỉnh trên khu vực ĐBSCL.

2.4. Chỉ số rủi ro (R)

Dựa trên tiếp cận xác định rủi ro của IPCC, chỉ số rủi ro được xác định dựa trên 3 yếu tố là hiểm họa (H), mức độ phơi bày (E) và tính dễ bị tổn thương (V):

$$R = (H * E * V)^{1/3}$$

Có thể thấy, rủi ro do xâm nhập mặn, dao động từ 0 - 1. Nếu H bằng 0 thì R cũng bằng 0.

Bản đồ hiểm họa, tính dễ bị tổn thương và rủi ro xâm nhập mặn của khu vực nghiên cứu được phân thành bốn lớp ứng với khoảng giá trị theo các ngưỡng phân vị bao gồm thấp ($> 25^{\text{th}}$), trung bình ($25^{\text{th}} - 50^{\text{th}}$), cao ($50^{\text{th}} - 75^{\text{th}}$), và rất cao ($> 75^{\text{th}}$).

2.5. Chuẩn hóa, trọng số, xác định chỉ thị thành phần

Để dễ dàng hơn trong việc tính toán các biến với các thứ nguyên khác nhau, cần đưa về cùng một thứ nguyên, bởi công thức chuẩn hóa của UNDP (2006) với hai hàm thuận (1) và nghịch

(2). Đối với trọng số của biến, chỉ thị, được xác định dựa trên phương pháp của Iyengar-Sudarshan (1982). Ngoài ra đối với các chỉ thị và thành phần (H, E, V) được xác định thông qua việc lấy trung bình trọng số của các chỉ thị (3).

$$X = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

Hàm quan hệ thuận

$$X = \frac{x_{max} - x}{x_{max} - x_{min}} \quad (2)$$

Hàm quan hệ nghịch

$$H = \sum_{i=1}^N H_i * w_i \quad (3)$$

Xác định thành phần, tiêu chí

Trong đó: X: Giá trị đã chuẩn hóa; x: Giá trị thực; x_{max} , x_{min} : Giá trị lớn, nhỏ nhất của chuỗi; H: Chỉ thị hay tiêu chí; H_i : Giá trị của chỉ thị thứ i; w_i : Trọng số tương ứng của chỉ thị i.

Bảng 1. Thành phần, chỉ thị và biến sử dụng để xác định rủi ro do xâm nhập mặn

Thành phần	Chỉ thị	W1	Biến	Đơn vị	W2
Hiểm họa (H)	Khoảng cách lớn nhất độ mặn 1‰ xảy ra			km	0,490
	Khoảng cách lớn nhất độ mặn 4‰ xảy ra			km	0,510
Mức độ phơi bày (E)	Nông nghiệp	0,852	Diện tích lúa	ha	0,073
			Diện tích NTTS	ha	0,080
			Số lượng chăn nuôi	con	0,075
			Diện tích cây ăn quả	ha	0,701
			Diện tích hoa màu	ha	0,071
	Cơ sở hạ tầng	0,148	Số lượng giếng	giếng	1
Tính dễ bị tổn thương (V)	Độ nhạy (S)	0,037	Khoảng cách đến bờ biển	m	0,445
			Cao trình trên mực nước biển	m	0,555
	0,49	0,898	Lưu lượng khai thác nước ngầm	m³/ngày	1
			Sản lượng lúa	tấn	0,321
	Nông nghiệp	0,040	Sản lượng hoa màu	tấn	0,331
			Sản lượng thủy sản	tấn	0,348
	Năng lực thích ứng (AC)	0,025	Con người	người	1,00
			Giáo dục	%	1
		0,202	Kinh tế - xã hội	triệu	1
			Thu nhập bình quân đầu người	triệu	1
		0,257	Số lượng công trình ngăn mặn	công trình	0,499
			Tổng dung tích các hồ chứa thủy lợi	tr m³	0,501
	0,51	0,191	Tự nhiên	mm	1
			Sản xuất	tạ/ha	1
		0,163	Năng suất lúa	tạ/ha	1

*W1 trọng số của chỉ thị, W2 là trọng số của biến, Khoảng cách lớn nhất độ mặn 1‰ xảy ra: Khoảng cách độ mặn 1‰ xâm nhập vào nội đồng.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiểm họa

Xâm nhập mặn ảnh hưởng đến khu vực ĐBSCL hầu như năm nào cũng xảy ra, đặc biệt xâm nhập mặn mùa khô năm 2015 - 2016 và mùa khô năm 2019 - 2020. Theo báo cáo của Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam, do lượng nước từ thượng lưu sông Mê Công về đồng bằng trong các năm gần đây là rất thấp, có lúc ở mức thấp kỷ lục, điều này dẫn đến xâm nhập mặn trong mùa khô là rất nghiêm trọng (đến sớm, kéo dài và xâm nhập vào sâu). Điều này dẫn đến nguồn nước, và chi phí sản xuất vụ mùa, sinh hoạt của người dân ảnh hưởng nghiêm trọng [1]. Các tỉnh giáp ranh với biển, cao trình thấp dễ bị ảnh hưởng của xâm nhập mặn như Kiên Giang, Cà Mau, Bến Tre, Bạc Liêu, Sóc Trăng (Hình 1).

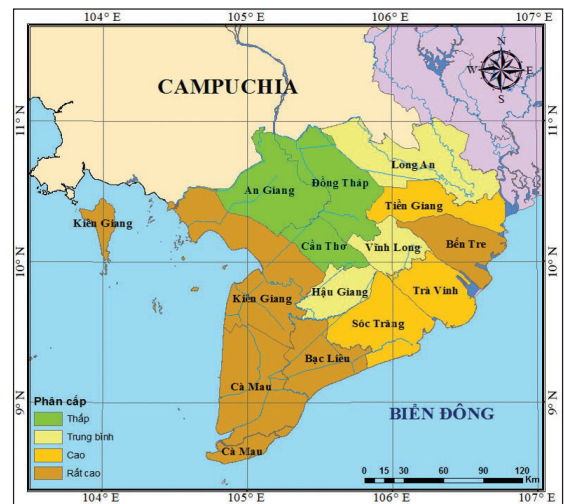


Hình 1. Sơ đồ hiện trạng xâm nhập mặn lớn nhất trên ĐBSCL đến ngày 17/3/2019 so cùng thời kỳ một số năm gần đây [1]

3.3. Tính dễ bị tổn thương

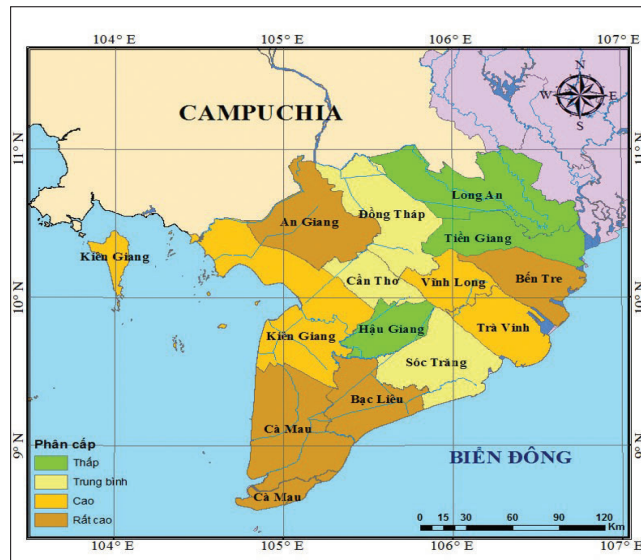
Hình 3 thể hiện kết quả phân cấp theo các ngưỡng thấp (màu xanh), trung bình (màu vàng), cao (màu cam) và rất cao (màu nâu) của tính dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn tại 13 tỉnh trên khu vực ĐBSCL. Kết quả thấy rằng, tính dễ bị tổn thương ở mức thấp nằm ở các tỉnh như Long An, Tiền Giang, ở đây mức độ phơi

Ở ĐBSCL, An Giang, Đồng Tháp, Cần Thơ là các tỉnh ít chịu ảnh hưởng của xâm nhập mặn, nên hiểm họa trên khu vực là rất thấp. Bên cạnh đó Hậu Giang, Vĩnh Long, Long An có hiểm họa ở mức trung bình, đây là các tỉnh có khoảng cách lớn nhất độ mặn 1‰ xảy ra là 40 - 50 km; khoảng cách lớn nhất độ mặn 4‰ xảy ra là 10 - 20 km. Đặc biệt, 7 trên 13 tỉnh có hiểm họa ở mức cao và rất cao, trong đó hiểm họa cao xuất hiện ở các tỉnh Tiền Giang, Trà Vinh và Sóc Trăng, hiểm họa ở mức rất cao xuất hiện ở Kiên Giang, Cà Mau, Bạc Liêu và Bến Tre. Hầu hết các tỉnh ở mức hai mức này xâm nhập mặn 1‰ bao trùm toàn bộ khu vực, tác động lớn đến nguồn nước sinh hoạt của người dân trên toàn tỉnh; độ mặn 4‰ cũng mở rộng và lấn sâu hơn vào phần lớn diện tích của các tỉnh. Đặc biệt Cà Mau 100% diện tích của tỉnh chịu ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn với độ mặn cao (Hình 2).



Hình 2. Bản đồ hiểm họa do xâm nhập mặn trên khu vực ĐBSCL

bày trước hiểm họa thấp, bên cạnh đó năng lực thích ứng và phục hồi đều tương đối cao. Đối với mức trung bình xuất hiện tại 3 trên 13 tỉnh bao gồm Đồng Tháp, Cần Thơ và Sóc Trăng. Giống với tính dễ bị tổn thương ở mức trung bình, ở mức cao, xuất hiện tại 3 trên 13 tỉnh như Kiên Giang, Vĩnh Long và Trà Vinh. Đặc biệt, An Giang, Bến Tre, Cà Mau, Bạc Liêu là các tỉnh có tính dễ bị tổn thương rất cao.



Hình 3. Bản đồ tính dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn trên khu vực ĐBSCL

Có thể thấy rằng, về mặt phân bố không gian, hầu hết các tỉnh có tính dễ bị tổn thương cao hầu hết nằm ở các tỉnh có nền kinh tế chủ đạo nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản. Một đặc điểm khác, các tỉnh có tính dễ tổn thương cao đều là các tỉnh giáp biển với đường bờ biển dài (Cà Mau, Bạc Liêu, Bến Tre).

3.4. Rủi ro

Ở Đồng bằng sông Cửu Long các tỉnh Đồng Tháp, An Giang, Cần Thơ ít chịu hoặc không chịu ảnh hưởng nhiều của xâm nhập mặn, do các tỉnh không giáp biển, khả năng xâm nhập mặn tác động và ảnh hưởng là thấp. Rủi ro do xâm nhập mặn ở mức trung bình xuất hiện tại 3 tỉnh Long

An, Hậu Giang và Vĩnh Long, đây đều là các tỉnh không giáp biển tuy nhiên xâm nhập mặn lấn sâu, cũng đã ảnh hưởng đến khu vực này nhưng mức độ ảnh hưởng không cao, chủ yếu ảnh hưởng đến nguồn nước sinh hoạt của người dân. Đối với mức rủi ro cao, xuất hiện tại các tỉnh có mức độ hiểm họa cao như Tiền Giang, Bạc Liêu và Bến Tre, đây đều là các tỉnh tiếp giáp với biển, tính dễ tổn thương cao. Đặc biệt, rủi ro ở mức rất cao xuất hiện ở các tỉnh như Cà Mau, Kiên Giang, Sóc Trăng, Trà Vinh, phần lớn các tỉnh này đều có đường bờ biển dài, mức độ hiểm họa cao, bên cạnh đó với nền kinh tế chủ yếu là nông nghiệp, khả năng ứng phó và phục hồi trước xâm nhập mặn là thấp (Bảng 2, Hình 4).



Hình 4. Bản đồ rủi ro do xâm nhập mặn tại các tỉnh khu vực ĐBSCL

Bảng 2. Giá trị tính toán chuẩn hóa của từng tiêu chí và phân cấp ứng với giá trị rủi ro tại các tỉnh trên khu vực ĐBSCL

STT	Tỉnh	H	phân cấp	E	phân cấp	V	phân cấp	R	phân vị rủi ro	phân cấp
1	Cần Thơ	0,06	T	0,07	T	0,40	TB	0,118	0,21(25 th)	T
2	An Giang	0,00	T	0,13	TB	0,47	RC	0,000	0,28(50 th)	T
3	Bạc Liêu	0,60	RC	0,14	TB	0,44	RC	0,334	0,35(75 th)	C
4	Bến Tre	0,58	RC	0,08	T	0,50	RC	0,281		C
5	Long An	0,38	TB	0,10	T	0,27	T	0,215		TB
6	Cà Mau	1,00	RC	0,24	RC	0,51	RC	0,492		RC
7	Sóc Trăng	0,56	C	0,24	RC	0,38	TB	0,371		RC
8	Hậu Giang	0,26	TB	0,12	T	0,31	T	0,210		TB
9	Trà Vinh	0,55	C	0,19	C	0,41	C	0,351		RC
10	Đồng Tháp	0,00	T	0,12	TB	0,36	TB	0,000		T
11	Vĩnh Long	0,28	TB	0,15	C	0,40	C	0,256		TB
12	Kiên Giang	0,561	RC	0,18	C	0,43	C	0,351		RC
13	Tiền Giang	0,51	C	0,23	RC	0,31	T	0,329		C

4. Kết luận

Xâm nhập mặn là thiên tai lớn ảnh hưởng không nhỏ đến đời sống và sản xuất của người dân trên khu vực ĐBSCL. Dựa trên việc tiếp cận đánh giá rủi ro của IPCC, đánh giá thông qua ba thành phần là hiểm họa, phơi bày và tính dễ bị tổn thương. Kết quả cho thấy, hiểm họa là nhân tố chính hình thành nên rủi ro, nếu hiểm họa lớn, thì rủi ro sẽ lớn. Cụ thể, trên khu vực ĐBSCL hiểm họa và rủi ro cao xuất hiện chủ yếu các tỉnh ven biển như Kiên Giang, Cà Mau, Bến Tre, Bạc Liêu, Sóc Trăng và Trà Vinh. Mặt khác, tính dễ bị tổn thương cao tập trung ở một số tỉnh như Cà Mau, An Giang, Bạc Liêu, Kiên Giang, Bến

Tre. Ngược lại, một số tỉnh ít chịu ảnh hưởng của xâm nhập mặn như An Giang, Đồng Tháp và Cần Thơ.

Mặc dù kết quả đánh giá rủi ro cho xâm nhập mặn trong nghiên cứu này có tính phù hợp so với số liệu thực tế, nhưng đây chỉ là kết quả bước đầu. Việc lựa chọn bộ chỉ tiêu, phương pháp xác định trọng số còn nhiều hạn chế, nên cần có nhiều nghiên cứu sâu hơn để hoàn thiện được các tiêu chí cũng như việc xác định trọng số trong việc tính toán, nhằm đạt được kết quả cao hơn trong việc đánh giá rủi ro thiên tai nói chung và xâm nhập mặn nói riêng trên khu vực.

Lời cảm ơn: Bài báo được kế thừa từ kết quả đề tài cấp bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học xác định cấp độ rủi ro hạn hán và xâm nhập mặn, áp dụng thử nghiệm cho khu vực Nam Bộ”, mã số TNMT.2017.05.06. Tác giả cảm ơn nhóm nghiên cứu thuộc Trung tâm Nghiên cứu Khí tượng - Khí hậu Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu đã giúp đỡ và góp phần hoàn thiện bài báo.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu Tiếng Việt

- Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam (SIWRR), (2019), *Báo cáo tổng hợp tình hình hạn hán, xâm nhập mặn khu vực Miền Nam 2019 - 2020*.
- Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (2016), *“Kịch bản biến đổi khí hậu và nước*

biển dâng cho Việt Nam”, tr 29-30.

3. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (2016), *“Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam”*, bộ bản đồ nền khu vực Nam Bộ.
4. Tổng cục thống kê (2018), *Niên giám thống kê từ năm 2018*.
5. Trung tâm dữ liệu Khí tượng thủy văn, *bộ số liệu quan trắc trạm cập nhật đến năm 2018*.

Tài liệu Tiếng Anh

6. Nguyen, V. D., Vu, T. T., & Nguyen, M. D. (2019, September), *Development the Criteria for Saline Intrusion Vulnerability Assessment and Application for Downstream of Red - Thai Binh River Basin, Vietnam*, In International Conference on Asian and Pacific Coasts (pp. 1335-1342). Springer, Singapore.
7. Iyengar, N. S., & Sudarshan, P. (1982), *A method of classifying regions from multivariate data*. Economic and political weekly, 2047-2052.
8. UNDP (United Nations Development Program), 2006, *Human development reports*, <http://www.hrd.undp.org/en/>(accessed Dec. 12, 2012).
9. IPCC (2012), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge University Press, Cambridge.
10. Stenchion, P. (1997). "Development and disaster management", *Australian Journal of Emergency Management*, The, 12(3), 40.
11. Blong, R. (1996) "Volcanic Hazards Risk Assessment", pp. 675-698 in R. Scarpa and R.I. Tilling (eds.), 1996, *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
12. Granger, K., T. Jones, M. Leiba, and G. Scott. (1999), *Community Risk in Cairns: A Multi-hazard Risk Assessment*. AGSO (Australian Geological Survey Organisation) Cities Project, Department of Industry, Science and Resources, Australia.
13. Eriksson, M., Ebert, K., & Jarsjö, J. (2018). "Well Salinization Risk and Effects of Baltic Sea Level Rise on the Groundwater-Dependent Island of Öland, Sweden". *Water*, 10(2), 141.
14. Oki .D.S (1998). *“Geohydrology of the central Oahu, Hawaii, ground - water flow system and numerical simulation of the effects of additional pumping”*, Water-Resources Investigations Report 97-4276, U.S. Geological Survey, 133pp.
15. Voss.a. Koch M (2001), *“2D and 3D numerical benchmark test of saltwater upconing with applications to formation - water aquifer”*, First International Conference on saltwater Intrusion and Coastal Aquifers - monitoring Modeling and Management Essaouira Morocco, April 23-25, 2001, pp1-4.
16. Phacharasak Arlai (2007), *“Numerical Modeling of Possible Saltwater Intrusion Mechanisms in the Multiple Layer Coastal Aquifer System of the Gulf of Thailand”*, Kassel university press GmbH, 2007-147pp
17. Klassen, J., Allen, D.M. (2017), "Assessing the Risk of Saltwater Intrusion in Coastal Aquifers", *Journal of Hydrology*, Vol 551, 730-745.
18. Smith, K. (1996), *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*, 2nd ed. Routledge, London/U.S.A./Canada.

ASSESSMENTS OF HAZARD, VULNERABILITY, AND RISK OF SALINE INTRUSION IN THE MEKONG RIVER DELTA

Le Van Tuan, Vu Van Thang, Tran Dinh Trong

Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change (IMHEN)

Received: 28/01/2021; Accepted: 02/3/2021

Abstract: *This paper presents the results of the hazard, vulnerability, and risk assessment of saline intrusion in the Mekong River Delta based on the commission's assessment approach of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Maximum salinity intrusion distance of salinity 1‰ và 4‰ was used to calculate the saline intrusion hazard. Socio-economic data collected from field surveys, and statistical yearbooks were used to calculate saline intrusion exposure and saline intrusion vulnerability. The results indicate that the high levels of hazard, vulnerability, and risks from saline intrusion occur in coastal provinces, especially Kien Giang, Ca Mau, Soc Trang, and Tra Vinh Provinces.*

Keywords: *saline intrusion, hazard, expouse, vulnerability, saline intrusion risk, Mekong River Delta, Viet Nam.*