XÂY DỰNG CÔNG CỤ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA XÂM NHẬP MẶN ĐẾN KINH TẾ - XÃ HỘI VÀ ÁP DỤNG TÍNH THỬ NGHIỆM CHO ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Trần Ngọc Anh[(1)], Nguyễn Thanh Bình[(1)], Nguyễn Bách Tùng[(1)], Đặng Đình Đức[(1)], Nguyễn Đức Hạnh[(1)], Nguyễn Hữu Dư[(2)]
[(1)]Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội
[(2)]Viện nghiên cứu cao cấp về Toán

Ngày nhận bài: 26/11/2020; ngày chuyển phản biện: 27/11/2020; ngày chấp nhận đăng: 28/12/2020

Tóm tắt: *Hiện nay, các nghiên cứu đánh giá thiệt hại do xâm nhập mặn còn rất hạn chế, chưa định lượng. Các thống kê về thiệt hại được thực hiện sau khi sự kiện mặn đã xảy ra, do đó không mang nhiều ý nghĩa trong công tác ứng phó, phòng chống. Nghiên cứu này đề xuất một phương pháp đánh giá (ước tính) thiệt hại về xâm nhập mặn đến con người, kinh tế xã hội và xây dựng một công cụ đánh giá ảnh hưởng với giao diện trực quan, sinh động. Công cụ này đã được áp dụng tính toán cho Đồng bằng sông Cửu Long với sự kiện xâm nhập mặn năm 2016 với kết quả tính toán ước tính thiệt hại đối với ngành nuôi trồng thủy sản khoảng 16.875 tỷ VNĐ, ước tính thiệt hại đối với nông nghiệp khoảng 21.655 tỷ VNĐ. Một số tỉnh chịu ảnh hưởng lớn của xâm nhập mặn như tỉnh Cà Mau, Bạc Liêu, Kiên Giang, Sóc Trăng, Bến Tre. Trong thực tế, khi có bản đồ dự báo xâm nhập mặn, công cụ này sẽ cho phép người dùng dự báo ngay lập tức mức độ thiệt hại tương ứng, trong đó chỉ rõ đối tượng, khu vực, phạm vi, mức độ ảnh hưởng trực quan trên bản đồ. Thông tin này rất hữu ích để các cơ quan địa phương có các biện pháp phòng chống, ứng phó.*

Từ khóa: *Xâm nhập mặn, Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), thiệt hại, công cụ đánh giá thiệt hại.*

1. Mở đầu

Hiện nay, phương pháp đánh giá thiệt hại được định lượng (quy đổi bằng tiền) đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu. Phương pháp đánh giá định lượng thiệt hại được phát triển từ những năm đầu thế kỷ 21 với sự hỗ trợ của công nghệ GIS. Một số nghiên cứu đánh giá thiệt hại và rủi do lũ của HAZUS [14] và Ủy hội sông Mê Kông trong chương trình FMMC2 [15], trong đó mức độ thiệt hại về kinh tế do thiên tai nói chung, lũ lụt nói riêng được tính toán dựa trên về mức độ hiểm họa, giá trị kinh tế của đối tượng được đánh giá và tỷ lệ thiệt hại của đối tượng đó trước hiểm họa (đường cong thiệt hại). Ngoài nghiên cứu định lượng theo phương pháp định lượng bằng công cụ còn có nghiên cứu về định lượng dựa vào cộng đồng. Phương pháp đánh giá dựa vào cộng đồng (methodsof community-based assessment) đã thu thập dữ liệu định lượng và định tính thông qua điều tra hộ gia đình và tổ chức các cuộc thảo luận nhóm, phỏng vấn những người có kinh nghiệm về tác động của BĐKH. Một số nghiên cứu đã được thực hiện tại một số quốc gia dễ bị tổn thương trước tác động của biến đổi khí hậu như Bangladesh, Bhutan, Burkina Faso, Ethiopia, the Gambia, Kenya, Micronesia, Mozambique và Nepal để xác định mức độ tổn thất và thiệt hại của các hộ gia đình dựa trên sự tương tác giữa biến đổi khí hậu với các yếu tố như sinh kế, sức khỏe, tài sản xã hội, vật chất [16].

Tại Việt Nam, có một số nghiên cứu khác để tính toán thiệt hại do lũ như Đánh giá rủi ro do lũ lụt lưu vực sông Dinh [1], nghiên cứu thiết lập phương pháp cơ bản đánh giá rủi ro lũ lụt ở đồng bằng sông Cửu Long [7]. Bên cạnh đó, đã có nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến nông nghiệp và đã chỉ ra các khu vực bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn dựa theo

Liên hệ tác giả: Trần Ngọc Anh
Email: tranngocanh@hus.edu.vn

kết quả điều tra thực địa và sử dụng công cụ GIS theo nghiên cứu của Nguyễn Quốc Hậu, Cao Thảo Quyên, Võ Thanh Phong, Lê Văn Khoa và Võ Quang Minh năm 2017 [4]. Theo đó, các nghiên cứu hiện nay tập trung nhiều vào nghiên cứu đánh giá rủi ro/thiệt hại do lũ, ít có nghiên cứu và công cụ quan tâm đến đánh giá thiệt hại và rủi ro do xâm nhập mặn. Mặt khác, các đánh giá này chưa cho phép ước đoán giá trị thiệt hại về kinh tế của hiểm họa trong tương lai. Trong khi đó, thông tin này rất cần thiết để các cơ quan chức năng có phương án ứng phó kịp thời. Do đó, bài báo đã xây dựng một bộ công cụ đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn định lượng đến kinh tế - xã hội. Trước mắt tập trung ước tính số người bị ảnh hưởng và thiệt hại trực tiếp về kinh tế đối với các ngành sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản trước một sự kiện xâm nhập mặn.

2. Phương pháp và dữ liệu xây dựng công cụ đánh giá thiệt hại

2.1. Phương pháp tính toán

Trong bài báo này đã sử dụng 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 xâm nhập mặn:

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

Trong đó $D_{max,i}$ là thiệt hại lớn nhất với 1 loại hình sử dụng đất; *i* là loại sử dụng đất (Độ phơi lộ); *r* là vị trí trong khu vực bị xâm nhập mặn; *m* là số loại sử dụng đất; *n* là số vị trí bị xâm nhập mặn (hiểm họa); $\alpha_i(h_r)$ là độ mặn tại một vị trí cụ thể, Hàm thiệt hại cho loại i là một hàm của giá trị mặn tại một vị trí r cụ thể ($0 \le \alpha_i(h_r) \le 1$); và n_r, *r* là số đối tượng của loại thiệt hại $_i$ tại vị trí *r*.

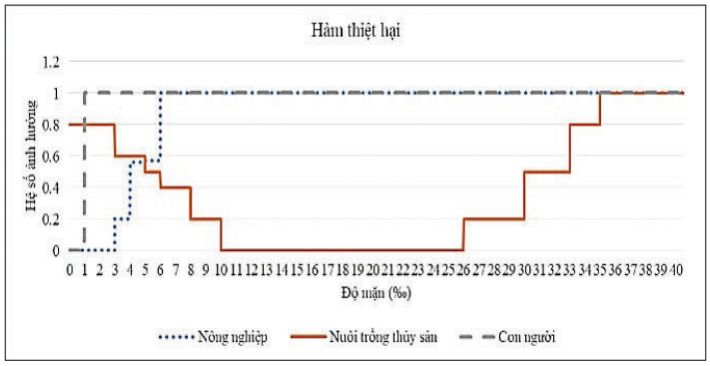
Cách xác định độ phơi lộ: Độ lộ diện bao gồm các yếu tố như: Bản đồ tự nhiên; Bản đồ sử dụng đất; Dân số, tỷ lệ dân cư nông thôn, thành thị, dân tộc thiểu số, phong tục, tập quán, tỷ lệ ngành nghề sản xuất.

Xây dựng bản đồ độ phơi lộ là sử dụng bản đồ sử dụng đất được xây dựng bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành 5 năm cập nhật 1 lần. Dữ liệu về sử dụng đất được số hóa về dạng GeoTiff hoặc ASCII.

Cách xác định hiểm họa: Dựa trên các kết quả tính toán xâm nhập mặn và kết hợp với điều tra thực tế để xác định ranh giới mặn của khu vực. Từ kết quả điểm mặn, sử dụng công cụ GIS để số hóa và nội suy thành vùng mặn và thành lập bản đồ xâm nhập mặn (bản đồ hiểm họa) thành dạng GeoTiff hoặc ASCII.

Cách xác định hàm thiệt hại: Hàm thiệt hại là phản ánh mức độ ảnh hưởng của xâm nhập mặn tới các đối tượng lộ diện (sử dụng đất như: Đất nông nghiệp, đất thủy sản, đất ở, đất du lịch, đất công nghiệp,… Dựa trên mức độ đó sẽ xây dựng đường cong thiệt hại cho từng đối tượng lô diện. Một số ví dụ được nêu trong nghiên cứu này như lúa và nuôi trồng thủy sản, đất ở.

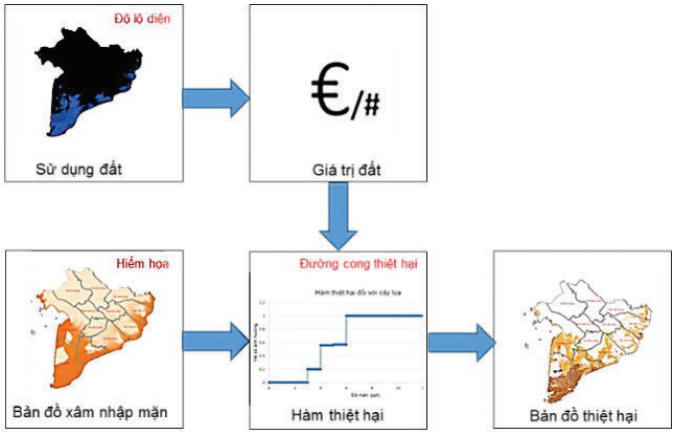
Đối với cây lúa, nước mặn từ 3‰ đã làm giảm chiều cao cây lúa, số chồi lúa, số hạt chắc trên bông, khối lượng 1.000 hạt và năng suất lúa. Năng suất lúa giảm 20,0; 57,3 và 56,6% tương ứng với nồng độ mặn của nước tưới 3, 4 và 5‰ [6]. Đối với thủy sản, dựa trên kết quả điều tra thực tế tại Sở Nông nghiệp, chi cục thủy lợi, khu vực nuôi thủy sản tại một số tỉnh thuộc đồng bằng sông Cửu Long cho thấy, ở những nơi nước ngọt có độ mặn nhỏ hơn 4‰ nên tiến hành nuôi những loài như: Cá mè lúi, mè hôi, cá hô. Những khu vực có độ mặn 5 - 10‰ có thể nuôi được một số loài như: Cá chẽm, rô phi, cá nâu, sặc rằn, rô đồng, cá lóc, cá tra, tai tượng,… (những loài cá này trừ cá chẽm, cá nâu có thể sống trong môi trường nước có độ mặn cao hơn 10‰ nhưng sinh trưởng rất chậm, vì vậy chỉ nên nuôi chúng trong môi trường có độ mặn thấp hơn 9‰. Trong thủy vực có độ mặn từ 10 - 25‰ là môi trường thích hợp nuôi tôm sú, tôm thẻ chân trắng. Đối với những thủy vực có độ mặn cao hơn 20‰ có thể quy hoạch thả nuôi cá mú, cá giò, tôm sú,… [3]. Đối với con người, dựa trên các kết quả điều tra đánh giá mức độ ảnh hưởng của con người được giải thiết ở mức độ mặn 1‰, các đường cong thiệt hại đối với các ngành được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Minh họa đường cong thiệt hại (hàm thiệt hại)

Cách xác định giá trị kinh tế lớn nhất của đối tượng cần đánh giá thiệt hại: Giá trị đất thể hiện giá trị sinh lợi nhuận của 1 đơn vị diện tích đất. Ví dụ như đối với 1 ha diện tích đất nông nghiệp sẽ đem lại lợi nhuận là 1.749 USD/ha. Theo báo cáo: *"Báo cáo dự án Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với Thiên tai vùng Ven biển Việt Nam - Giai đoạn 2"* công bố giá trị của 12 loại đất. Dựa trên các nghiên cứu trước đây và điều tra thực tế có thể xây dựng được bảng giá trị đất cho từng vùng nghiên cứu.

Dựa trên công thức tính toán trên và kết hợp công cụ GIS để chồng các lớp sử dụng đất lên bản đồ xâm nhập mặn xác định ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến lớp sử dụng đất, kết hợp với đường cong thiệt hại và giá trị đất để tính toán thiệt hại do xâm nhập mặn gây ra (Hình 2).



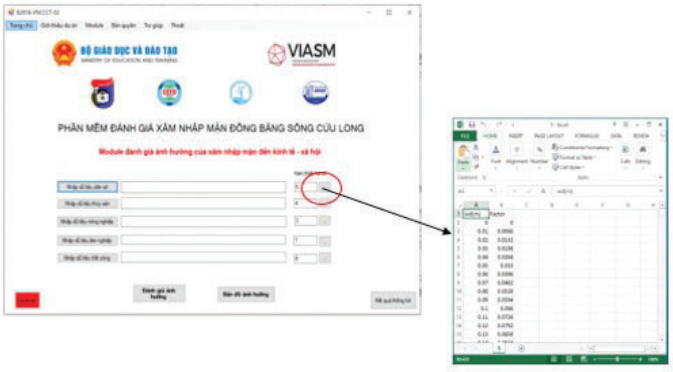
Hình 2. Sơ đồ đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến kinh tế - xã hội

2.2. Xây dựng công cụ đánh giá thiệt hại

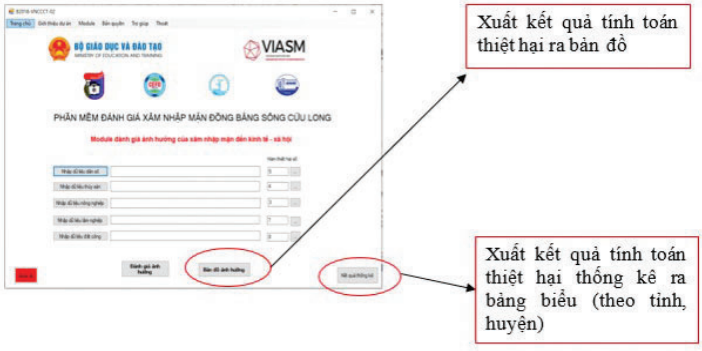
Dựa trên phương pháp đánh giá thiệt hại được trình bày. Bài báo đã xây dựng công cụ đánh giá thiệt hại trên nền tảng của ngôn ngữ Visual Bassic kết hợp với công cụ ArcGis. Bộ công cụ này cho phép đưa các dữ liệu xâm nhập mặn vào để tính toán ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến các ngành kinh tế - xã hội. Công cụ cho phép cập nhật các dữ liệu về xâm nhập mặn, dữ liệu sử dụng đất, dữ liệu về đường cong thiệt hại (hàm thiệt hại). Cho phép trình bày các kết quả tính toán dưới dạng bản đồ và bảng biểu (Hình 3, 4, 5).

Lựa chọn hàm đánh giá thiệt hại: Hàm thiệt hại được xây dựng 1 bộ để đánh giá đối với các ngành kinh tế, tuy nhiên có thể được hiệu chỉnh.

Hình 3. Giao diện phần mềm đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn



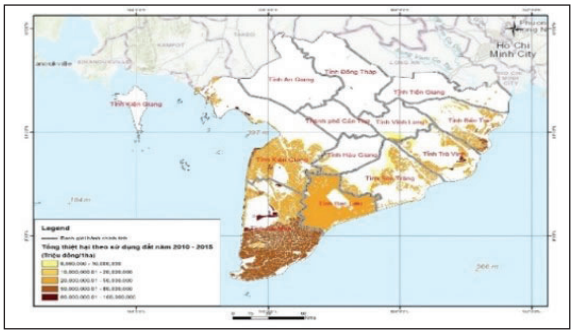
Hình 4. Lựa chọn và cập nhật hàm đánh giá thiệt hại



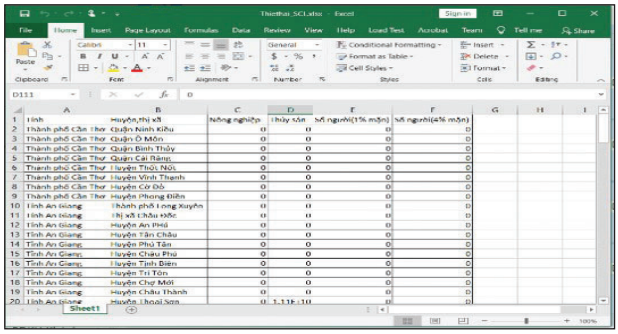
Hình 5. Tính toán thiệt hại do xâm nhập mặn và xuất kết quả

Xuất kết quả tính toán thiệt hại ra bản đồ

Bản đồ hiện ra người dùng có thể tắt bật hiển thị lớp bản đồ, phóng to thu nhỏ bản đồ, xem thông tin đối tượng trên bản đồ với các nút trên thanh công cụ Toolbar và ở cây thư mục lớp bản đồ. Kết quả thể hiện dưới dạng bảng biểu được cụ thể hóa trong file Exel với kết quả thống kê thiệt hại do xâm nhập mặn của các lĩnh vực theo đơn vị hành chính (Hình 6, 7).



Hình 6. Bản đồ kết quả tính toán ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến kinh tế - xã hội



Hình 7. Xuất kết quả tính toán thiệt hại thống kê ra bảng biểu

3. Ứng dụng bộ công cụ đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến kinh tế - xã hội của Đồng bằng sông Cửu Long

Các bước để đánh giá tác động (thiệt hại) của xâm nhập mặn đến các ngành kinh tế xã hội cần thực hiện như sau:

Bước 1: Thu thập dữ liệu, xử lí các dữ liệu (bản đồ xâm nhập mặn, bản đồ sử dụng đất, hàm thiệt hại, niên giám,…);

Bước 2: Xây dựng dữ liệu hiểm họa;

Bước 3: Xây dựng dữ liệu độ lộ diện;

Bước 4: Xây dựng/hiệu chỉnh đường cong thiệt hại;

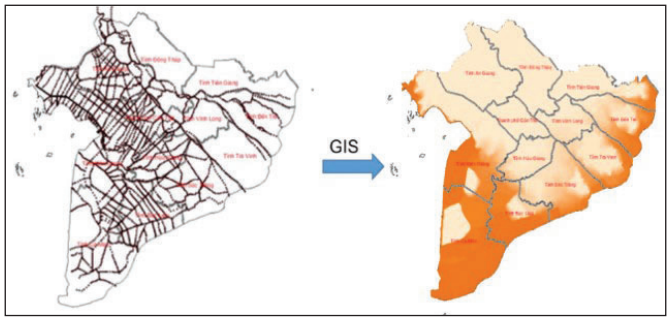
Bước 5: Tính toán thiệt hại đối với các vấn đề kinh tế - xã hội;

Bước 6: Tổng hợp kết quả và trình bày kết quả (bản đồ, bảng thống kê).

3.1. Dữ liệu đầu vào

* Xây dựng bản đồ hiểm họa

Dựa trên các kết quả tính toán mô phong lan truyền mặn được kế thừa từ đề tài: "*Xây dựng mô hình toán học tích hợp và phần mềm đánh giá xâm nhập mặn vùng Đồng bằng sông Cửu Long"* và dựa trên số liệu khảo sát thực tế đã xác định được các vùng mặn trên đồng bằng sông Cửu Long dưới dạng các điểm mặn (Hình 8).



Hình 8. Minh họa xây dựng bản đồ hiểm họa (xâm nhập mặn)

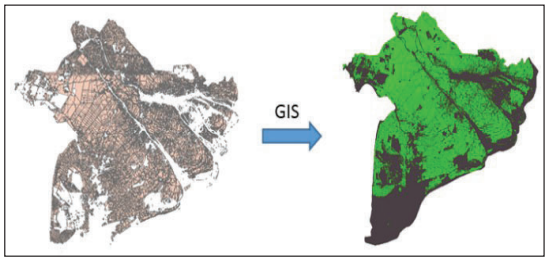
* Xây dựng bản đồ độ phơi lộ

Theo niên giám thống kê, đồng bằng sông Cửu Long sản lượng lúa và nuôi trồng thủy sản chiếm tỉ lệ lớn. Do đó nghiên cứu tập trung vào 3 loại chính là nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản, con người. Dữ liệu sử dụng đất được thu thập từ Bộ Tài nguyên và Môi trường kết hợp với dữ liệu thu thập tại Sở Tài nguyên và Môi trường các tỉnh thuộc đồng bằng sông Cửu Long năm 2010 và 2015 [8].

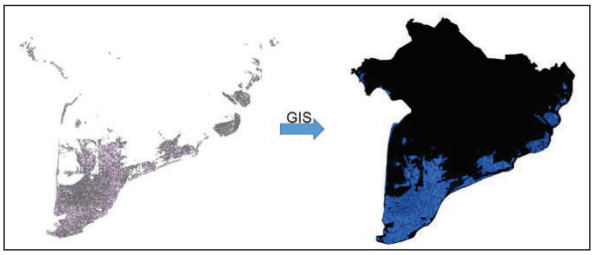
Đối với đất nông nghiệp và đất nuôi trồng thủy sản và các loại sử dụng đất khác: Các lớp sử dụng đất được lấy từ bản đồ sử dụng đất của địa phương bằng công cụ GIS và đã xử lí dữ liệu từ các lớp bản đồ sử dụng đất đưa dữ liệu từ dạng vector sang dữ liệu dạng GeoTiff. Ví dụ về tính toán đất nông nghiệp và đất thủy sản để tính toán ảnh hưởng cho đất nông nghiệp, đất thủy sản được thể hiện trong Hình 9, Hình 10.

Đối với tác động của xâm nhập mặn với con người, cần sử dụng niên giám để thống kê dân số kết hợp với lớp bản đồ đất ở sử dụng đất để

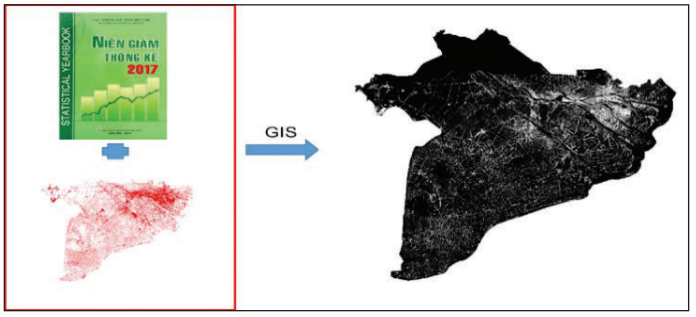
xác định dân số đang ở trên diện tích đất ở. Kết hợp với công cụ GIS đã chuyển đổi lớp đất ở sang dạng GeoTiff để tính toán ảnh hưởng đối với con người được thể hiện trong Hình 11.



Hình 9. Minh họa xây dựng độ lộ diện đất nông nghiệp



Hình 10. Minh họa xây dựng độ lộ diện đất Thủy sản



Hình 11. Minh họa xây dựng độ lộ diện về dân số

* Xây dựng đường cong thiệt hại

Trong nghiên cứu đã sử dụng hàm thiệt hại trong thư viện hàm thiệt hại trong báo cáo đánh giá thiệt hại và rủi do lũ của HAZUS [10]. Dựa trên hàm thiệt hại đã được xây dựng kết hợp với điều tra khảo sát đã hiệu chỉnh đường cong thiệt hại cho phù hợp với nghiên cứu của bài báo.

* Giá trị đất

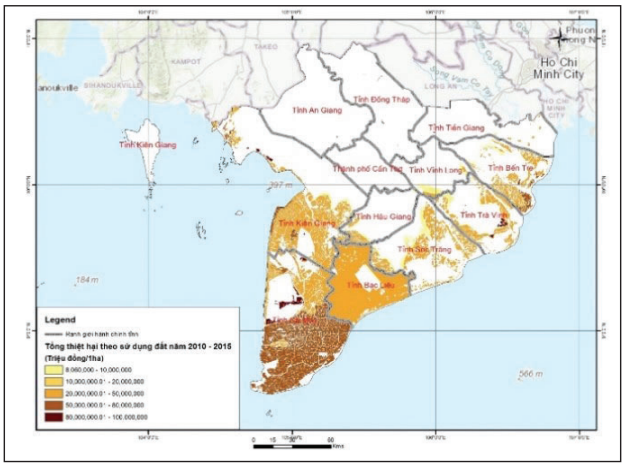
Giá trị đất được sử dụng kết thừa trong báo cáo Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với thiên tai vùng ven biển Việt Nam - Giai đoạn 2 do ICEM thực hiện [11] kết hợp với khảo sát thực tế tại Đồng bằng sông Cửu Long, nhóm nghiên cứu thu thập tài liệu về các báo cáo sản lượng, giá trị của ngành nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản từ đó hiệu chỉnh giá trị đất của Nông nghiệp quy ra tiền là 40.300.000 đồng và đất thủy sản là 120.000.000 triệu đồng được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Giá trị đất tính toán thiệt hại

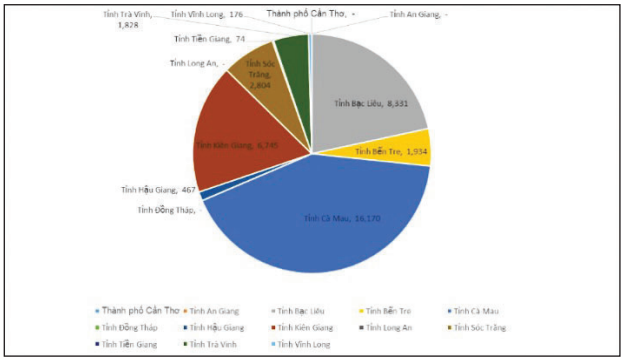
TT	Loại đất	Giá trị kinh tế (VNĐ/ha)
1	Nông nghiệp	40.300.000
2	Ngư nghiệp (nuôi trồng thủy sản)	120.000.000

3.2. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến kinh tế - xã hội của đồng bằng sông Cửu Long

Dựa trên kết quả tính toán xâm nhập mặn năm 2016 và hiện trạng sử dụng đất năm 2015 của Đồng bằng sông Cửu Long đã tính toán ảnh hưởng của xâm nhập mặn đối với kinh tế xã hội tập trung vào nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản cho thấy kết quả tính toán mức độ thiệt hại do xâm nhập mặn năm 2016 khoảng 38.500 tỷ VNĐ và khoảng 8.111 nghìn người ảnh hưởng (Hình 12). Đối với kinh tế ảnh hưởng trận mặn năm 2016, tỉnh thiệt hại nặng nề nhất do xâm nhập mặn là tỉnh Cà Mau với mức độ thiệt hại khoảng 16 nghìn tỷ, một số tỉnh ít ảnh hưởng mặn như Đồng Tháp, Cần Thơ, An Giang (Hình 13).

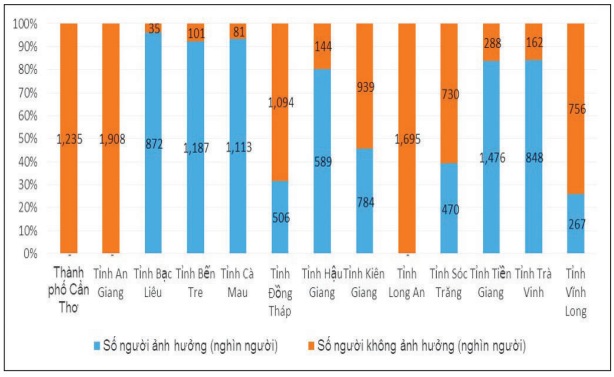


Hình 12. Bản đồ minh họa mức độ thiệt hại của xâm nhập mặn đến các tỉnh thuộc Đồng bằng sông Cửu Long



Hình 13. Kết quả tính toán ảnh hưởng của xâm nhập mặn năm 2016 đối với kinh tế (ngành nông nghiệp và thủy sản) của Đồng bằng sông Cửu Long

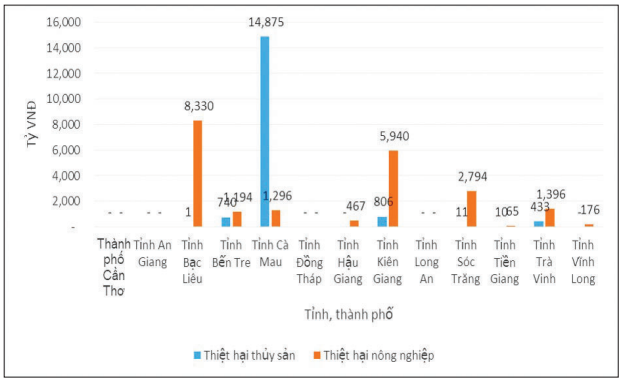
Đối với số người ảnh hưởng do xâm nhập mặn năm 2016, ước tính số người ảnh hưởng khoảng 8.111 nghìn người ảnh hưởng. Số người ảnh hưởng lớn nhất do xâm nhập mặn là tỉnh Tiền Giang với 1.476 nghìn người. Một số các tỉnh không chịu ảnh hưởng do xâm nhập mặn như tỉnh như Đồng Tháp, Cần Thơ, An Giang.



Hình 14. Kết quả tính toán số người ảnh hưởng của xâm nhập mặn năm 2016

Ảnh hưởng do xâm nhập mặn năm 2016, ước tính thiệt hại đối với ngành nuôi trồng thủy sản khoảng 16.875 tỷ VNĐ. Trong đó tỉnh có mức độ thiệt hại lớn nhất là tỉnh Cà Mau với 14.875 tỷ VNĐ. Đối với ngành nông nghiệp, ước tính thiệt hại đối với nông nghiệp

khoảng 21.655 tỷ VNĐ, tỉnh có mức độ thiệt hại lớn nhất ngành nông nghiệp là tỉnh Bạc Liêu khoảng 8.330 tỷ VNĐ. Mức độ thiệt hại tập trung vào các tỉnh ven biển Nam Bộ do chịu tác động mạnh mẽ của hiện tượng xâm nhập mặn.



Hình 15. Kết quả tính toán thiệt hại do xâm nhập mặn năm 2016 đối với nông nghiệp và thủy sản của Đồng bằng sông Cửu Long

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng được công cụ đánh giá thiệt hại do xâm nhập mặn đến các đối tượng kinh tế và con người. Công cụ này có giao diện thân thiện, dễ sử dụng, cho phép người dùng xác định nhanh chóng mức độ thiệt hại của một khu vực bất kỳ khi có các thông tin về hiểm họa, độ phơi lộ. Công cụ đã tích hợp sẵn một số hàm thiệt hại và giá trị kinh tế của các đối tượng, người dùng có thể tùy chỉnh theo thực tế tại khu vực khác. Kết quả được biểu diễn trực quan hỗ trợ ra quyết định cho người quản lý.

Nghiên cứu đã ứng dụng thử nghiệm công cụ để đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến kinh tế - xã hội cho đồng bằng sông Cửu Long. Với sự kiện mặn 2016, được mô phỏng và tính toán trong đề tài *"Xây dựng mô hình toán học tích hợp và phần mềm đánh giá xâm nhập mặn vùng Đồng bằng sông Cửu Long"* để xây dựng bản đồ xâm nhập mặn. Sử dụng bản đồ sử dụng đất năm 2015 để xác định các vùng sử dụng cho nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản, đất ở. Kết quả tính toán ảnh hưởng của xâm nhập mặn năm 2016 được ước tính đối với kinh tế (nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản) khoảng 38.500 tỷ VNĐ và khoảng 8.111 nghìn người ảnh hưởng. Tuy nhiên, để thu thập các dữ liệu về sử dụng đất thay đổi nhiều và giá trị đất lên xuống so với thực tế dẫn đến hạn chế đến các kết quả tính toán chưa được chính xác.

Lời cảm ơn: *Nội dung bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài B2018-VNCCCT - 02: "Xây dựng mô hình toán học tích hợp và phần mềm đánh giá xâm nhập mặn vùng Đồng bằng sông Cửu Long" - GS. TS. Nguyễn Hữu Dư làm chủ nhiệm đề tài thực hiện năm 2018 - 2020.*

Tài liệu tham khảo

Tài liệu tiếng Việt

1. Vũ Minh Cát (2020), "Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt lưu vực sông Dinh", *Tạp chí khí tượng thủy văn*, 717, 1–10.
2. Hồ Việt Cường, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Bách Tùng (2020), "Ứng dụng mô hình Mike 3 mô phỏng xâm nhập mặn sông Ninh Cơ trong điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng", *Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi*, 58, 21.
3. Nguyễn Hữu Dư (2020), Đề tài: *Xây dựng mô hình toán học tích hợp và phần mềm đánh giá xâm nhập mặn vùng Đồng bằng sông Cửu Long*, Viện nghiên cứu cao cấp về toán.
4. Nguyễn Quốc Hậu, Cao Thảo Quyên, Võ Thanh Phong, Lê Văn Khoa, Võ Quang Minh (2017), "Đánh

giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn và các yếu tố kinh tế - xã hội đến sản xuất nông nghiệp huyện Vũng Liêm - tỉnh Vĩnh Long", *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (1), 64-70.

5. International Centre for Environmental Management (ICEM), *Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với thiên tai vùng ven biển Việt Nam- Giai đoạn 2*.
6. Nguyễn Quốc Khương, Cao Nguyễn Nguyên Khanh, Ngô Ngọc Hưng (2018), "Ảnh hưởng của độ mặn nước tưới đến sinh trưởng, năng suất và sự sản sinh proline của các giống lúa (Oryza sativa L.) trồng trên đất nhiễm mặn trong điều kiện nhà lưới", *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 16(7), 671-681.
7. Cấn Thu Văn, Nguyễn Thanh Sơn (2016), "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*, 32(3S), 264-270.
8. Sở Tài nguyên Môi trường các tỉnh thuộc đồng bằng sông Cửu Long (2010, 2015), *Hiện trạng sử dụng đất các tỉnh thuộc đồng bằng sông Cửu Long*.
9. Cục Thống kê các tỉnh thuộc đồng bằng sông Cửu Long (2019), *Niên giám thống kê các tỉnh thuộc đồng bằng sông Cửu Long.*
10. Tổng cục Thủy lợi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, *Xâm nhập mặn ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long (2015-2016)*.
11. Nguyễn Bách Tùng, *Mô phỏng và dự báo xâm nhập mặn hạ lưu sông Mã (tỉnh Thanh Hóa) dưới tác động của Biến đổi khí hậu*, Hội nghị Địa Lí toàn quốc lần thứ X.
12. Nguyễn Bách Tùng, Đặng Đình Đức, Trần Vinh Quang, Nguyễn Đại Trung (2020), "Đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến các công trình lấy nước tưới vào thời kì kiệt của sông Ninh Cơ", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 710, 43-57.

Tài liệu tiếng Anh

13. Nguyen Mai Dang, Le Ngoc Vien, Nguyen Bach Tung, Tran Anh Duong, Thanh Duc Dang (2019), *Assessment of climate change and sea level rise impacts on flows and saltwater intrusion in the Vu Gia Thu Bon River Basin, Vietnam*, 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2019) Hanoi, Vietnam, 1367-1374. [CrossRef]
14. Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency, Mitigation Division (2013), *Multi-hazard Loss Estimation, Earthquake Model, Hazus-MH 2.1*, Technical Manual, Washington, DC. [CrossRef]
15. Royal Haskoning, Deltares, UNESCO-IHE (2009), *The Flood Management and Mitigation Programme, Component 2: Structural Measures and Flood Proofing in the Lower Mekong Basin*, The Mekong River Commission Secretariat, Draft Final Report, 6D, 1-88. [CrossRef]
16. K. Warner, K. van der Geest (2013). "Loss and damage from climate change: local-level evidence from nine vulnerable countries", Int. *J. Global Warming*, 5 (4), 367–386.

DEVELOPING TOOLS ON ASSESSING THE EFFECTS OF SALINE INTRUSION ON SOCIO-ECONOMY AND APPLYING EXPERIMENTAL CALCULATION FOR THE MEKONG DELTA

Tran Ngoc Anh[(1)], Nguyen Thanh Binh[(1)], Nguyen Bach Tung[(1)], Dang Dinh Duc[(1)], Nguyen Duc Hanh[(1)], Nguyen Huu Du[(2)]

[(1)]VNU university of Science

[(2)]Viet Nam Institute for Advanced Study in Mathematics

Received: 26/11/2020; Accepted: 28/12/2020

Abstract: *Today, there are many publications on damage assessment caused by natural disasters including flood, landslide, storm, etc. However, the studies in the evaluation of saline intrusion damage are still limitted and not being done in the quantitative way. The damage evaluation is usually statistically after the saline intrusion events occurred, so it does not mean much in responding and preventing this type of disaster. This study proposes a method of assessing (estimating) the damage of saline intrusion on humans and socio-economy and developing an impact assessment tool with an intuitive and vivid interface. This tool has been applied for the Mekong Delta in the saline intrusion event in 2016. The estimated results of damage to the aquaculture industry and agriculture are about 16,875 billion VND 21,655 billion VND, respectively. Some provinces are strongly affected by the saline intrusion, such as Ca Mau, Bac Lieu, Kien Giang, Soc Trang, and Ben Tre. In fact, the forecasting maps of saline intrusion combined with this tool will allow users to predict the corresponding damage level immediately and identify the object, area, scope, and influence level on the map. This information is helpful for local agencies to take preventive and response measures.*

Keywords: *Saline intrusion, MeKong delta, damage, damage assessment tool.*