ĐÁNH GIÁ RỦI RO ĐẾN YẾU TỐ CON NGƯỜI DO LŨ LỤT HẠ LƯU SÔNG BA

Văn Thị Hằng[(2)], Trần Văn Trà[(1)], Đặng Thị Lan Phương[(2)], Phan Văn Thành[(2)], Đặng Thu Hiền[(2)]

[(1)]Viện Khoa học Tài nguyên nước

[(2)]Viện Khoa Học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 19/10/2023; ngày chuyển phản biện: 20/10/2023; ngày chấp nhận đăng: 21/11/2023

Tóm tắt: *Tác động của lũ lụt rất nghiêm trọng, đặc biệt ở tại các khu vực tập trung kinh tế cũng như dân số của lưu vực. Rủi ro lũ lụt không những gây tác động tới hoạt động kinh tế - xã hội, gây thiệt hại về các loại cây lương thực, đặc biệt hàng năm số người thiêt mạng đối với loại hình thiên tai lũ ngập lụt luôn xảy ra. Bài báo này cung cấp các thông tin về nguy cơ rui ro đối với con người khi thiên tai lũ lụt xuất hiện tại hạ lưu sông Ba. Nghiên cứu trình bày một số kết quả tác động thiệt hại con người tại hạ lưu lưu vực sông Ba cho kịch bản nền (trận lũ XI/2009) và kịch bản lượng mưa tăng 10% và 20% so với kịch bản nền. Kết quả cho thấy rủi ro con người cao ở những khu vực có dân số tập trung cao và khu vực trũng thấp. Tại hạ lưu sông Ba khu vực có tác động về người cao gồm huyện Phú Hòa và thành phố Tuy Hòa. Các kết quả trình bày trong bài báo có thể cung cấp thông tin về tác động tiềm tàng của lũ lụt đến con người tại hạ lưu sông Ba, từ đó hỗ trợ các cơ quan chức năng đưa ra những biện pháp nhằm giảm thiểu những tác động không mong muốn với loại hình thiên tai này.*

Từ khóa: *Rủi ro con người, ngập lụt, sông Ba, thay đổi mưa.*

1. Mở đầu

Theo kết quả dự tính biến đổi khí hậu toàn cầu trong thế kỷ 21 [11]: Nhiệt độ trung bình toàn cầu vào cuối thế kỷ 21 tăng 1,1 ÷ 2,6°C (RCP4.5) và 2,6 ÷ 4,8°C (RCP8.5) so với trung bình thời kỳ 1986 - 2005; Mức tăng nhiệt độ toàn cầu không đồng nhất về không gian, nhiệt độ trên đất liền tăng nhiều hơn so với trên biển; Bắc Cực là nơi có mức độ tăng nhiều nhất; Lượng mưa tăng ở vùng vĩ độ cao và trung bình, giảm ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới; Năm 2019, IPCC đã công bố Báo cáo đặc biệt về biến đổi khí hậu và băng quyển đại dương (SROCC).

Biến đổi khí hậu (BĐKH) thực sự đã làm cho các thiên tai, đặc biệt là bão, lũ, hạn hán ngày càng ác liệt. Trong những năm gần đây. Những tác động và hậu quả gây ra rất lớn, đặc biệt đối với nước ta thường xuyên chịu ảnh hưởng của thiên tai như bão, lũ và cướp đi sinh mạng của nhiều người.

Hàng năm có khoảng khoảng 3 - 4 trận lũ xuất hiện trên các sông trên lưu vực sông Ba. Đặc điểm lũ trên sông Ba với thời gian truyền lũ rất nhanh, ngập lụt xảy ra khi có mưa lớn chỉ sau từ 2 - 8 giờ, cường suất lũ rất lớn, thay đổi theo từng đoạn sông và từng trận lũ, biên độ, độ sâu ngập lụt cao, trung bình từ 2 - 3 m. Trong một số trận lũ đặc biệt lớn biên lũ có thể lên đến 4 - 5 m; gây ra ngập lụt nghiêm trọng ở vùng hạ lưu.

Trước tình hình thiên tai ngày càng khắc nghiệt, bất thường, các hiện tượng cực đoan có xu thế tăng lên trong tương lai, tác động đến phát triển kinh tế - xã hội, đặc biệt là con người trên các lưu vực sông. Việc tính toán rủi ro đối với con người với sự thay đổi mưa, lũ trong tương lai luôn là mối quan tâm của các nhà nghiên cứu. Vì vậy, trong bài báo này, nhóm tác giả tính toán khả năng rủi ro về con người do ngập lụt tại hạ lưu sông Ba để từ đó xem xét tác động của hiện tượng ngập lụt đối với con người trên lưu vực nhằm cung cấp thông tin phục vụ kế hoạch phòng chống tác hại không mong muốn của hiện tượng thiên tai này.

2. Phương pháp thực hiện

Hiện nay, có nhiêu nghiên cứu về rủi ro thiên

Liên hệ tác giả: Văn Thị Hằng

Email: vanhangimhen@gmail.com

tai, rủi ro được tính toán từ chỉ số thiết yếu: Hiểm họa, mức độ phơi bày và tính dễ bị tổn thương [8], [16]. Hiểm họa là hiện tượng tự nhiên và không thể kiểm soát được; thuật ngữ này bao gồm mức độ sự cố, khả năng xảy ra sự cố và gây thiệt hại [17]. Tính dễ bị tổn thương là sự phân loại tiềm năng của các cá nhân hoặc nhóm để chống lại sức tàn phá của thiên tai [18]. Mức độ phơi nhiễm được định nghĩa là sự hiện diện của giá trị, sinh kế và con người trong khu vực xảy ra lũ lụt [19].

Ngoài ra, rủi ro lũ lụt được định nghĩa là thiệt hại về tài sản và con người do hậu quả của lũ lụt [5]. Đó là sự kết hợp giữa yếu tố tự nhiên và con người.

Theo UNISDR, rủi ro thiên tai (RRTT) 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. Có nhiều cách thức khác nhau để đánh giá RRTT tùy thuộc vào từng loại thiên tai và tùy thuộc vào quan điểm, nhận định các yếu tố ảnh hưởng đến RRTT. Theo Báo cáo số 8 của UNISDR (2012), có hai nhân tố cần thiết trong hàm tính toán rủi ro (R) là sự kiện tiềm năng - hiểm họa (H) và độ nhạy cảm của các nhân tố làm phơi lộ các nguồn lực - tính dễ bị tổn thương (V). Hay nói cách khác *RRTT = f(H,V)*. Trong đó UNISDR định nghĩa "rủi ro" là tổ hợp của khả năng xảy ra một sự kiện và hậu quả tiêu cực của sự kiện đó. Theo các báo cáo nghiên cứu về giải pháp giảm thiểu rủi ro trong phòng tránh lũ lụt và thiên tai của các nước, định nghĩa tổng quát nhất về rủi ro do lũ lụt và thiên tai được các tổ chức khoa học quốc tế công nhận và hiện đang được áp dụng tại các quốc gia [10]:

Rủi ro = (Xác suất xảy ra ngập lụt) × (Hậu quả của ngập lụt)

Trong bài báo này, xác suất xảy ra ngập lụt được xem xét là tần suất lũ.

Hậu quả của ngập lụt có thể là người, tài sản. Trong nghiên cứu này chỉ đề cập đến thiệt hại về người. Theo các tài liệu thu thập đánh giá, xác suất cá nhân nào đó bị chết bởi ngập lụt phụ thuộc vào các yếu tố sau: Thời gian cảnh báo trước khi lũ lụt xảy ra; Nơi tránh trú khi thiên tai xảy ra; Khả năng phòng chống của địa phương; Độ tuổi, giới tính; Độ sâu ngập lụt, vận tốc dòng chảy, thời gian ngập lụt v.v...

Do thiếu các tài liệu ghi chép chi tiết về các nguyên nhân gây thiệt hại cho người như nêu trên. Vì vậy, bài báo đã dựa trên đánh giá của các chuyên gia và các thông tin thu thập về hiện trạng thiệt hại thiên tai của các tỉnh, lựa chọn phương pháp dự tính số người bị thiệt hại do ngập lụt theo công thức được đề xuất của Boyd và cộng sự (2005) [6]. Hàm tính toán khả năng tử vong của người thông qua độ sâu ngập lụt, bỏ qua yếu tố vận tốc dòng chảy và thời gian duy trì ngập lụt:

$$F_d(h) = \left(\frac{0{,}34}{(1 + \exp(20{,}37 - 6{,}18h)}\right) \qquad (1)$$

Trong đó:

$F_d(h)$ là khả năng tử vong của cá nhân nào đó, là hàm của độ sâu ngập;

h là độ sâu ngập nước;

Bài báo đánh giá rủi ro thiệt hại về người do ngập lụt, do thay đổi mưa trong tương lai thực hiện theo các bước sau:

- Bước 1. Xác định mức độ ngập lụt cho các kịch bản tính toán tại các lưu vực bộ phận.
- Bước 2. Thống kê dân số, mật độ theo các lưu vực bộ phận có ảnh hưởng chịu tác động của ngập lụt.
- Bước 3. Tính toán khả năng tử vong theo mức độ ngập lụt theo công thức (1).
- Bước 4. Tính toán số người tử vong theo các lưu vực bộ phận.

Số người thiệt mạng = khả năng tử vong (bước 3) x số người bị ảnh hưởng bởi ngập

- Bước 5. Tính toán xác suất thiệt mạng khi xảy ra ngập lụt theo độ sâu ngập tại các tiểu lưu vực.

Xác suất thiệt mạng = số người thiệt mạng/ tổng số dân.

- Bước 6. Xác định xác suất ngập lụt (tần suất lũ gây ra ngập lụt).
- Bước 7. Tính toán chỉ số rủi ro Rủi ro = Xác suất thiệt mạng (bước 5) X xác suất ngập lụt (bước 6).

$$R_{fng} = P_c x P_l$$

Trong đó:

P_l là xác suất lũ tại lưu vực;

P_c là xác suất cá nhân nào đó bị thiệt mạng;

R_{fng} là chỉ số rủi ro thiệt mạng của các nhân.

3. Kết quả tính toán

3.1. Lưu vực sông Ba và hiện trạng ngập lụt

Sông Ba là sông lớn nhất ở vùng Nam Trung Bộ của Việt Nam, nằm trọn vẹn trong lãnh thổ nước ta với diện tích toàn bộ lưu vực khoảng 13.300 km². Phía Bắc và Tây Bắc giáp thượng nguồn sông Trà Khúc, lưu vực sông Sê San; Phía Tây và Tây Nam giáp lưu vực sông Srêpôk; Phía Nam giáp lưu vực sông Cái Ninh Hòa (Nha Trang); Phía Đông giáp lưu vực sông Kone, sông Kỳ Lộ và biển Đông (Hình 1).

Sông Ba là dòng sông có tiềm năng xảy ra lũ lớn rất cao, là một trong những lưu vực có mô đun đỉnh lũ lớn nhất trên địa bàn lãnh thổ Việt Nam. Tại Củng Sơn (F = 12.410 km²) quan trắc được Q_{max} (1993) = 20.700 m³/s, tương ứng với modun đỉnh lũ 1,67 m³/s.km² .

Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Ba

Hàng năm trên lưu vực sông thường xuất hiện các trận lũ, ngập lụt gây nhiều tác động đến dân sinh, kinh tế. Lũ lớn nhất hàng năm tập trung vào tháng X, XI với số trận lũ trong 2 tháng này chiếm 80% ÷ 85% tổng số các trận lũ lớn nhất năm trên dòng chính. Trong đó các trận lũ gây ngập lụt lớn tới hạ lưu sông Ba gồm:

- Trận lũ tháng X/1993: Do ảnh hưởng của của trận bão lịch sử cuối tháng IX đầu tháng X, gây mưa to và rất to toàn bộ vùng hạ lưu sông Ba, lượng mưa ngày 3/X tại Tuy Hòa là 628,9 mm, vào ngày 4/X lượng mưa tại Sơn Hòa là 579,0 mm, tại Sơn Thành là 502,0 mm và tại Sông Hinh là 632,9 mm. Mực nước tại Củng Sơn là 39,9 m lớn hơn báo động III là 6,4 m, mực nước tại Phú Lâm là 5,21 m lớn hơn báo động cấp III là 2,01 m. Trận lũ lịch sử tháng X năm 1993, mực nước tại Phú Lâm đạt 5,21 m, đã làm 41 người chết, 263 ngôi nhà bị sập hoàn toàn, 1.900 ngôi nhà bị hư hỏng nặng, mất trắng 5.600 ha lúa, 2.150 ha hoa màu bị thiệt hại, diện tích ngập lụt lên tới 50% diện tích nông nghiệp.

- Trận lũ tháng XI/2007: Ảnh hưởng của áp thấp nhiệt đới và không khí lạnh đã gây mưa to đến rất to, lượng mưa đo được từ 19 h/2/XI - 13 h/3/XI lượng mưa đo được tại Tuy Hòa là 301,1 mm, lượng mưa một ngày lớn nhất tại Sơn Thành là 376,1 mm gây lũ lớn trên các sông, tại Củng Sơn mực nước là 35,32 m vượt báo động III là 1,82 m, tại Phú Lâm là 4,29 lớn hơn

báo động cấp III là 1,09 m.

- Trận lũ tháng XI/2009: Do ảnh hưởng hoàn lưu cơn bão số 11 hạ lưu sông Ba đã có mưa to đến rất to, lượng mưa lớn nhất đo được tại Sơn Thành là 224,45 mm, đặc biệt vùng thượng nguồn sông Hinh lượng mưa lên dến 430,5 mm gây lũ lớn vào ngày 3 và ngày 4/XI. Mực nước tại trạm Củng Sơn là 37,65 m lớn hơn báo động III là 4,15 m, tại Phú Lâm là 4,65 m cao hơn báo động III là 1,45 m. Năm 2009, mực nước tại Phú Lâm đạt 4,65 m, là năm bị thiệt hại nặng nề nhất do lũ lụt gây ra, đã làm cho 82 người chết, 100 người bị thương, gần 8 ngàn hộ phải di dời, trên 2.100 nhà bị hư hỏng và bị ngập, có tới 6.482 con gia súc, 162.584 con gia cầm bị chết và bị cuấn trôi, thiệt hại ước tính 2.938 tỷ đồng.

- Trận lũ tháng X/2013: Khu vực các tỉnh ven biển Trung và Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ đã có mưa vừa đến mưa to, có nơi mưa rất to. Tổng lượng mưa đo được từ 19 h/04 - 19 h/07/XI/2013 phổ biến từ 50 ÷ 100 mm, một số nơi lớn hơn như Hòa Thịnh (Phú Yên) 347 mm, An Khê (Gia Lai) 216 mm, M'Đrăk (Đăk Lăk) 205 mm. Do mưa lớn tập trung trong thời gian ngắn kết hợp với xả lũ từ các hồ chứa (lưu lượng lớn tại thủy điện Sông Ba Hạ: 2.400 m³/s) đã gây ngập lụt nghiệm trọng các tỉnh trong lưu vực, thiệt hại do lũ rất lớn và ảnh hưởng lâu dài tới an sinh, xã hội. Biên độ lũ lên ở thượng nguồn tại An Khê là 8,6 m và ở Ayun Pa là 6,12 m. Đỉnh lũ trên phần đạt mức BĐ3 từ 0,51 ÷ 3,65 m. Lũ lên nhanh, tập trung trong thời gian ngắn với cường suất lũ lên lớn (cường suất lớn nhất đạt từ 0,5 ÷ 2,09 m/giờ).

- Trận lũ từ ngày 31/X - 03/XI/2017, hầu hết các vùng trũng thấp ở các địa phương trên địa bàn tỉnh Phú Yên đã bị ngập và chia cắt cục bộ một số nơi, có nơi ngập sâu từ 0,5 ÷ 1,5 m. Tổng thiệt hại do lũ lụt gây ra trên địa bàn tỉnh Phú Yên từ ngày 31/X - 03/XI/2017 gần: 9,5 tỷ đồng.

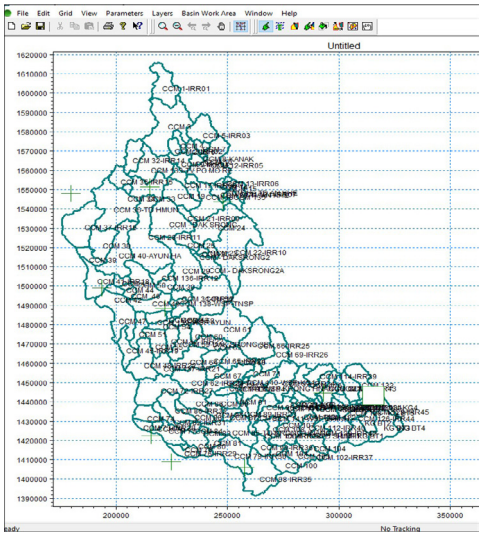
- Trận lũ cuối tháng XI đầu tháng XII/2021, mực nước tại Phú Lâm đạt 4,62 m, khiến 6 người mất. Toàn tỉnh có hơn 28.630 hộ bị ngập lụt, trong đó Tuy Hòa 20.860 hộ, Phú Hòa 6.377 hộ, Tuy An 935 hộ, Đồng Xuân 467 hộ và hơn 9.206 hộ tại huyện Tuy An, Đông Hòa, Phú Hòa đang bị chia cắt do nước lũ; Khoảng 500 ha lúa bị ngập, gần 100 ha hoa màu bị thiệt hại, hơn 3.400 gia súc, gia cầm bị cuốn trôi.

3.2. Mô phỏng kịch bản mưa tới ngập lụt hạ lưu sông Ba

3.1.1. Thiết lập mô hình thủy văn MIKE NAM

Lưu vực sông Ba được chia thành 154 lưu vực bộ phận dựa trên bản đồ địa hình, bản đồ mạng lưới sông suối, hệ thống các công trình trên sông, được thể hiện Hình 2.

Số liệu mưa của 9 trạm: An Khê, Ayunpa, PơMơRê, Buôn Hồ, Mdrăk, Pleiku, Sơn Hòa, Tuy Hòa, Krongbuk; số liệu bốc hơi được tính toán gồm: An Khê, Ayunpa, PơMơRê, Buôn Hồ, Madrăk, Pleiku, Sơn Hòa, Tuy Hòa.



Hình 2. Tiểu lưu vực được thiết lập trong mô hình Mike Nam

3.1.2. Thiết lập mô hình thủy văn MIKE 11

Mạng sông tính toán:

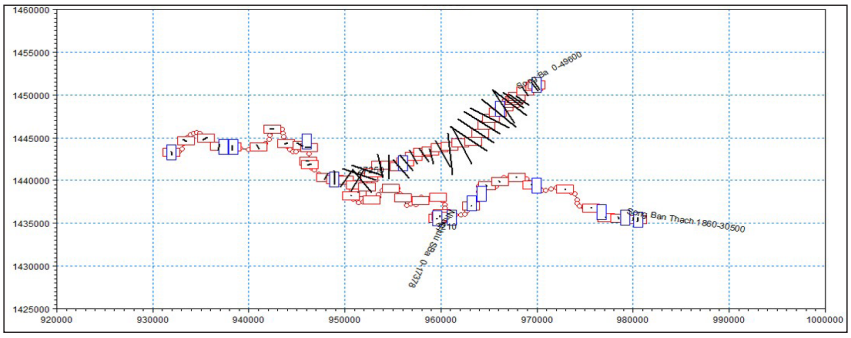
Trên cơ sở các tài liệu địa hình mặt cắt trên sông Ba và sông Bàn Thạch được đo đạc năm 2016, mạng lưới trạm thủy văn cùng tài liệu mực nước, lưu lượng đã quan trắc, giới hạn mạng sông tính toán thủy lực của sông Ba từ trạm thủy văn Củng Sơn ra tới cửa Đà Diễn với tổng chiều dài 49,6 km, sông Bàn Thạch từ thượng lưu ra đến cửa Đà Nông có chiều dài 30,5 km (Hình 3).

Điều kiện biên:

Biên trên: Thượng lưu sông Ba tại trạm thủy văn Củng Sơn; trên sông Bàn Thạch, tại cửa ra của lưu vực thượng lưu sông Bàn Thạch được tính toán từ mô hình MIKE NAM.

Biên dưới: Là đường quá trình mực nước tại cửa Đà Diễn và cửa Đà Nông;

Biên nhập lưu khu giữa: Là quá trình lưu lượng của các nhánh sông gia nhập vào hệ thống tại các vị trí dọc sông Ba và sông Bàn Thạch ra đến cửa biển, được tính toán từ mô hình MIKE NAM.



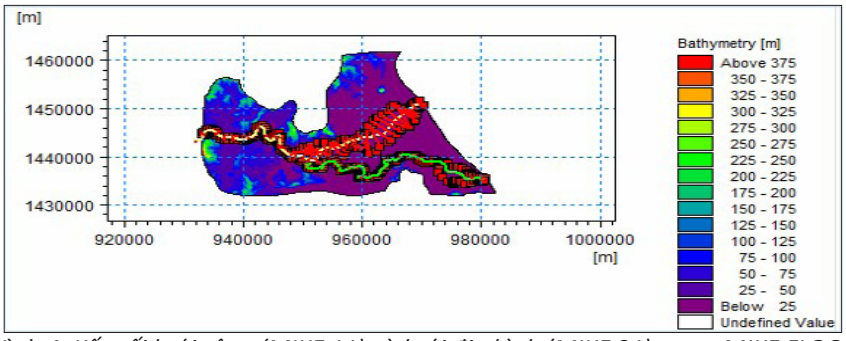
Hình 3. Mạng lưới tính toán thủy lực cho sông Ba và sông Bàn Thạch

3.1.3. Thiết lập mô hình thủy văn MIKE 21 - MIKE FLOOD

Phạm vi tính toán ngập từ trạm thủy văn Củng Sơn ra đến cửa sông Đà Diễn và Đà Nông. Dựa trên những yêu cầu đối với một hệ thống lưới, miền tính toán được chia thành các ô lưới nhỏ. Tổng số ô lưới tam giác và chữ nhật được thiết kế là 27.864 ô, với 14.377 nút.

Dữ liệu tạo lập địa hình tính toán trong mô hình MIKE 21 gồm: Dữ liệu địa hình khu vực từ trạm thủy văn Củng Sơn đến TP. Tuy Hòa là bản đồ địa hình tỷ lệ 1:10.000, khu vực từ TP. Tuy Hòa ra đến cửa biển có địa hình chi tiết, tỷ lệ 1:2.000.

Giao diện MIKE FLOOD thiết lập cho vùng hạ lưu sông Ba, sông Bàn Thạch từ trạm Củng Sơn ra đến cửa biển, mô phỏng quá trình lan truyền sóng lũ trong sông và vùng đồng bằng ngập lũ được thể hiện trong Hình 4.



Hình 4. Kết nối lưới sông (MIKE 11) và lưới địa hình (MIKE 21) trong MIKE FLOOD

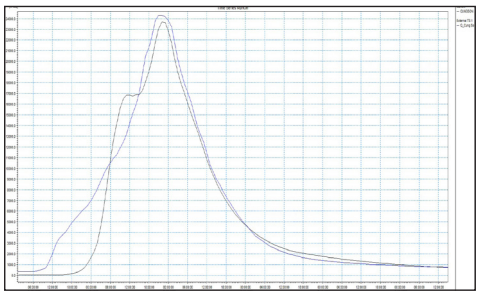
3.1.4. Hiệu chỉnh kiểm định mô hình

Trận lũ tháng X/1993 là trận lũ lớn nhất đã xảy ra trên lưu vực sông Ba với lưu lượng đỉnh lũ tại Củng Sơn đạt 20.700 m³/s được chọn để hiệu chỉnh mô hình. Trận lũ này đã gây ngập diện rộng ở hạ lưu sông Ba và sông Bàn Thạch. Trận lũ lớn xuất hiện từ ngày 2 - 16/XI/2009 sử dụng kiểm định bộ thông số mô hình. Đây là các trận

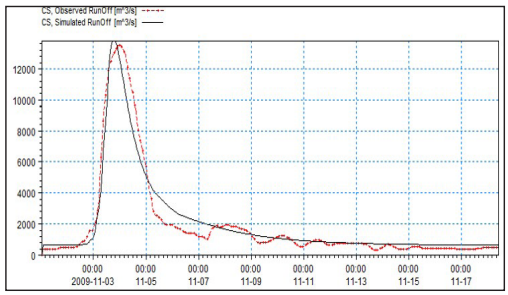
lũ lớn và có đầy đủ số liệu thực đo về mực nước, lưu lượng tại các trạm thủy văn, chưa chịu điều tiết của hồ chứa. Ngoài ra còn có 48 vết lũ trận lũ năm 1993 và 26 vết lũ tháng X/2009 được Viện Quy hoạch Thủy Lợi điều tra.

a. Hiệu chỉnh kiểm định mô hình MIKE NAM

Chuỗi số liệu mưa giờ trận lũ X/1993 để hiệu chỉnh và trận lũ từ ngày 2 - 16/XI/2009 để kiểm định bộ thông số mô hình NAM tại trạm thủy văn Củng Sơn. Kết quả hiệu chỉnh bộ thông số cho lưu vực tại trạm Củng Sơn cho kết quả tốt, đường quá trình lũ lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Củng Sơn phân phối tương đối tốt về hình dạng đường quá trình và đỉnh lũ. Chỉ tiêu đánh giá sai số về đường quá trình NASH = 0,89, sai số tổng lượng thấp WBL = 4,9%. Kết quả kiểm định mô hình cho kết quả phù hợp tốt về đường quá trình lũ tính toán và thực đo với hệ số NASH = 0,92, sai số tổng lượng thấp WBL = 4,1%, thể hiện ở Hình 5 và Hình 6.



Hình 5. Quá trình tính toán và thực đo hiệu chỉnh trận lũ X/1993

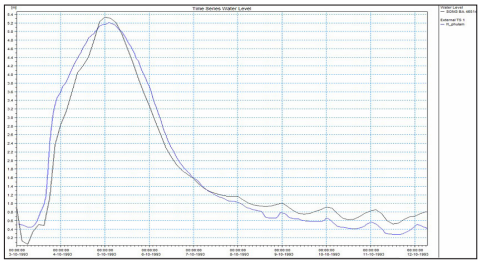


Hình 6. Quá trình tính toán và thực đo kiểm định trận lũ XI/2009

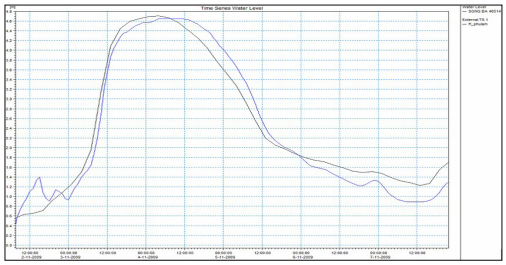
b. Hiệu chỉnh kiểm định mô hình MIKE 11

Hiệu chỉnh mô hình thủy lực trận lũ X/1993 cho kết quả khá tốt. Tại trạm Phú Lâm, đường quá trình mực nước giữa tính toán và thực đo khá phù hợp và có sai số mực nước đỉnh lũ rất nhỏ (0,07 m). Hệ số Nash-Sutcliffe đánh giá độ chính xác giữa đường quá trình mực nước tính toán và thực đo cho kết quả cao, đạt 0,93.

Trận lũ tháng XI/2009 được sử dụng để kiểm định các thông số của mô hình. Kết quả kiểm định mô hình cho thấy sai số mực nước đỉnh lũ tính toán và thực đo tại Phú Lâm là 0,03 m. Hình dạng đường quá trình lũ thực đo và tính toán phù hợp (hệ số Nash-Sutcliffe đạt 0,97). Kết quả đường quá trình lũ tính toán và thực đo tại trạm Phú Lâm thể hiện trong Hình 7, Hình 8.



Hình 7.Quá trình mực nước tính toán và thực đo trận lũ tháng X/1993 (hiệu chỉnh)



Hình 8. Quá trình mực nước tính toán và thực đo trận lũ tháng XI/2009 (kiểm định)

c. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE FLOOD

Kết quả so sánh mực nước mô phỏng trận lũ X/1993 và số liệu đo đạc khảo sát vết lũ ở các bãi ngập lũ ở mức chấp nhận được. Sai số trung bình tuyệt đối các vết lũ giữa tính toán và thực đo là 0,17 m. Hầu hết các vết lũ đều có chênh lệch mực nước giữa tính toán và điều tra nhỏ hơn 0,50 m (Bảng 1). Thời gian xuất hiện đỉnh lũ giữa tính toán và thực đo lệch nhau 0,45 giờ (tính toán xuất hiện sớm hơn).

Bảng 1.Kết quả mô phỏng mực nước lũ tại các điểm điều tra vết lũ X/1993

TT	Vết lũ	Z vết lũ 1993 (m)	Z max tính toán (m)	ΔZ(m)	TT	Vết lũ	Z vết lũ 1993 (m)	Z max tính toán (m)	ΔZ(m)
1	VL15	22,98	23,03	0,05	18	VL6	5,28	5,14	-0,14
2	VL14	17,73	17,76	0,03	19	VL4	3,46	3,71	0,25
3	VL13	17,5	17,56	0,06	20	VL3	3,39	3,51	0,12
4	VL12	17,23	17,45	0,22	21	VL2	3,4	3,54	0,14
5	VL11	16,53	16,24	-0,29	22	VL1	3,44	3,35	-0,09
6	VL29	13,11	12,95	-0,16	23	VL24	5,84	5,38	-0,46
7	VL17	6,95	7,14	0,19	24	VL25	6,63	6,51	-0,12
8	VL18	5,85	5,86	0,01	25	VL27	7,04	6,73	-0,31
9	VL19	5,8	5,96	0,16	26	VL30	10,55	10,27	-0,28
10	VL20	5,45	5,37	-0,08	27	VL36	5,88	6,05	0,17
11	VL21	5,24	5,45	0,21	28	VL37	5,72	5,93	0,21
12	VL22	5,56	5,55	-0,01	29	VL38	5,69	5,54	-0,15
13	VL9	6,12	5,74	-0,38	30	VL39	5,76	5,54	-0,22
14	VL10	7,05	6,95	-0,1	31	VL40	5,83	5,47	-0,36
15	VL8	5,83	5,54	-0,29	32	VL48	3,61	3,83	0,22
16	VL7	5,71	5,85	0,14	33	VL23	5,2	5,25	0,05
17	VL5	5,51	5,64	0,13		**Trung bình**			**-0,033**

Bảng 2. Kết quả mô phỏng mực nước lũ tại các điểm điều tra vết lũ tháng XI/2009

STT	Vết lũ	Z vết lũ năm 2009 (m)	Z max tính toán (m)	ΔZ (m)	STT	Vết lũ	Z vết lũ năm 2009 (m)	Z max tính toán (m)	ΔZ (m)
1	P1	6,240	6,275	0,0350	15	P15	6,110	6,151	0,0410
2	P2	7,590	7,595	0,0050	16	P16	6,190	6,212	0,0220
3	P3	9,100	8,980	-0,1200	17	P17	5,900	5,987	0,0870
4	P4	12,100	11,880	-0,2200	18	P18	5,950	6,074	0,1240
5	P5	15,630	15,635	0,0050	19	P19	5,940	6,150	0,2100
6	P6	39,230	39,290	0,0600	20	P20	7,710	7,715	0,0045
7	P7	40,970	40,978	0,0084	21	P21	8,180	8,187	0,0067
8	P8	41,620	41,725	0,1050	22	P22	7,600	7,605	0,0050
9	P9	40,080	40,119	0,0388	23	P23	5,930	5,931	0,0010
10	P10	35,930	35,936	0,0058	24	P24	6,090	6,103	0,0125
11	P11	10,820	10,752	-0,0680	25	P25	5,270	5,554	0,2840
12	P12	9,690	9,687	-0,0035	26	P26	5,230	5,235	0,0054
13	P13	8,930	8,939	0,0087	**T.Bình**				**0,02566**
14	P14	9,390	9,394	0,0041					

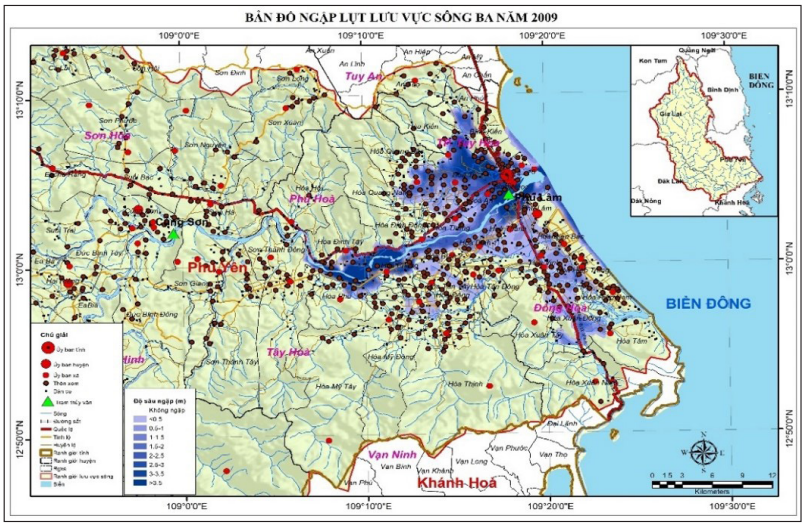
Quá trình kiểm định mô hình thủy lực 2 chiều đối với trận lũ tháng XI/2009 (Bảng 2) cho kết quả sai số trung bình tuyệt đối các vết lũ giữa tính toán và thực đo là 0,025 m, sai số lớn nhất giữa vết lũ tính toán và thực đo là 0,28 m. Hầu hết các vết lũ đều có chênh lệch mực nước giữa

tính toán và điều tra nhỏ hơn 0,30 m. Về thời gian xuất hiện đỉnh lũ, giữa tính toán và thực đo lệch nhau 0,45 giờ (tính toán xuất hiện sớm hơn). Vì vậy, có thể kết luận bộ thông số thủy lực đã chọn có đủ độ tin cậy để tính toán các phương án lũ sau này.

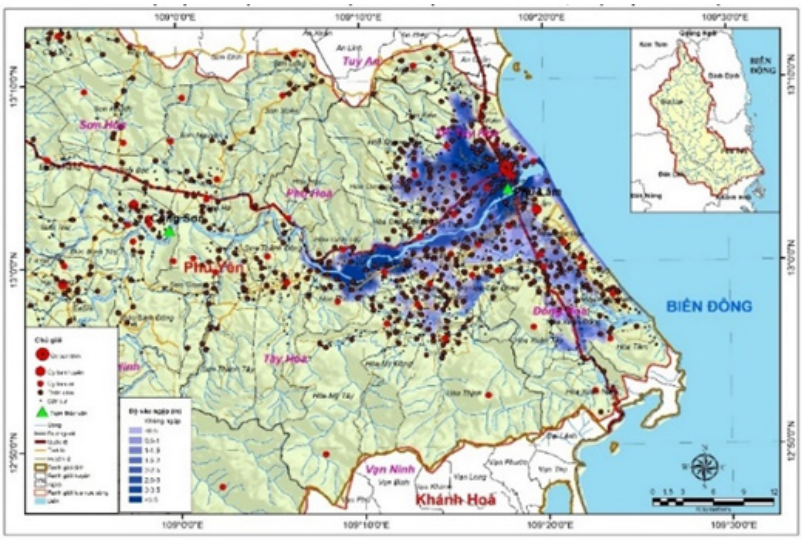
3.2. Kết quả đánh giá rủi ro về người theo kịch bản thay mưa

3.2.1. Kết quả mô phỏng thay đổi mưa đến ngập lụt sông Ba

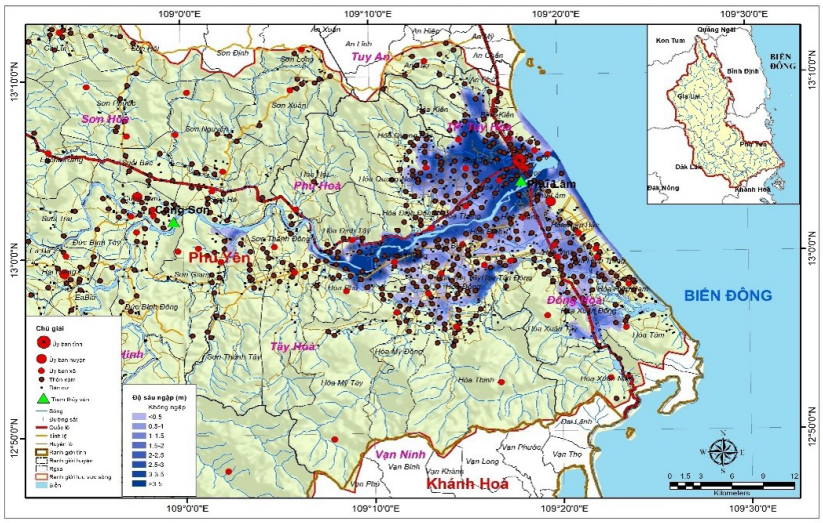
Trận lũ kịch bản nền được lựa chọn là trận lũ lớn xuất hiện tháng XI/2009 (tương ứng với tần suất xuất hiện P = 10%). Trận lũ này đã gây ngập diện rộng ở hạ lưu sông Ba và sông Bàn Thạch. Kịch bản tính toán tăng mưa 10% và tăng mưa 20% so với trận lũ điển hình năm 2009, dựa trên phân tích đánh giá xu thế biến đổi các đặc điểm khí tượng thủy văn trên lưu vực sông Ba và dao động khí hậu toàn cầu trong tương lai. Phạm vi và mức độ thay đổi diện tích ngập các kịch bản được thể hiện từ Hình 9 đến Hình 11 và trong Bảng 3. Nhận thấy, với kịch bản tăng mưa 20% diện tích ngập tại các huyện tăng từ 20 % đến xấp xỉ 70% so với kịch bản nền. Cao nhất tại huyện Tây Hòa tăng 69,8%, thấp nhất tại thành phố Tuy Hòa 19,8%. Với kịch mưa tăng 10% diện tích ngập tăng ít hơn dao động từ 12% đến 37% so với kịch bản nền.



Hình 9. Bản đồ phân cấp độ sâu ngập lụt hạ lưu sông Ba, trận lũ năm 2009



Hình 10. Bản đồ phân cấp độ sâu ngập lụt hạ lưu sông Ba, kịch bản tăng mưa 10%



Hình 11. Bản đồ phân cấp độ sâu ngập lụt hạ lưu sông Ba, kịch bản tăng mưa 20%

Bảng 3. Diện tích (km²) theo các cấp độ sâu ngập các kịch bản mô phỏng

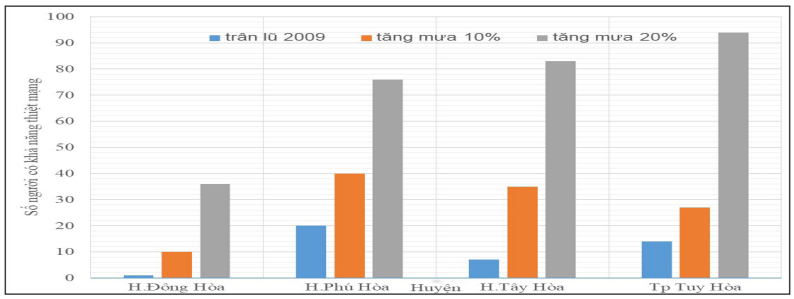
Huyện	Trận lũ 2009								
	<0,5 m	0,5 - 1,0 m	1,0 - 1,5 m	1,5 - 2 m	2,0 - 2,5 m	2,5 - 3,0 m	3,0 - 3,5 m	>3,5 m	Tổng
Đông Hòa	28,6	11,2	4,5	1,2	0,3	0,3	0,3	0,7	47,2
Phú Hòa	12,4	6,1	4,8	4,4	4,0	2,4	2,4	4,7	41,1
Tây Hòa	18,5	3,6	1,9	1,5	1,3	1,1	0,7	0,5	29,2
TP Tuy Hòa	8,8	5,1	2,4	2,1	1,9	1,4	1,5	5,1	28,5
	Kịch bản tăng mưa 10%								
Đông Hòa	30,2	13,7	6,4	1,5	0,4	0,3	0,4	1,1	53,9
Thay đổi (%)	*5,7*	*21,9*	*41,2*	*19,9*	*11,2*	*6,9*	*31,8*	*55,6*	*14,3*
Phú Hòa	12,5	7,1	5,1	4,6	5,8	3,3	2,5	6,9	47,7
Thay đổi (%)	*0,4*	*16,1*	*6,2*	*5,9*	*46,2*	*39,6*	*2,4*	*47,2*	*16,1*
Tây Hòa	23,4	6,9	2,7	2,0	1,6	1,3	1,1	0,9	40,0
Thay đổi (%)	*26,7*	*89,4*	*40,0*	*37,5*	*23,0*	*14,2*	*61,4*	*73,5*	*37,0*
TP Tuy Hòa	8,9	5,2	3,2	2,2	2,6	1,6	1,5	6,6	31,9
Thay đổi (%)	*0,9*	*1,6*	*31,0*	*4,7*	*35,1*	*11,8*	*4,0*	*29,4*	*12,0*
	Kịch bản tăng mưa 20%								
Đông Hòa	29,0	14,8	8,0	2,0	0,5	0,4	0,3	1,6	56,6
Thay đổi (%)	*1,4*	*32,3*	*76,8*	*64,7*	*54,6*	*44,3*	*13,7*	*113,0*	*20,1*
Phú Hòa	12,8	6,7	5,7	4,5	4,6	5,2	3,2	8,1	50,8
Thay đổi (%)	*2,7*	*10,4*	*20,2*	*2,1*	*15,6*	*118,9*	*30,7*	*74,3*	*23,5*
Tây Hòa	29,7	6,1	3,7	2,5	2,3	2,2	1,4	1,7	49,5
Thay đổi (%)	*60,3*	*66,5*	*92,4*	*73,7*	*79,8*	*96,4*	*93,4*	*222,7*	*69,8*
TP Tuy Hòa	9,0	5,2	4,3	2,2	2,2	2,3	1,6	7,3	34,1
Thay đổi (%)	*2,1*	*1,3*	*74,8*	*2,7*	*15,7*	*61,6*	*6,2*	*43,4*	*19,8*

3.2.2. Kết quả tính toán rủi ro về người do ngập lưu vực sông Ba

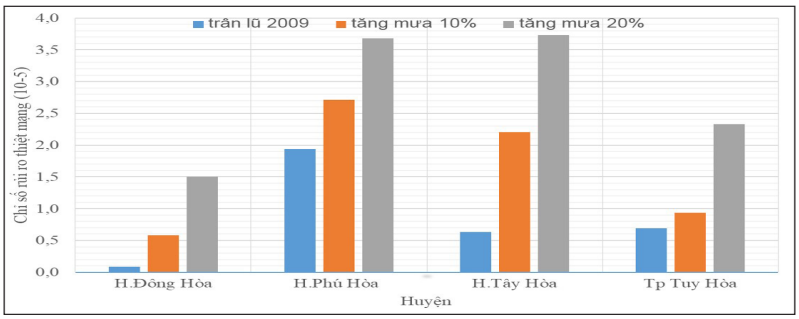
Kết quả tính toán rủi ro về người do ngập lụt hạ lưu sông Ba ứng với các kịch bản nền (trận lũ tháng XI/2009) và kịch bản trong tương lai tăng mưa 10% và 20% so với kịch bản nền. Bảng 4 thể hiện chỉ số rủi ro đối với trường hợp ngập lụt tương ứng các kịch bản tại các huyện hạ lưu sông Ba. Trong đó, độ sâu ngập xác định là độ sâu ngập trung bình của phạm vi ngập của từng huyện. Số người bị ảnh hưởng bởi ngập lụt tại các huyện được xác định dựa trên diện tích ngập của huyện và mật độ dân số của các huyện tương ứng. Số người có khả năng tử vong được thực hiện theo bước 3 và bước 4 trong nghiên cứu này.

Bảng 4. Kết quả tính toán rủi ro do lũ tại hạ lưu sông Ba theo các kịch bản thay đổi mưa

Huyện	Dân số	Tần suất lũ			Độ sâu ngập			Số người có khả năng tử vong			Rủi ro (10^{-5})		
		Trận lũ 2009	Tăng mưa 10%	Tăng mưa 20%	Trận lũ 2009	Tăng mưa 10%	Tăng mưa 20%	Trận lũ 2009	Tăng mưa 10%	Tăng mưa 20%	Trận lũ 2009	Tăng mưa 10%	Tăng mưa 20%
H.Đông Hòa	119991	0,1	0,07	0,05	2,06	2,30	2,49	1,0	10,0	36,0	0,1	0,6	1,5
H.Phú Hòa	103184	0,1	0,07	0,05	2,47	2,62	2,74	20,0	40,0	76,0	1,9	2,7	3,7
H.Tây Hòa	111219	0,1	0,07	0,05	2,52	2,66	2,77	7,0	35,0	83,0	0,6	2,2	3,7
TP Tuy Hòa	202030	0,1	0,07	0,05	2,18	2,42	2,61	14,0	27,0	94,0	0,7	0,9	2,3



Hình 12. Số người có thể thiệt mạng theo các kịch bản lũ



Hình 13. Khả năng rủi ro do lũ tương ứng với kịch bản mưa

Từ Hình 12 nhận thấy, số người thiệt mạng do ngập lụt theo các kịch bản lũ tăng lên theo các kịch bản mưa tăng lên trong tương lai, tăng đột biến khi lượng mưa tăng 20% so với trận mưa gây lũ năm 2009, trận lũ này tương ứng kịch bản tần suất lũ 5% tính toán mực nước tại Phú Lâm. Hình 13 thể hiện khả năng rủi do do lũ trong tương lai tăng theo các kịch bản mưa, chỉ số rủi ro lũ về thiệt hại con người chỉ ra tại những vùng có độ sâu ngập lụt lớn và dân số đông như thành phố Tuy Hòa, huyện Tây Hòa và huyện Phú Hòa. Các thông tin rủi ro về người tại các huyện được tính toán trên cơ sở độ sâu trung bình khu vực ngập lụt và số người dân tại

địa phương nên những giá trị rủi ro của từng huyện thể hiện mức độ rủi ro cho dân cư sống trên từng huyện.

4. Kết luận

Bài báo trình bày phương pháp đánh giá rủi ro con người do lũ, ngập lụt đã được thực hiện để đánh giá khả năng tác động của thiên tai lũ ngập lụt đối với dân sinh. Bài báo đã thực hiện lựa chọn trận lũ điển hình và thiết lập bộ mô hình tính toán ngập lụt hạ lưu sông Ba cho trận lũ kịch bản nền (XI/2009) và kịch bản dao động khí hậu trong tương lai (kịch bản tăng mưa 10% và 20% so với trận lũ năm 2009).

Thiệt hại về con người do lũ, phụ thuộc vào các yếu tố ngập lụt như: Biện pháp phòng chống của địa phương, khả năng dự báo trước thiên tai, vận tốc, thời gian ngập lụt và độ sâu ngập, địa hình chi tiết .... Trong phạm vi bài báo này thiệt hại về con người được tính toán phụ thuộc vào độ sâu ngập lụt, các yếu tố khác trong tương lai cần được xét thêm.

Kết quả đánh giá rủi ro về người do ngập lụt tại khu vực hạ lưu sông Ba các kịch bản thay đổi mưa trong tương lai. Kết quả đánh giá với giả thiết các kịch bản trong tương lai lượng mưa có thể tăng 10% và 20% so với trận lũ tháng XI/2009. Tại các huyện tập trung đông dân số như huyện Phú Hòa và thành phố Tuy Hòa có khả năng thiệt hại về người cao hơn các huyện còn lại.

Tồn tại: Dự tính số người bị thiệt hại do ngập lụt theo công thức được đề xuất của Boyd và cộng sự chỉ xem xét yếu tố độ sâu ngập lụt, bỏ qua yếu tố vận tốc dòng chảy và thời gian duy trì ngập lụt chưa, ngoài ra các tham số của công thức tính chưa được kiểm chứng cho Việt Nam cho nên kết quả tính số người có khả năng thiệt mạng chỉ để tham khảo.

***Lời cảm ơn**: Nội dung bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Quốc gia "Nghiên cứu xây dựng phương pháp luận theo tiếp cận kết hợp "từ trên xuống" và "từ dưới lên" đánh giá rủi ro nguồn nước do thay đổi chế độ thủy văn dưới tác động của thay đổi khu vực và toàn cầu", mã số ĐTĐL.CN-60/21, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu là cơ quan chủ trì.*

Tài liệu tam khảo

Tài liệu tiếng Việt

1. Lương Hữu Dũng (2018), *Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo tài nguyên nước mặt phục vụ lập kế hoạch sử dụng nước cho lưu vực sông Ba và sông Kôn ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên,* Báo cáo tổng kết nhiệm vụ khoa học và công nghệ mã số TNMT.2016.02.21, Viện Khoa học Khí Tượng Thủy Văn và Biến đổi khí hậu, Hà Nội.
2. Ngô Đình Tuấn (2015), *"Đặc điểm Lưu vực sông Ba trong vận hành hồ chứa và đánh giá môi trường tích lũy", Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, số 49, tr.80-85.
3. Viện Khí tượng Thủy văn và Biên đổi khí hậu (2022), *Báo cáo tổng kết dự án Xác định tuyến thóat lũ và chỉ giới thóat lũ hạ lưu một số hệ thống sông chính ven biển Miền Trung, phục vụ ứng phó, phòng chống thiên tai và quy hoạch phát triển bền vững kinh tế xã hội*.
4. Viện Quy hoạch Thủy lợi (2018), *Báo cáo tổng hợp Dự án Điều chỉnh quy hoạch thủy lợi Lưu vực sông Ba và vùng phụ cận giai đoạn 2025 và tầm nhìn đến năm 2035*.

Tài liệu tiếng Anh

5. Birkmann J, Welle T (2015), *"Assessing the risk of loss and damage: exposure, vulnerability and risk toclimate-related hazards for different country classifcations", Int J Global Warming* 8, No.2, 191-212, DOI:10.1504/IJGW.2015.071963.
6. Boyd E (2005), *Toward an empirical measure of disaster vulnerability: storm surges, New Orleans, and Hurricane Betsy,* Poster presented at the 4th UCLA conference on public health and disasters, Los Angeles, 1-4 May 2005.
7. Boyd E, Levitan M, van Heerden I (2005), *"Further specification of the dose-response relationship for flood fatality estimation", Paper presented at the US-Bangladesh workshop on innovation*

in windstorm/storm surge mitigation construction, National Science Foundation and Ministry of Disaster & Relief, Government of Bangladesh. Dhaka, 19-21 December 2005.
8. C. Hill et al (2020), "*Hotspots of Present and Future Risk Within Deltas: Hazards, Exposure and Vulnerability" In book: Deltas in the Anthropocene (pp.127-151)*. DOI:10.1007/978-3-030-23517-8_6.
9. DHI. (2013), *User's Manual, Mike 11.*
10. Frank Messner et al (2007), *Evaluating flood dam ages: guidance and recommendations on principles and m ethods*, FLOODsite, Report number: T09-06-01.
11. IPCC (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T,F, D, Qin, G,-K, Plattner, M, Tignor, S,K, Allen, J, Boschung, A, Nauels, Y, Xia, V, Bex and P,M, Midgley (eds,)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10,1017/CBO9781107415324.
12. IPCC (2018), *Special Report on Global Warming of 1,5 °C (SR15)*.
13. IPCC (2019), *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC).*
14. Jean - Francois Desprats et al. (2010), *"A 'coastal-hazard GIS' for Sri Lanka", J. Coast Consrv,* 14, 21-31.
15. Jonkman S.N. et al (2009), *"Loss of life Caused by flooding of New Orleans After Hurricane Katrina: Analysis of the Relationship Between Flood Characteristics and Mortality", Risk Analysis*, Vol. 29, No 5.
16. Koks et al (2014), *Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management,* Environmental, Science & Policy, Elsevier.
17. Kron W (2002), *Keynote lecture: Flood risk = hazard× exposure× vulnerability*, Flood defence: 82-97
18. Pagliacci F, Russo M (2019), *Multi-hazard, exposure and vulnerability in Italian municipalities. Resilience and Urban Disasters,* Edward Elgar Publishing.
19. Weis SWM et al (2016), *"Assessing vulnerability: an integrated approach for mapping adaptive capacity, sensitivity, and exposure", Climate Change,* 136, 615-629.

RISK ASSESSMENT FOR HUMAN BY FLOOD IN THE BA RIVER DOWNSTREAM BASIN

Van Thi Hang[(2)], Tran Van Tra[(1)], Dang Thi Lan Phuong[(2)], Phan Van Thanh[(2)], Dang Thu Hien[(2)]
[(1)]*Institute of Water Resources Sciences*
[(2)]*The Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change*

Received: 19/10/2023; Accepted: 21/11/2023

Abstract: *The impact of floods is very serious, especially in economic and population concentrated areas of the basin. Flood risk is not only affects socio-economic activities, causes damage to food crops, especially the number of people who die every year due to the type of natural disasters that floods always occur. In this papper, providing information about the risks to humans when natural disasters and floods occur in the lower Ba River basin. The study gives infomation to some results of human damage impacts in the lower Ba River basin for the baseline scenario (flood of November 2009) and the scenario of rainfall increasing by 10% and 20% compared to the baseline scenario. The results show that human risk is high in areas with high population concentration and low-lying areas. In the downstream Ba River basin, areas with high human impact include Phu Hoa district and Tuy Hoa city. The results presented in the article can provide information about the potential impact of floods on people of downstream Ba River basin, thereby providing measures to minimize unwanted impacts on this type of natural disaster.*

Keywords: *Human risks, flooding, Ba river basin, rain changes.*