



Original Article

Simulation of Flooding in the Ky Lo River Basin, Phu Yen Province Under the Impacts of Climate Change and Sea Level Rise

Nguyen Bach Tung^{1,*}, Dang Dinh Duc¹, Tran Ngoc Anh¹, Tran Thanh Tung²

¹VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

²Thuy Loi University, 175 Tay Son, Dong Da, Hanoi, Vietnam

Received 16 September 2020

Revised 25 January 2021; Accepted 29 January 2021

Abstract: This study attempts to develop the MIKE FLOOD model to simulate Ky Lo river flooding using two major floods in November 2009, November 2010 and survey results carried out in June and October 2019 by State Level Project ĐTĐL.CN.33/18 for calibration and validation. The results showed good agreements between simulated water level/discharge and observations. The model was then applied to simulate and assess floods in Ky Lo river basin under the impacts of climate change and sea-level rise until 2030 and 2070 using RCP 8.5 scenario issued by MONRE. The results showed that maximum flooding area downstream of Ky Lo river basin in 2030 was around 9.128 ha and in 2070 was 9.562 ha, corresponding to 100-year flood event, mostly concentrated in Chi Thanh, An Ninh Tay, An Cu, An Ninh Dong and An Chan communes of Tuy An district.

Keywords: MIKE FLOOD, flooding simulation, Ky Lo River.

* Corresponding author.

E-mail address: bachtung_cefd@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4695>

Mô phỏng ngập lụt khu vực sông Kỳ Lộ, tỉnh Phú Yên dưới tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng

Nguyễn Bách Tùng^{1,*}, Đặng Đình Đức¹, Trần Ngọc Anh¹, Trần Thanh Tùng²

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 16 tháng 9 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 25 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 29 tháng 01 năm 2021

Tóm tắt: Bài báo đã xây dựng bộ mô hình MIKE FLOOD mô phỏng ngập lụt cho sông Kỳ Lộ với các thông số được xác định qua quá trình hiệu chỉnh và kiểm định với 2 trận lũ lớn tháng 11 năm 2009, tháng 11 năm 2010 và các kết quả khảo sát thủy động lực tháng 6 và tháng 11 năm 2019 của đề tài ĐTĐL.CN.33/18. Kết quả mô phỏng cho thấy kết quả tương quan tốt giữa số liệu tính toán và thực đo trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Từ đó, bộ mô hình đã sử dụng các thông số để mô phỏng và đánh giá ngập lụt trên lưu vực dưới tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng (BĐKH&NBD) năm đến 2030 và năm 2070 theo kịch bản RCP 8.5. Kết quả cho thấy diện tích ngập lụt lớn nhất trên lưu vực sông Kỳ Lộ năm 2030 là 9.128 ha và năm 2070 là 9.562 ha tương ứng trận lũ có chu kỳ 100 năm tập trung ở một số xã như Chí Thạnh, An Ninh Tây, An Cư, An Ninh Đông, An Chấn thuộc huyện Tuy An.

Từ khóa: MIKE FLOOD, Mô phỏng ngập lụt, Sông Kỳ Lộ.

1. Mở đầu

Việt Nam hiện là quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề của hiện tượng BĐKH&NBD, với hàng chục cơn bão nhiệt đới và đợt lũ lớn mỗi năm. Các tỉnh miền Trung Việt Nam đã phải hứng chịu những trận mưa rất lớn từ ngày 1 đến ngày 6 tháng 11 năm 1999, gây ra lũ lụt nghiêm trọng, nhấn chìm nhiều huyện, thị xã, làm thiệt hại tài sản lên đến gần 3.800 tỷ đồng và số người chết là 595 người [1].

Do những tác hại to lớn mà lũ lụt và BĐKH gây ra nên việc nghiên cứu các giải pháp phòng chống lũ lụt do biến đổi khí hậu được tất cả các quốc gia hết sức coi trọng. Các giải pháp xây

dựng đê điều, hồ chứa, cải tạo lòng sông,... kết hợp với các biện pháp trồng rừng, xây dựng các phương án phòng tránh ngập lụt và di dân khi có thông tin dự báo lũ chính xác được xem là những giải pháp có hiệu quả cao [2, 3]. Việc dự báo và cảnh báo ngập lụt, các bản đồ khoanh vùng có khả năng bị ngập lụt là rất cần thiết nhằm giảm thiểu thiệt hại về người và kinh tế.

Dưới sự tác động của BĐKH&NBD, tình hình ngập lụt trên nhiều tỉnh diễn biến rất phức tạp, việc mô phỏng và tính toán dự tính cho tương lai là điều vô cùng quan trọng để đưa ra các chính sách và kế hoạch phân vùng cho phù hợp với các vùng bị ảnh hưởng bởi ngập lụt. Do đó, việc mô phỏng ngập lụt sông Kỳ Lộ dưới tác

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: bachtung_cefd@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4695>

động của BĐKH&NBD là cần thiết để hỗ trợ địa phương ra quyết định quy hoạch cho lưu vực sông Kỳ Lộ.

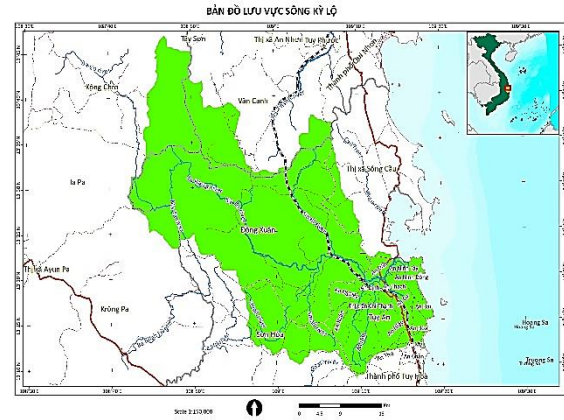
Để tính toán và mô phỏng ngập lụt cho sông Kỳ Lộ, bài báo sử dụng mô hình MIKE FLOOD là mô hình thủy động lực học dòng chảy kết nối 1&2 chiều có khả năng mô phỏng mực nước và dòng chảy trên sông, vùng cửa sông, vịnh và ven biển, cũng như mô phỏng dòng không ổn định hai chiều ngang trên đồng bằng ngập lũ. Mô hình này kết hợp các ưu điểm của mô hình 1 chiều cho mạng lưới sông (thời gian mô phỏng ngắn) với các lợi thế của mô hình 2 chiều (mô phỏng chính xác diện ngập lụt và trường vận tốc trên bề mặt đồng bằng ngập lũ) đồng thời tương thích với các cấu trúc GIS thông dụng vì thế đã nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu cũng như có nhiều ứng dụng trong thực tiễn ở Việt Nam và trên thế giới [2, 4].

Đã có một số nghiên cứu mô phỏng dòng chảy lũ trên sông Kỳ Lộ bằng mô hình MARIEN của Ths. Võ Anh Kiệt [7] đã hiệu chỉnh và kiểm định 2 trận lũ lịch sử năm 2009 và năm 2010 và dự báo tương đối chính xác dự báo lũ cho năm 2017. Tuy nhiên, mô hình chưa xác định được diễn biến ngập lụt trên lưu vực sông Kỳ Lộ. Do vậy cần có các nghiên cứu chuyên sâu để mô phỏng diễn biến ngập lụt trên lưu vực sông Kỳ Lộ. Với những số liệu thu thập và những số liệu thực tế thu thập trong những năm gần đây, bài báo đã xây dựng mô hình MIKE FLOOD để mô phỏng các diễn biến ngập lụt trên lưu vực sông Kỳ Lộ đặc biệt là khu vực hạ lưu sông.

2. Giới thiệu khu vực

Lưu vực sông Kỳ Lộ nằm trong khoảng $13^{\circ}09'15''$ - $13^{\circ}46'40''$ vĩ độ bắc, $108^{\circ}42'08''$ - $109^{\circ}19'08''$ kinh độ đông, phía bắc giáp lưu vực sông Hà Thanh, phía tây và phía nam giáp lưu vực sông Ba, phía đông giáp Biển Đông. Lưu vực trải rộng trên các huyện Đồng Xuân và Tuy An của tỉnh Phú Yên và một phần phía tây và tây bắc nằm ở huyện Vân Canh tỉnh Bình Định, huyện KrongChro và Krongpa tỉnh Kon Tum (Hình 1). Diện tích lưu vực tính đến cửa biển là

2058 km², chiều dài sông chính 103 km, chiều rộng bình quân lưu vực 15,8 km, mật độ sông suối 0,14 km/km² [5, 6].



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Kỳ Lộ.

Lưu vực sông Kỳ Lộ thuộc vùng duyên hải Nam Trung Bộ, nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới ẩm, gió mùa, với 2 mùa rõ rệt, mùa khô kéo dài từ tháng 1 đến tháng 8, mùa mưa kéo dài từ tháng 9 đến tháng 12. Là khu vực có nhiều đồi dốc và có tất cả các loại địa hình như đồng bằng, đồi núi, cao nguyên, thung lũng xen kẽ nhau và thấp dần từ tây sang đông. Tuy nhiên yếu tố địa hình chi phối đến điều kiện khí hậu thủy văn của lưu vực chủ yếu là hai dãy núi Cù Mông, Đèo Cả và thung lũng sông Kỳ Lộ [5, 6].

Trong năm, lượng mưa của mùa mưa từ tháng 9 đến tháng 12 đạt được từ 1152-1738 mm chiếm 68-84% lượng mưa cả năm, còn mùa khô 260-684 mm chiếm từ 13-32%. Dòng chảy trên các sông biến đổi theo không gian và thời gian. Sự phân bố của dòng chảy tương tự sự phân bố của mưa, dòng chảy 4 tháng mùa lũ chiếm từ 70%-75% lượng dòng chảy cả năm, lượng dòng chảy 8 tháng mùa cạn chỉ chiếm khoảng từ 25%-30% lượng dòng chảy cả năm. Lũ lớn nhất trong năm thường xuất hiện vào tháng 10 và 11 đạt trên 85%, trong đó tháng 10 thường xuất hiện từ 15-40%, tháng 11 từ 57-77% [5, 6].

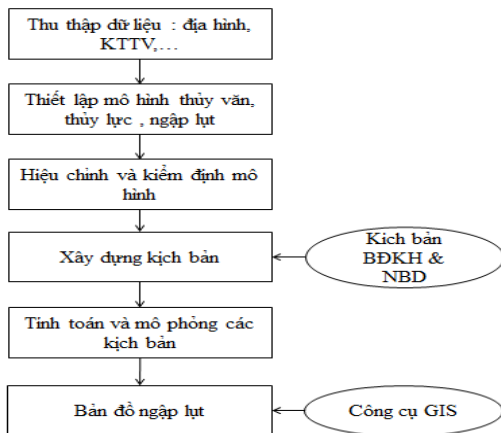
Chỉ trong 3 năm trước đây, lũ lụt trên lưu vực có sự gia tăng về số lượng cũng như cường độ. Năm 2007, xảy ra 5 trận lũ, năm 2008 xảy ra 6 trận lũ, năm 2009 xảy ra 3 trận lũ, tình hình ngập

lụt ở các vùng dân cư diễn ra liên tục, kéo dài, ảnh hưởng to lớn đến các hoạt động dân sinh kinh tế và môi trường sinh thái [5, 7].

3. Phương pháp và cơ sở dữ liệu

3.1. Cách tiếp cận và các bước thực hiện

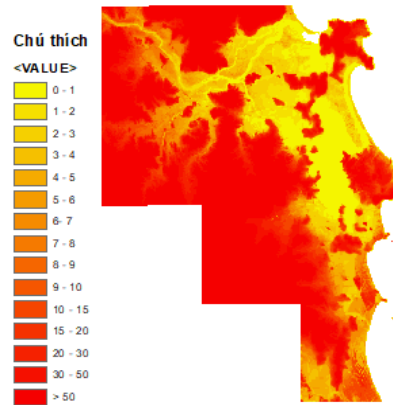
Dòng chảy trong vùng ngập lụt là dòng chảy 2 chiều theo phương ngang, vừa có dòng chảy tập trung trong các mạng lưới sông suối vừa có dòng chảy tràn trên bề mặt, do vậy nếu sử dụng mô hình 2 chiều để mô phỏng quá trình này thì yêu cầu lưới tính khá chi tiết để mô tả đủ chính xác các ảnh hưởng của dòng chảy tập trung trong các kênh, rãnh. Do đó, nghiên cứu đã sử dụng mô hình MIKE FLOOD được phát triển bởi Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) thực chất là phần mềm liên kết giữa mô hình MIKE 11 và MIKE 21 đã được xây dựng trước đó để mô phỏng ngập lụt cho khu vực [2-4]. Các bước mô phỏng ngập lụt cho hạ lưu các lưu vực sông được khái quát hóa như Hình 2.



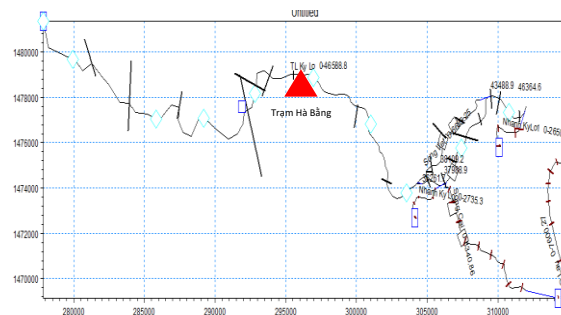
Hình 2. Sơ đồ mô phỏng ngập lụt.

3.2. Cơ sở dữ liệu

Dữ liệu địa hình: bản đồ địa hình tỷ lệ 1:10,000 tại khu vực nghiên cứu được cung cấp bởi Cục đo đạc và Bản đồ Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường được sử dụng để tạo mô hình số độ cao (DEM) với độ phân giải 30 m x 30 m (Hình 3) bằng công cụ GIS, hệ tọa độ của VN2000, kinh tuyến trung tâm 108° và cao độ quốc gia Việt Nam.



Hình 3. Mô hình số cao độ (DEM) khu vực nghiên cứu.



Hình 4. Sơ đồ hình minh họa mặt cắt ngang sông.

Bảng 1. Thông tin về các mặt cắt sử dụng trong mô hình MIKE 11.

TT	Tên sông	Chiều dài (km)	Số mặt cắt	Điểm đầu	Điểm cuối
1	Kỳ Lộ	48	15	Phú Giang	Cửa Tiên châu
2	Cái	8,3	9	Sông Kỳ Lộ	Đầm Ô Loan
3	Ô Loan	7,6	9	Đầm Ô Loan	Đầm Ô Loan
4	Vét	6,7	8	Sông Kỳ Lộ	Cửa Tiên châu

Tài liệu mặt cắt sông: tài liệu mặt cắt ngang sông từ số liệu mặt cắt đo đạc khảo sát trong khuôn khổ đề tài ĐTĐLCN.33/18 triển khai kết hợp với dữ liệu mặt cắt đã thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Nam Trung Bộ gồm 41 mặt cắt cho sông chính và 3 chi lưu (Hình 4, Bảng 1).

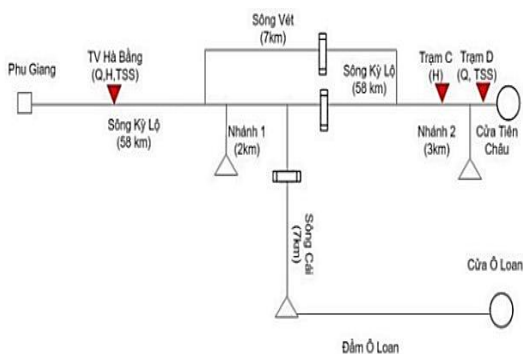
Tài liệu về công trình: trên hệ thống sông Kỳ Lộ có 3 đập lớn gồm đập Tam Giang (sông Kỳ Lộ), đập Hà Yên (sông Cái), Đập Ông Tấn (sông Cái) (Hình 5). Vai trò đập dâng là trữ nước và dâng đầu nước làm ảnh hưởng đến chế độ thủy động lực trên sông.

Số liệu khí tượng thủy văn: nghiên cứu sử dụng lượng mưa tại các trạm Vân Canh, Hà Bằng, Sông Cầu, mực nước tại trạm thủy văn Hà Bằng, và số liệu khảo sát Q, H thuộc đề tài ĐTĐLCN.33/18 ở khu vực hạ lưu.

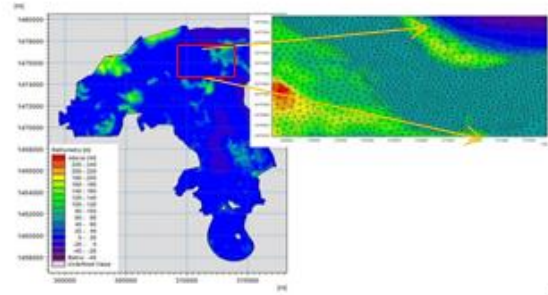
4. Xây dựng mô hình tính toán ngập lụt cho lưu vực sông Kỳ Lộ dưới tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng

4.1. Thiết lập mô hình

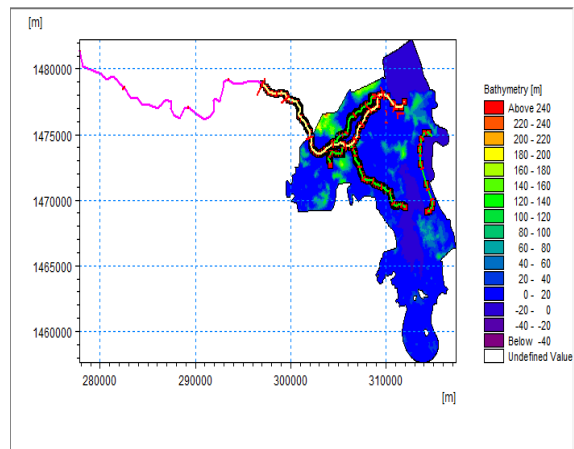
Trong bài báo, mô hình MIKE 11 được thiết lập với biên trên tại Phù Giang và các nhập lưu khu giữa được tính toán bằng mô hình NAM, biên dưới tại cửa Tiên Châu và cửa Ô Loan (Hình 5). Mô hình MIKE 21 sử dụng lưới tính phi cấu trúc mô phỏng địa hình cho khu vực hạ lưu sông Kỳ Lộ (Hình 6) và kết nối với mạng sông trong MIKE 11 bằng công cụ MIKE FLOOD (Hình 7).



Hình 5. Sơ đồ tính toán mô hình 1 chiều.

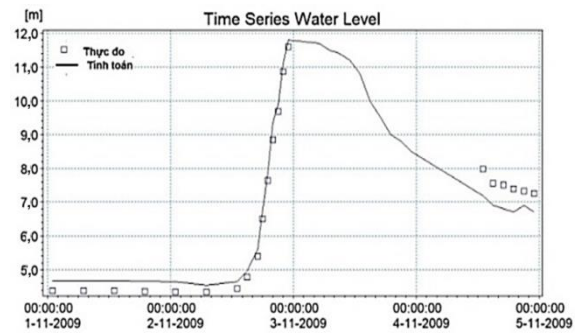


Hình 6. Lưới tính toán 2D trong mô hình MIKE 21.



Hình 7. Kết nối mô hình 1D-2D trong MIKE FLOOD.

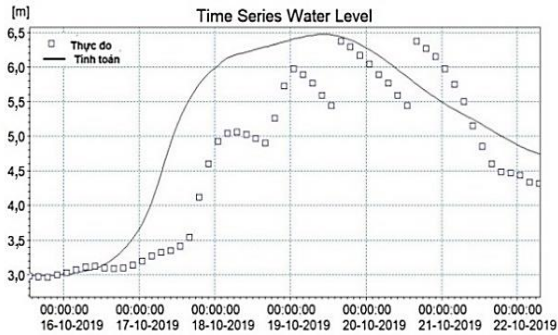
4.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình



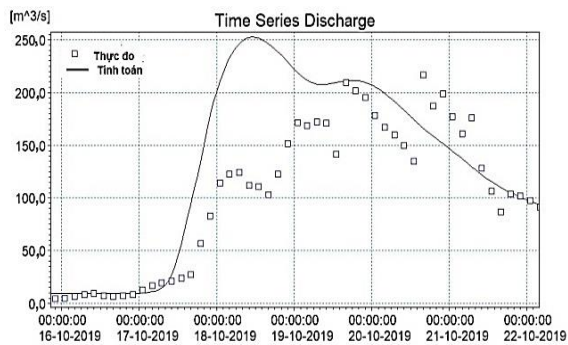
Hình 8. Mực nước tính toán và thực đo tại Hà Bằng tháng 11/2009

Tài liệu mực nước trận lũ 01-05/11/2009 tại trạm thủy văn Hà Bằng, và từ 15-22/10/2019 tại các trạm đo C, D (Hình 5) và Hà Bằng của đề tài ĐTĐLCN.33/18 [8, 9] được sử dụng để hiệu

chỉnh bộ thông số và kiểm định với trận lũ 07-10/11/2010 và trong khoảng thời gian từ 02-09/6/2019 tại các trạm nói trên.



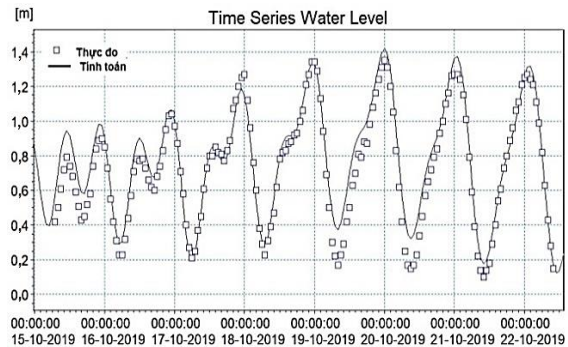
Hình 9. Mức nước tính toán và thực đo tại Hà Bằng từ 15 – 22/10/2019.



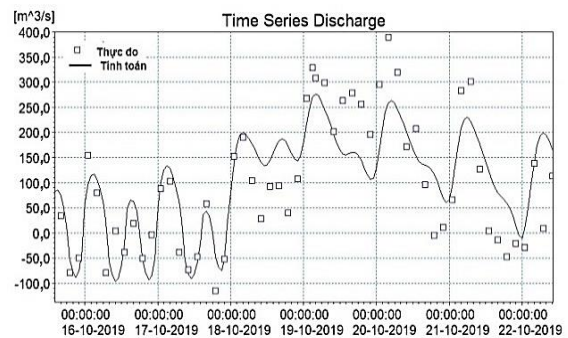
Hình 10. Lưu lượng tính toán và thực đo tại Hà Bằng từ 15 – 22/10/2019.

Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy, tại trạm thượng lưu Hà Bằng trong trận lũ 2009 mực nước tính toán bám sát mực nước thực đo, hệ số Nash-Sutcliffe [3] đạt 0,76 ở mức tốt, chênh lệch mực nước đỉnh lũ là 0,13 m, bằng 1,64% giá trị của biên độ lũ (Hình 8), trong khi đó kết quả cho trận lũ tháng 10 năm 2019 kém hơn nhiều dù hệ số Nash-Sutcliffe vẫn đạt mức cho phép (0,72 đối với H và 0,68 đối với Q) và chênh lệch mực nước đỉnh lũ là 0,11 m (2,8% biên độ lũ) và chênh lệch lưu lượng đỉnh lũ là 32 m³/s (12,15% giá trị đỉnh lũ) (Hình 9, Hình 10). Tại trạm C gần cửa sông, nơi các dao động thủy triều chiếm ưu thế, quá trình tính toán và thực đo bám sát nhau (Hình 11), hệ số Nash-Sutcliffe đạt 0,97, chênh lệch lớn nhất giữa tính toán và thực đo của đỉnh

triều là 0,09 m và chân triều là 0,18 m, trong khi quá trình lưu lượng tại sát vị trí cửa ra (trạm D) tuy đồng pha (hệ số Nash-Sutcliffe 0,68) nhưng có nhiều sai lệch (Hình 12). Điều này có thể là do hạn chế của mô hình kết nối 1&2D khi mô phỏng quá trình dòng chảy ở khu vực cửa sông có mặt cắt rộng, địa hình phức tạp.



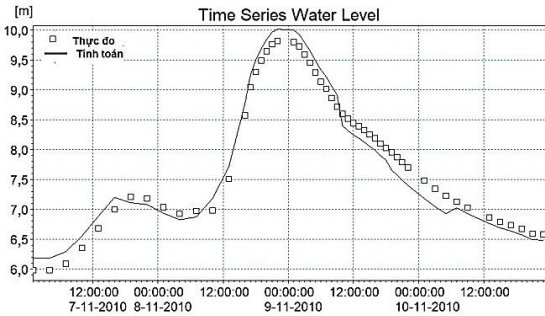
Hình 11. Mức nước tính toán và thực đo tại trạm C từ 15 – 22/10/2019.



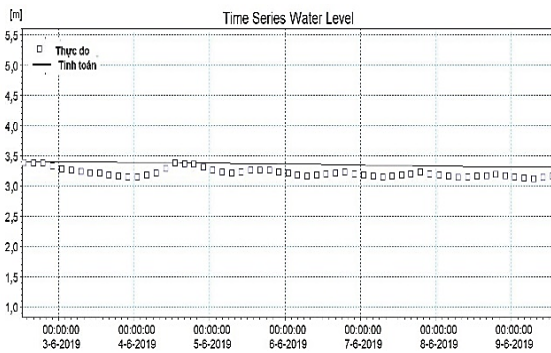
Hình 12. Lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm D từ 15 – 22/10/2019.

Bộ thông số mô hình được giữ nguyên để kiểm định cho thấy sự tương đồng giữa mực nước tính toán và thực đo tại trạm Hà Bằng trong trận lũ từ 07-10/11/2010, hệ số Nash-Sutcliffe đạt 0,78, chênh lệch mực nước đỉnh lũ là 0,14 m tương ứng 2,3% biên độ trận lũ (Hình 13). Kết quả kiểm định cho thời đoạn từ 02-09/06/2019 (Hình 14, 15), không có lũ, mực nước và lưu lượng tính toán và thực đo ít thay đổi và tương đối phù hợp (hệ số Nash-Sutcliffe tương ứng là 0,85 và 0,62). Tương tự như quá trình hiệu chỉnh, mô hình mô phỏng rất tốt mực nước trạm C

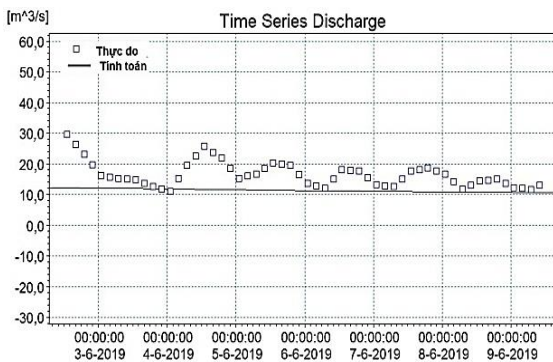
(Hình 16) và D (Hình 17) với hệ số Nash-Sutcliffe đạt 0,96 và 0,97. Trong khi đó kết quả mô phỏng lưu lượng tại điểm sát cửa ra đã cho thấy sự phù hợp (Hình 18) với Nash-Sutcliffe đạt 0,82, thuộc loại tốt.



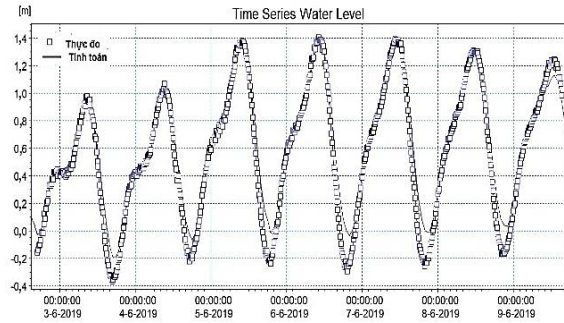
Hình 13. Mức nước tính toán và thực đo tại trạm Hà Bằng tháng 11/2010.



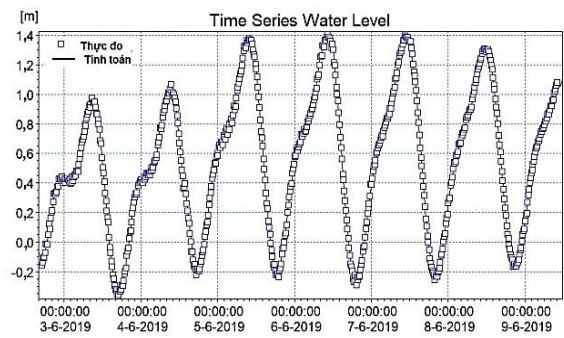
Hình 14. Mức nước tính toán và thực đo tại trạm Hà Bằng từ 02 – 09/06/2019.



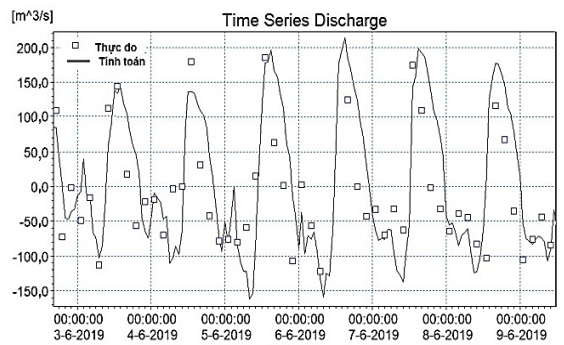
Hình 15. Lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Hà Bằng từ 02 – 09/06/2019.



Hình 16. Mức nước tính toán và thực đo tại trạm C từ 02 – 09/06/2019.



Hình 17. Mức nước tính toán và thực đo tại trạm D từ 02 – 09/06/2019.



Hình 18. Lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm D từ 02 – 09/06/2019.

Các phân tích trên cho thấy, dù kết quả phỏng lưu lượng tại cửa trong điều kiện lũ chưa tốt nhưng mô hình đã bắt được các đỉnh mực nước và mô phỏng khá tốt quá trình ngập ở khu vực hạ lưu và có thể được sử dụng để mô phỏng và tính toán các kịch bản tiếp theo trong tương lai.

4.3. Kết quả ngập lụt lưu vực sông Kỳ Lộ dưới tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng

4.3.1. Xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng

Bảng 2. Tần suất mực nước thiết kế tại Tuy An (TCVN 9901-2013)

STT	Tần suất P(%)	Mực nước biển (cm)
1	0,50	121,33
2	1,00	109,17
3	2,00	105,50
4	5,00	104,47
5	10,00	103,77
6	20,00	102,07
7	50,00	96,90

Bảng 3. Tổ hợp các kịch bản mô phỏng ngập lụt theo BĐKH và NBD

Năm	Tần suất 10%	Tần suất 1%
2030	KB1	KB2
2070	KB3	KB4

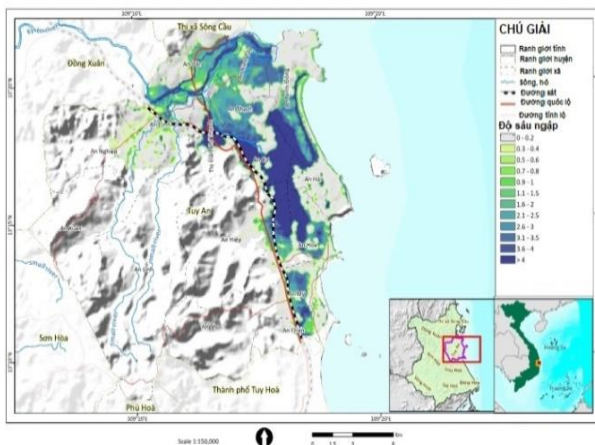
Nghiên cứu này sử dụng kịch bản BĐKH&NBD RCP 8.5 đến năm 2030 và 2070 của Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016, theo đó

lượng mưa tại Tuy An tăng tương ứng 12% và 28% so với giai đoạn nền [10].

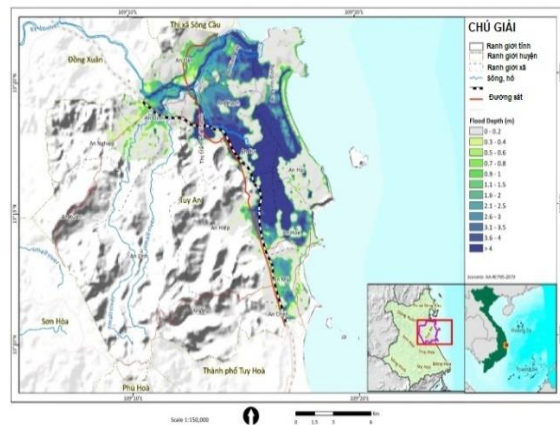
Đối với kịch bản nước biển dâng, sử dụng số liệu mực nước dâng cực đại tương ứng sử dụng tại tài liệu TCVN 9901-2013: công trình thủy lợi – yêu cầu thiết kế đê biển (Bảng 2) với các tần suất 1% và 10%. Trận lũ thiết kế tương ứng được tính toán trong thời kỳ nền sử dụng trận mưa lũ điển hình tháng 11/2010 để thu phóng và xây dựng các kịch bản tính toán (Bảng 3).

4.1.2. Kết quả ngập lụt lưu vực sông Kỳ Lộ theo các kịch bản

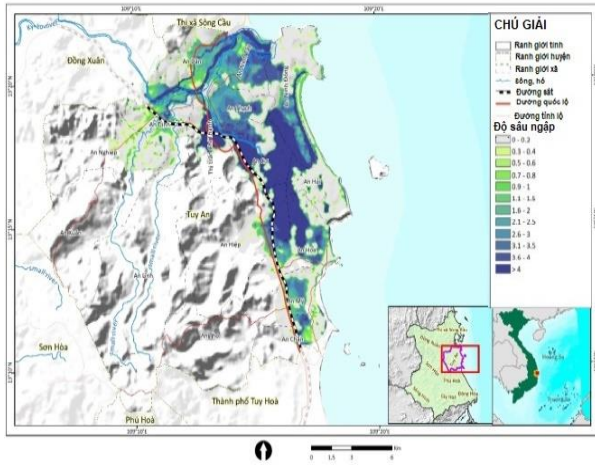
Bản đồ ngập lụt chi tiết theo các kịch bản được trình bày trên các Hình 19 – 22 và số liệu tính diện ngập tương ứng được trình bày trong Bảng 4 cho thấy diện tích ngập lụt lớn nhất trên lưu vực sông Kỳ Lộ năm 2030 là 9.128 ha và năm 2070 là 9.562 ha tương ứng trận lũ tần suất 1% tập trung ở một số xã như Chí Thạnh, An Ninh Tây, An Cư, An Ninh Đông, An Chấn thuộc huyện Tuy An. Đối với kịch bản lũ có tần suất 10% thì diện tích ngập lớn nhất trên lưu vực sông Kỳ Lộ năm 2030 là 8.932 ha và năm 2070 là 9.244 ha. So với hiện trạng thì các xã Chí Thạnh, An Ninh Tây, An Ninh Đông vẫn ngập. Tuy nhiên về độ sâu ngập 1 số vùng so với hiện trạng cao hơn từ 0,2-0,5 m.



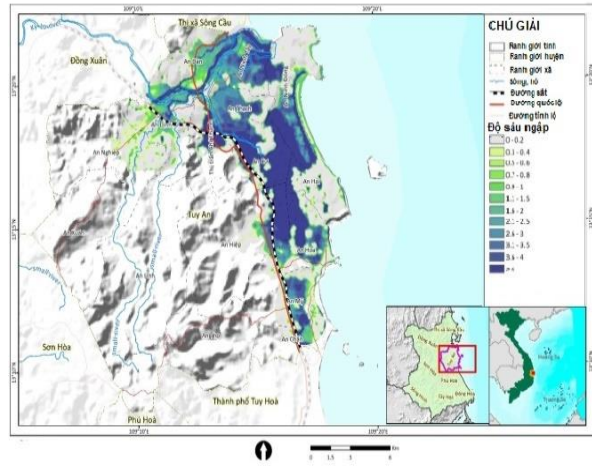
Hình 19. Bản đồ minh họa ngập lụt theo kịch bản KB 1.



Hình 20. Bản đồ minh họa ngập lụt theo kịch bản KB 2.



Hình 21. Bản đồ minh họa ngập lụt theo kịch bản KB 3.



Hình 22. Bản đồ minh họa ngập lụt theo kịch bản KB 4.

Bảng 4. Diện tích ngập lụt theo các cấp ngập trên sông Kỳ Lộ

Năm	Chu kỳ lặp lại	Độ sâu ngập (m)							Tổng diện tích ngập (ha)
		0,2 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 5,0	> 5,0	
		Diện tích ngập tối đa theo các cấp độ sâu (ha)							
2030	10%(KB1)	1920	1280	1907	1738	1384	328	375	8932
	1% (KB2)	1652	1138	1765	1705	1764	592	512	9128
2070	10%(KB3)	1329	1232	1833	1892	1634	857	467	9244
	1% (KB4)	1316	1015	1977	1826	1837	997	594	9562

5. Kết luận

Kết quả xây dựng mô hình mô phỏng ngập lụt cho lưu vực sông Kỳ Lộ cho thấy bộ thông số đã được hiệu chỉnh và kiểm định cho kết quả tương đối tốt và có thể sử dụng cho các nghiên cứu mô phỏng ngập lụt khu vực hạ lưu cũng như làm đầu vào cho các nghiên cứu thủy động lực chi tiết ở khu vực cửa sông. Ứng dụng bộ mô hình mô phỏng ngập lụt với các kịch bản khác nhau về BĐKH&NBD cho thấy, trong tương lai, diện tích ngập lụt tối đa chiếm khoảng 33% diện tích toàn huyện và chủ yếu tập trung vào các xã Chí Thạnh, An Ninh Tây, An Cư, An Ninh Đông, An Chấn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài ĐTĐLCN.33/18: “Nghiên cứu các giải pháp chính trị chống sa bồi luồng tàu cho các cảng cá và khu neo đậu tàu thuyền tỉnh Phú Yên và vùng lân cận, áp dụng cho cửa Tiên Châu”. Nhóm thực hiện xin cảm ơn sự hỗ trợ về số liệu, hệ thống tính toán hiệu năng cao được đầu tư theo dự án 08/FIRST/2a/CEFD (do Ngân hàng thế giới tài trợ) của Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội để hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Investment Newspaper, Flood Information Update in Central and Central Highlands, Archived from the Original on November, Vol. 16, 2013, <https://baodautu.vn/cap-nhat-tin-lu-lut-tai-mien-trung-tay-nguyen-d218.html> (accessed on: September 22nd, 2015) (in Vietnamese).
- [2] H. T. Binh, T. N. Anh, D. D. Kha, Application of MIKE FLOOD Model to Calculate the Flooding of Nhat Le River System in Quang Binh Province, VNU Journal of Science, Science and Technology Vol. 26, No. 3S, 2010, pp. 285 (in Vietnamese).
- [3] D. D. Kha, Application of MIKE FLOOD Model to Calculate Flood Level in Bac Thuong Tin Area, Graduation Thesis, University of Natural Sciences, Hanoi National University, 2009 (in Vietnamese).
- [4] Denmark Hydraulic Institute (DHI), MIKE FLOOD User Guide, DHI, 2014.
- [5] T. C. Danh, Research and Additional Features of Phu Yen Hydro-climate and Flood Hazard Map of Ky Lo River Basin Section from Phu Mo to Downstream, Provincial Scientific Research Project, 2012, <http://kttvntb.gov.vn/Doc.aspx?d=230> (accessed on: September 22nd, 2015) (in Vietnamese).
- [6] V. A. Kiet, L. T. Luong, Morphological Characteristics of South Central Rivers, Central Vietnam Water Resources Planning Journal, 2015 (in Vietnamese).
- [7] V. A. Kiet, Storms and Floods in Phu Yen Province in Recent Years, Identifying the Cause of the 2009 Historic Flood in Phu Yen Province, the Scientific Workshop on Climate Change in Phu Yen, April 2010 (in Vietnamese).
- [8] T. N. Anh et al., Report of the 1st Hydrodynamic Survey, Project DTĐLCN.33/18: Research on Correcting Solutions to Anti-sedimentation of Channels for Fishing Ports and Anchorage Zones, Boats in Phu Yen Province and Surrounding Areas, Applied to Tien Chau Gate, Ministry of Science and Technology, 2019 (in Vietnamese).
- [9] T. N. Anh et al., Report of 2nd Hydrodynamic Survey, Project DTĐLCN.33/18: Research on Correcting Solutions to Prevent Sedimentation of Channels for Fishing Ports and Anchorage Zones, Boats in Phu Yen Province and Surrounding Areas, Applied to Tien Chau Gate, Ministry of Science and Technology, 2019 (in Vietnamese).
- [10] Ministry of Natural Resources and Environment, Climate Change and Sea Level Rise Scenarios, 2016 (in Vietnamese).
- [11] P. M. Con, T. N. Anh, D. D. Kha, D. D. Duc, N. M. Khai, P. Q. Ha, Solutions for Flooding Drainage for the Inner City of Hanoi on the Basis of an Imbalance Node Study, Some Technical Solutions to Prevent Local Flooding, VNU Journal of Science: Natural Science and Technology, Vol. 31, No. 3S, 2015, pp. 44-55 (in Vietnamese).