

Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình

Hoàng Thái Bình^{1,*}, Trần Ngọc Anh², Đặng Đình Khả²

¹*Viện Địa lý, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam*

²*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 11 tháng 8 năm 2010

Tóm tắt. Bài báo giới thiệu một số kết quả tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình sử dụng mô hình MIKE FLOOD. Các tài liệu lưu lượng đầu vào được mô phỏng từ mưa bằng mô hình NAM. Bộ thông số mô hình kết nối 1-2 chiều được hiệu chỉnh và kiểm định bằng tài liệu thực đo mực nước hai trận lũ lớn năm 1999 và 2000 tại trạm Lệ Thủy nằm giữa khu vực nghiên cứu kết hợp với các tài liệu đo đạc diện ngập lụt của trận lũ lịch sử 1999. Kết quả tính toán bằng mô hình tương đối phù hợp với thực đo chứng tỏ khả năng ứng dụng của mô hình trong công tác xây dựng bản đồ ngập lụt và cảnh báo thiên tai lũ lụt cho khu vực hạ lưu.

Từ khóa: MIKE FLOOD, bản đồ ngập lụt, hệ thống sông Nhật Lệ

1. Mở đầu

Lũ lụt miền Trung nói chung và trên lưu vực sông Nhật Lệ nói riêng là một trong những tai biến tự nhiên, thường xuyên đe dọa cuộc sống của người dân và sự phát triển kinh tế xã hội trong vùng. Vào những năm cuối thế kỷ XX, đầu thế kỷ XXI thiên tai lũ lụt đã liên tiếp xảy ra ở lưu vực sông Nhật Lệ. Đặc biệt trận lũ lịch sử vào tháng XI/1999 đã gây tổn thất hàng trăm tỷ đồng và làm chết hàng chục người... [1-3]. Mặt khác lũ lụt đã để lại hậu quả hết sức nặng nề, hàng ngàn hộ dân phải di dời khỏi các vùng sạt lở, ngập lụt, hệ sinh thái môi trường các vùng cửa sông ven biển bị hủy hoại nghiêm trọng. Để tăng cường ứng phó với lũ lụt ngoài

các biện pháp công trình (đê kè, hồ chứa thượng lưu,...) thì các biện pháp phi công trình đóng vai trò rất quan trọng, mà phần lớn trong số đó có tính dài hạn và bền vững như các biện pháp quy hoạch sử dụng đất và bố trí dân cư. Mặt khác, ứng phó nhanh với lũ lụt bằng các biện pháp tức thời như cảnh báo, dự báo vùng ngập, di dời và sơ tán dân cư đến khu vực an toàn,... đã tỏ ra rất hiệu quả trong việc hạn chế các thiệt hại về tính mạng và tài sản nhân dân.

Để phát huy hiệu quả tối đa của các biện pháp trên cần phải xây dựng bộ bản đồ ngập lũ ứng với các trường hợp khác nhau phục vụ quy hoạch và bộ công cụ cảnh báo, dự báo diện ngập lụt phục vụ công tác ứng phó nhanh. Đồng thời các công cụ này có thể được sử dụng để ước tính các thiệt hại khi xảy ra thiên tai. Mô hình MIKE FLOOD là mô hình thủy động lực

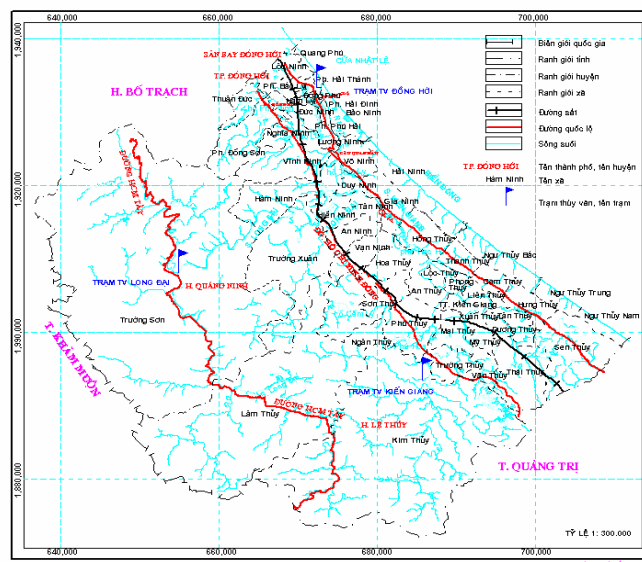
* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-38584943.
E-mail: hoangthaibinh@yahoo.com

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 [1,4].

Bài báo này giới thiệu một số kết quả ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt cho lưu vực sông Nhật Lệ, tỉnh Quảng Bình thông qua việc hiệu chỉnh và kiểm định với trận lũ năm 1999 và 2000. Kết quả mô phỏng của mô hình sẽ được sử dụng để xây dựng bộ bản đồ ngập lụt cho khu vực hạ lưu lưu vực sông Nhật Lệ ở các nghiên cứu tiếp theo.

2. Giới thiệu vùng nghiên cứu

Sông Nhật Lệ có diện tích lưu vực 2.650 km², nằm trong vùng trũng của duyên hải Trung bộ (hình 1). Địa hình lưu vực sông Nhật Lệ chủ yếu là đồi núi thấp, độ cao bình quân lưu vực đạt 234 m và độ dốc đạt 20,1%, có hướng dốc từ Tây sang Đông. Lưu vực có dạng hình tròn, là tập hợp của 2 nhánh sông Kiến Giang và Long Đại. Nhánh sông Kiến Giang có chiều dài 96 km chảy theo hướng Tây Nam - Đông Bắc ở phần thượng du, sau đó chuyển sang hướng Đông Nam - Tây Bắc ở phần hạ lưu, chạy song song với đường bờ biển và được ngăn cách với biển bằng dãy đụn cát cao. Nhánh Long Đại chảy theo hướng Tây Nam - Đông Bắc với chiều dài 93 km. Bề mặt lưu vực bị chia cắt mạnh nên mạng lưới sông suối khá phát triển với mật độ lưới sông 0,84 km/km². Phần hạ lưu sông khá trũng, thuận lợi cho việc tập trung nước, đồng thời cửa Nhật Lệ đổ ra biển hẹp lại có bar cát chắn ngang gây khó khăn cho thoát lũ. Do vậy hàng năm khu vực luôn chịu ảnh hưởng nặng nề của các trận lũ gây úng ngập trên diện rộng và uy hiếp thành phố Đồng Hới [1,2].



Hình 1. Sơ đồ lưu vực hệ thống sông Nhật Lệ, tỉnh Quảng Bình.

3. Giới thiệu mô hình MIKE FLOOD

Dòng chảy trong vùng ngập lũ 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. Mặt khác, dòng chảy tràn trên bề mặt chỉ xuất hiện khi có mực nước trong sông cao hơn cao trình bờ (hoặc đê), vì thế để giảm thời gian và khối lượng tính toán có thể kết hợp các ưu điểm của cả mô hình 1 và 2 chiều bằng cách chỉ kích hoạt mô đun tính toán 2 chiều khi xuất hiện dòng chảy tràn. Mô hình MIKE FLOOD thực hiện các kết nối giữa mô hình MIKE 11 (tính toán thủy lực mạng sông 1 chiều) với mô hình MIKE 21 (mô phỏng dòng chảy nước nông 2 chiều theo phương ngang) bằng 4 loại kết nối: a) kết nối tiêu chuẩn: sử dụng khi một nhánh sông một chiều đổ trực tiếp vào vùng ngập 2 chiều; b) kết nối bên: sử dụng khi một nhánh sông nằm kề vùng ngập, và khi mực nước trong sông cao hơn cao trình bờ thì sẽ kết nối với ô lưới tương ứng của mô hình 2 chiều; c) kết nối công trình (ân): sử dụng các dạng liên kết qua công trình; và d) kết nối khô (zero flow link): là kết nối không cho dòng chảy tràn qua [1,4-6].

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. Bộ mô hình này có thể tích hợp nhiều mô đun khác nhau, nhưng trong khuôn khổ nghiên cứu này chỉ sử dụng mô đun RR (mô hình mưa-dòng chảy NAM) để tạo dòng chảy biên đầu vào cho mô hình thủy lực mạng sông (HD) kết hợp với mô hình thủy lực 2 chiều MIKE 21 [1, 4-6].

4. Ứng dụng MIKE FLOOD tính toán ngập lụt lưu vực sông Nhật Lệ

4.1. Xây dựng cơ sở dữ liệu

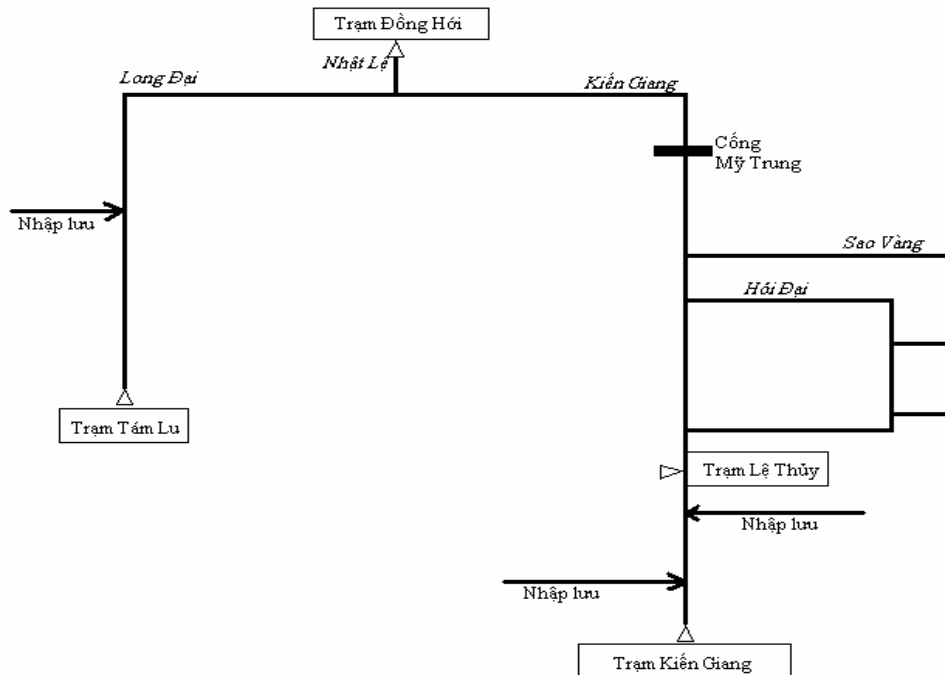
- *Dữ liệu địa hình*: Bản đồ mô hình số độ cao khu vực nghiên cứu được xây dựng với độ phân giải 30x30 m từ 28 tờ bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 25.000 kết hợp với một số các số liệu cao độ bổ sung thu thập từ các nguồn khác nhau [3,7,8]. Các mặt cắt ngang sông cho khu vực nghiên cứu đã thu thập bao gồm: 26 mặt cắt trên sông Kiến Giang, 28 mặt cắt trên sông Long Đại, 02 mặt cắt trên nhánh Hói Dài, 06 mặt cắt trên nhánh Sao Vàng và 09 mặt cắt trên sông Nhật Lệ.

- *Dữ liệu khí tượng thủy văn*: đã thu thập bao gồm số liệu mưa giờ tại Đồng Hới các năm 1999 và 2000; số liệu mực nước giờ tại các trạm Kiến Giang, Lệ Thủy, Đồng Hới các năm 1999 và 2000; số liệu trích lũ lưu lượng tại hai trạm Kiến Giang và Tám Lu năm 1972 và quan hệ H~Q của trạm Kiến Giang. Trên toàn bộ vùng nghiên cứu hiện nay không có trạm đo lưu lượng, do vậy để làm cơ sở cho việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình mưa-dòng chảy (NAM) số liệu lưu lượng đã được tái tạo tại trạm Kiến Giang sử dụng đường quan hệ Q~H.

4.2. Thiết lập mô hình MIKE FLOOD cho hệ thống sông Nhật Lệ

- Xây dựng mạng lưới thủy lực một chiều

Mạng lưới thủy văn khu vực nghiên cứu được mô tả bằng sơ đồ thủy lực bao gồm sông chính là sông Kiến Giang với chiều dài 96 km, gồm 200 nút tính toán với 26 mặt cắt, biên trên là trạm thủy văn Kiến Giang, biên dưới là trạm thủy văn Đồng Hới nằm cách cửa sông 2km. Nhánh sông Long Đại dài 93 km, gồm 180 nút tính toán với 28 mặt cắt, biên trên lấy tại vị trí trạm thủy văn Tám Lu cũ, đổ vào dòng chính Kiến Giang tại ngã ba Quán Trung. Ngoài ra, mạng thủy lực còn bao gồm một số sông nhánh như Hói Dài, kênh Sao Vàng... (hình 2).



Hình 2. Sơ đồ thủy lực mạng tính toán 1 chiều hệ thống sông Nhật Lệ.

- *Xây dựng mạng thủy lực hai chiều*

Giới hạn vùng ngập ở hạ lưu được xác định trên cơ sở bản đồ địa hình kết hợp với một số các tài liệu khảo sát các trận lũ lịch sử nhằm đảm bảo bao trùm toàn bộ vùng ngập lụt tối đa. Bản đồ DEM khu vực nghiên cứu với độ phân giải 30 x 30m đã xây dựng ở trên được sử dụng làm nền địa hình cho mô hình MIKE 21. Nền địa hình này đã có kết hợp với các tài liệu về mạng lưới đường sắt, các đường quốc lộ và tỉnh lộ trong khu vực. Khu vực nghiên cứu được rời rạc hóa theo lưới phần tử hữu hạn (FEM) với

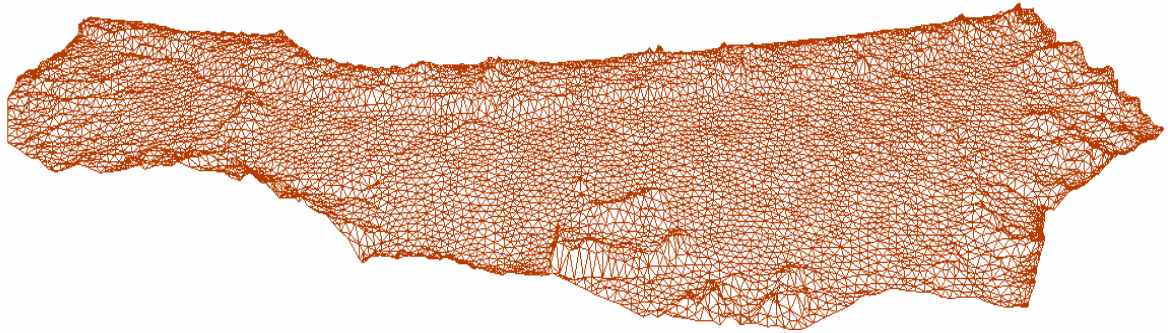
khoảng cách các ô lưới là từ 200 – 250 m. Với diện tích của phần tử lớn nhất là 62.500 m², góc nhỏ nhất 30° toàn bộ vùng ngập lụt chia thành 14.604 phần tử với 7.723 nút lưới (hình 3).

- *Tiến hành kết nối (Coupling) trong MIKE FLOOD*

Sau khi xây dựng mạng lưới thủy lực trong MIKE 11 và MIKE 21, chạy thông cả 2 mạng thủy lực, tiến hành Coupling cả hai mạng thủy lực trên trong MIKE FLOOD với các lựa chọn thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Các lựa chọn kết nối trong Mike Flood

Tên sông	Môđun Coupling	Loại kết nối	Số ô lưới kết nối trong Mike 21
Kiến Giang	HD	Bên	230
Long Đại	HD	Bên	27
Nhật Lệ	HD	Bên	80
Đập Mỹ Trung	HD	Công trình	6



Hình 3. Sơ đồ lưới phân tử hữu hạn dùng trong mô hình 2 chiều.

4.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE FLOOD

Để có thể tiến hành tính toán, mô phỏng quá trình dòng chảy lũ trên lưu vực bằng mô hình thủy văn, thủy lực cần tiến hành các bước hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số cho mô hình tính toán. Do biên đầu vào của mô hình MIKE FLOOD phải tính gián tiếp từ mưa bằng mô hình NAM, do vậy trước hết phải kiểm định và hiệu chỉnh mô hình NAM

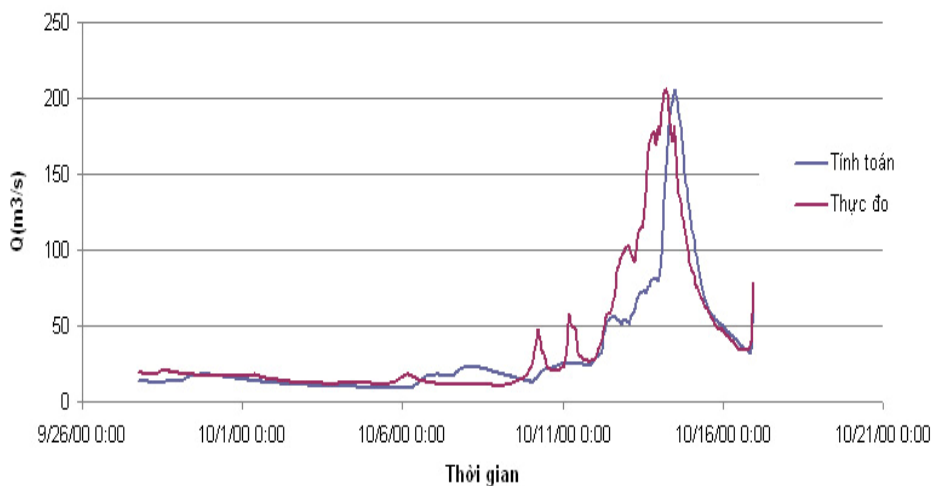
- Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình NAM

Trên toàn lưu vực hiện không có tài liệu đo lưu lượng, do vậy đường quan hệ Q-H tại trạm Kiến Giang đã được sử dụng để phục hồi số liệu lưu lượng cho các trận lũ nghiên cứu. Dựa

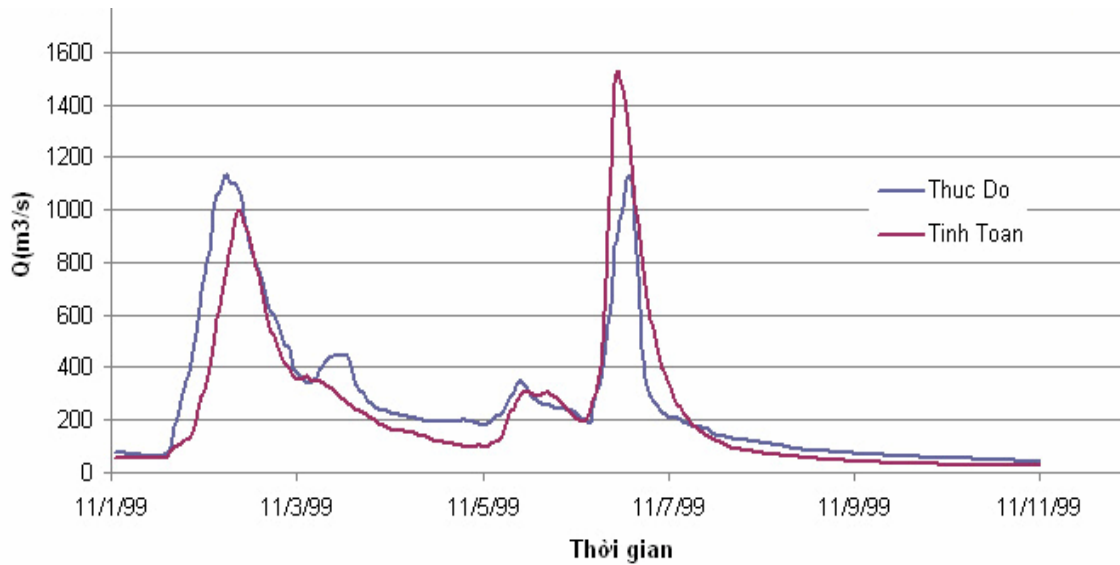
trên tình hình tài liệu đo đạc thủy văn cũng như để phù hợp với tài liệu đo đạc địa hình, hai trận lũ năm 1999 và 2000 đã được lựa chọn để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Cụ thể:

- Trận lũ từ ngày 10 đến ngày 16/11/2000 sử dụng cho hiệu chỉnh
- Trận lũ từ ngày 1 đến ngày 10/11/1999 sử dụng cho kiểm định

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình NAM tại trạm Kiến Giang được biểu diễn trong các hình 4 và 5. Kết quả hiệu chỉnh được đánh giá bằng chỉ tiêu Nash là 75,2% và kiểm định là 72,3% [1] đều đạt loại khá và đảm bảo yêu cầu cho các bước tính toán tiếp theo.



Hình 4. Kết quả hiệu chỉnh mô hình NAM.



Hình 5. Kết quả kiểm định mô hình NAM.

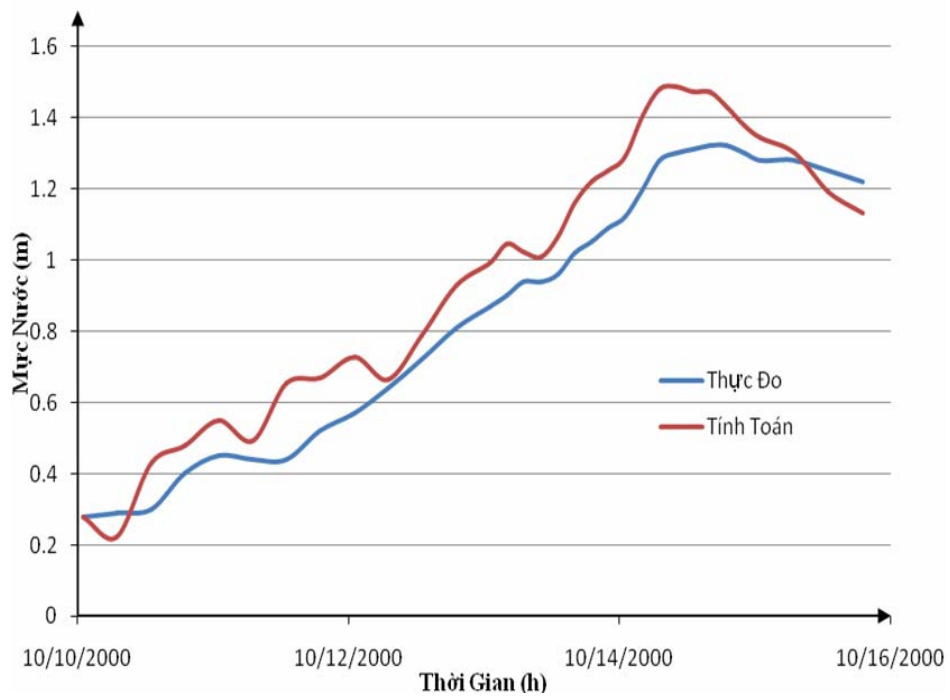
- Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE FLOOD

Để tăng cường độ chính xác cũng như tiết kiệm thời gian tính toán, mô hình kết nối 1-2 chiều MIKE FLOOD được hiệu chỉnh và kiểm định với hai trận lũ năm 2000 và 1999 như trên. Các kết quả tính toán so sánh với số liệu thực đo trạm Lê Thủy và biểu diễn trong các hình 6, 7 với kết quả hiệu chỉnh và kiểm định theo chỉ tiêu Nash lần lượt đạt 87,4% và 88,9%, đạt loại tốt.

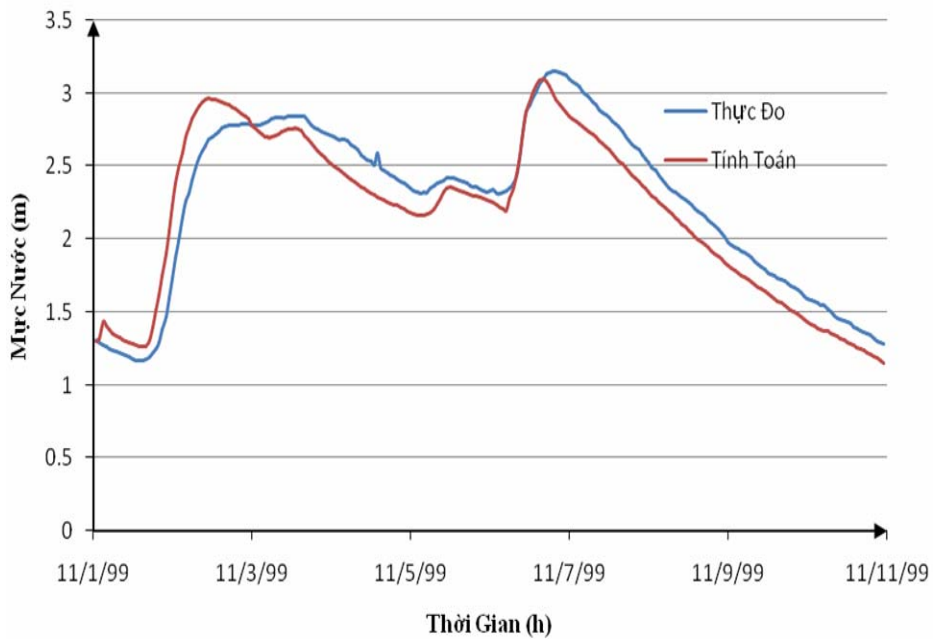
- Đánh giá kết quả tính toán diện ngập lụt trận lũ 1999

Nhằm mục tiêu đánh giá khả năng tính toán diện ngập lụt bằng mô hình kết nối đã xây dựng, kết quả tính toán được xuất ra dưới dạng file ASCII, và sau đó xử lý bằng phần mềm

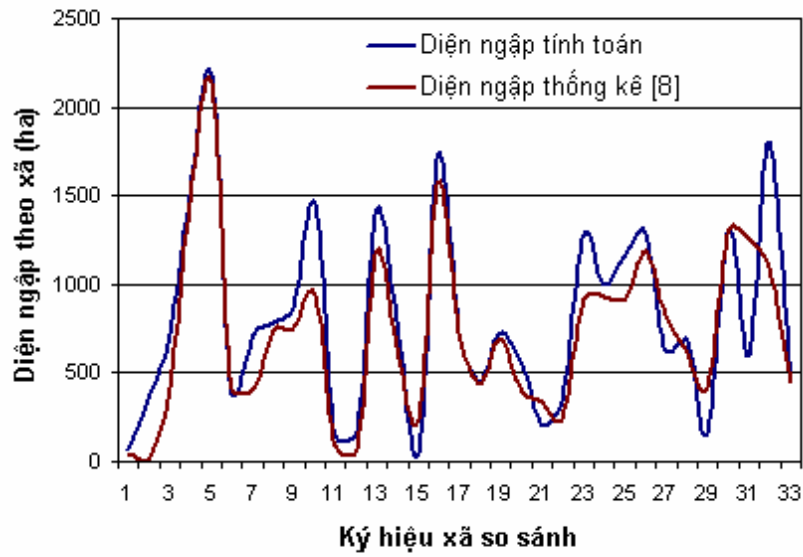
ArcGis 9.1 nhằm xây dựng các vùng ngập lụt với độ sâu ngập khác nhau thành các lớp thông tin (layer) trên hệ GIS. Từ đó kết hợp với lớp ranh giới hành chính có sẵn để tính toán diện tích ngập ứng với các xã, huyện và cho toàn vùng. Các số liệu tính toán được so sánh với số liệu thống kê ngập lụt theo nghiên cứu của Dự án hỗ trợ quản lý thiên tai tại Việt Nam do Bộ NN&PTNT và UNDP phối hợp thực hiện năm 2004 [8]. Kết quả trong bảng 2 và hình 8 cho thấy tuy rằng mô hình tính toán diện tích ngập lụt có thiên lớn nhưng với sai số NASH=73,6% đã chứng tỏ mô hình mô phỏng tương đối tốt diện tích ngập lụt trong trận lũ năm 1999. Bản đồ diện tích ngập lụt tương ứng với trận lũ 1999 đã được xây dựng với tỷ lệ 1/25.000 và được minh họa trong hình 9



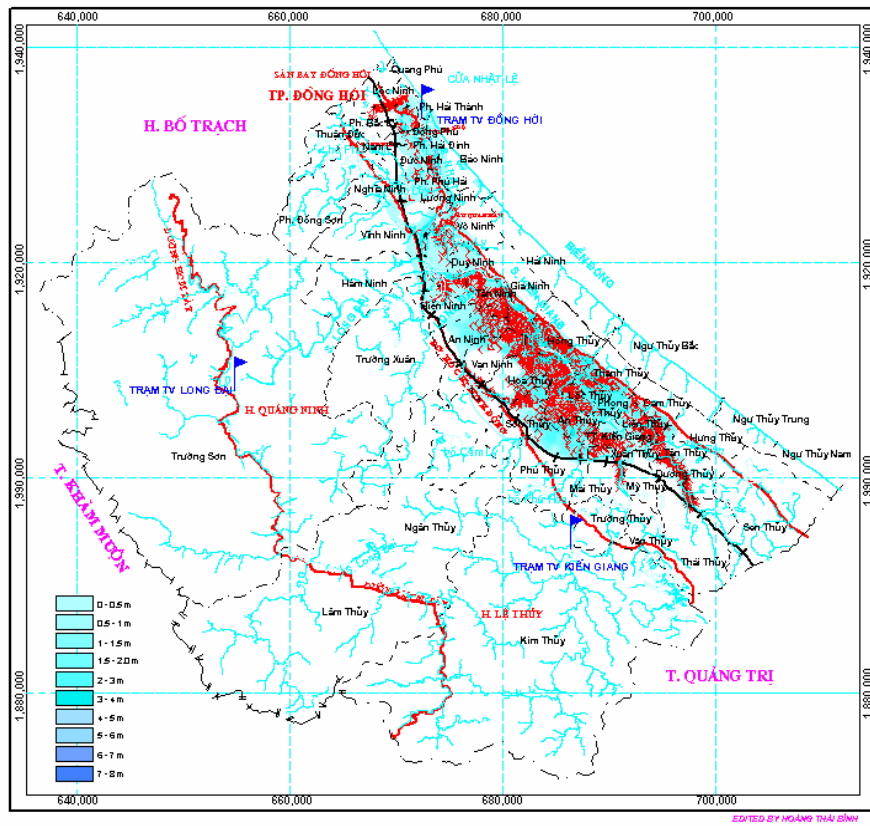
Hình 6. Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE FLOOD.



Hình 7. Kết quả kiểm định mô hình MIKE FLOOD.



Hình 8. Kết quả so sánh diện ngập theo từng xã trận lũ năm 1999.



Hình 9. Bản đồ ngập lụt khu vực hạ lưu hệ thống sông Nhật Lệ trận lũ 1999.

5. Kết luận

Mô hình MIKE FLOOD ứng dụng tính toán ngập lụt cho khu vực hạ lưu sông Nhật Lệ đã được hiệu chỉnh và kiểm định với kết quả đánh giá theo chỉ tiêu Nash đều lớn hơn 85% đạt loại tốt. Riêng với diện ngập lụt so sánh theo số liệu

thống kê đạt loại khá (73,6%). Điều này chứng tỏ mô hình đã mô phỏng tương đối tốt quá trình ngập lụt trên lưu vực sông Nhật Lệ và bộ mô hình có thể được sử dụng trong thực tế phục vụ công tác cảnh báo, dự báo, phòng chống giảm nhẹ thiên tai nói chung và lũ lụt nói riêng.

Bảng 2. Thống kê diện tích ngập theo xã lưu vực sông Nhật Lệ trận lũ 1999

STT	Tên xã	Diện ngập TT (ha)	Diện ngập thống kê (ha) [8]	STT	Tên xã	Diện ngập TT (ha)	Diện ngập thống kê (ha) [8]
1	Đồng Mỹ	68	45	18	Lộc Thủy	446	440
2	Đồng Phú	382	27	19	Liên Thủy	733	694
3	Đức Ninh	723	413	20	Mai Thủy	546	388
4	An Ninh	1497	1458	21	Mỹ Thủy	204	337
5	An Thủy	2190	2142	22	Phú Hải	336	231
6	Cam Thủy	403	416	23	Phú Thủy	1281	924
7	Đương Thủy	714	409	24	Phong Thủy	996	932
8	Duy Ninh	787	745	25	Sơn Thủy	1171	921
9	Gia Ninh	861	747	26	Tân Ninh	1284	1191
10	Hàm Ninh	1454	942	27	Tân Thủy	627	833
11	Hải Đình	150	93	28	Thanh Thủy	685	620
12	Hải Thành	172	64	29	TT. Kiến Giang	157	413
13	Hồng Thủy	1424	1188	30	Vạn Ninh	1314	1307
14	Hiền Ninh	793	648	31	Võ Ninh	592	1251
15	Hương Thủy	40	238	32	Vĩnh Ninh	1801	1104
16	Hoa Thủy	1741	1585	33	Xuân Thủy	483	444
17	Lương Ninh	681	681				

Tài liệu tham khảo

- [1] Hoàng Thái Bình, *Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ lưu hệ thống sông Nhật Lệ (Mỹ Trung - Tâm Lu - Đồng Hới)*, Luận văn Thạc sỹ khoa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2009.
- [2] Nguyễn Văn Cư, *Một số nhận định về trận lũ từ ngày 1-6/11/1999 vùng Trung bộ và kiến nghị một số giải pháp cấp bách khắc phục sau lũ lụt*, Tuyển tập báo cáo hội nghị: “Khoa học, công nghệ dự báo và phục vụ dự báo khí tượng thủy văn”, tập 2, Hà Nội, 2000.
- [3] Nguyễn Lập Dân, *Nghiên cứu cơ sở khoa học cho các giải pháp tổng thể dự báo phòng tránh lũ lụt ở miền Trung*, báo cáo tổng kết đề tài KC – 08 – 12, Lưu trữ tại Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2004.
- [4] Đặng Đình Khá, *Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán mức độ ngập lụt khu vực Bắc Thường Tín*, khóa luận tốt nghiệp, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2009.
- [5] Denmark Hydraulic Institute (DHI), “MIKE FLOOD Reference Manual” DHI, 2007, 514 pp.
- [6] Denmark Hydraulic Institute (DHI), “MIKE FLOOD User Guide” DHI, 2007, 514 pp.
- [7] Nguyễn Lập Dân, *Nghiên cứu hiện trạng, xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp phòng chống bồi lấp cửa sông nhằm khai thông luồng Nhật Lệ - Quảng Bình*, Báo cáo tổng kết đề tài, Hà Nội, 2007.
- [8] Dự án hỗ trợ hệ thống quản lý thiên tai tại Việt Nam – Bộ NN & PTNT và UNDP phối hợp thực hiện (2004), *Bản đồ ngập lũ lịch sử năm 1999*.

Simulation of flood inundation using MIKE FLOOD model in Nhat Le river system - Quang Binh province

Hoang Thai Binh¹, Tran Ngoc Anh², Dang Dinh Kha²

¹*Institute of Geography, Vietnamese Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam*

²*Faculty of Hydro-Meteorology & Oceanography, Hanoi University of Science, VNU,
334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

This paper presents some results of flood and inundation simulation in Nhat Le river system, Quang Binh province, central Vietnam using 1-2D coupled model MIKE FLOOD. The upstream and inflow boundary were river discharge generated from rainfall data using hydrological model NAM. The parameters of coupling model was calibrated and verified with observed data of 1999 and 2000 flood events at Le Thuy station in combination with investigated data of inundation area in 1999 flood event. The fairly agreement between simulated and observed data shows the applicability of MIKE FLOOD in establishing the inundation maps correspondence to designed floods as well as in land-use planning and flood mitigation in downstream area of Nhat Le river system.

Keywords: MIKE FLOOD, inundation, flooding map, Nhat Le river.