

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu xây dựng bản đồ ngập lụt lưu vực sông Bùi và vùng phụ cận

Nguyễn Duy Quang<sup>1</sup>, Lê Viêt Sơn<sup>1</sup>, Bùi Tuấn Hải<sup>1\*</sup>, Bùi Thế Văn<sup>1</sup>, Trần Thị Thanh Dung<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Quy hoạch Thủy lợi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn; nguyenduyquang.wru@gmail.com; levietson2211@gmail.com; buituanhai@gmail.com; vanbt53@wru.vn; thanhdung240185@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: buituanhai@gmail.com; Tel.: +84–989336330

Ban Biên tập nhận bài: 9/8/2022; Ngày phản biện xong: 12/9/2022; Ngày đăng bài: 25/9/2022

**Tóm tắt:** Lưu vực sông Bùi là một trong những vùng phát triển kinh tế trọng điểm của thủ đô Hà Nội, tuy nhiên lưu vực này lại thường xuyên xảy ra ngập úng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đã sử dụng mô hình MIKE FLOOD kết hợp với phần mềm ArcGIS để đánh giá diễn biến ngập lụt và xây dựng bản đồ ngập lụt, ứng cho lưu vực sông Bùi và vùng phụ cận theo các kịch bản. Nghiên cứu đã tính toán bằng mô hình thủy lực lũ 1 chiều và 2 chiều trên các sông và vùng ngập trong khu vực nghiên cứu với các kịch bản tần suất mưa, lũ 1%, 2%, 5%, 10%. Kết quả tính toán được sử dụng để xây dựng bản đồ ngập lụt tương ứng với các kịch bản tần suất cho lưu vực sông Bùi và vùng phụ cận. Sản phẩm của nghiên cứu có thể được áp dụng giúp các cơ quan quản lý chuẩn bị cũng như ứng phó giảm thiểu thiệt hại khi có lũ lụt xảy ra trên địa bàn.

**Từ khóa:** Sông Bùi; Bản đồ ngập lụt; MIKE11; MIKE21.

### 1. Giới thiệu

Việt Nam là một trong những nước chịu ảnh hưởng nặng nề của biến đổi khí hậu (BĐKH). Những biến đổi này được gây ra do quá trình động lực của trái đất, bức xạ mặt trời và một phần hoạt động của con người. Trong điều kiện phức tạp của BĐKH toàn cầu, loại hình thiên tai tự nhiên có nguồn gốc khí tượng thủy văn đặc biệt là tai biến lũ lụt là một loại hình thiên tai xảy ra ở mức độ và cường độ ngày càng mạnh hơn, gây ra những thiệt hại nặng nề cho con người và môi trường. Thiên tai lũ lụt trở thành mối đe dọa thường xuyên đối với sản xuất và đời sống. Những mối đe dọa này ngày càng trở lên nghiêm trọng hơn khi mật độ dân số tăng lên và các hoạt động kinh tế xã hội ngày càng phát triển.

Việc nghiên cứu tổng thể đánh giá tác động cũng như những thiệt hại của mưa lũ gây ra với đời sống kinh tế xã hội lưu vực sông Đáy nói chung và lưu vực sông Bùi và phụ cận nói riêng [1–2], từ đó có những phương pháp ứng phó với mưa lũ trong tương lai đang đặt ra rất cấp thiết. Trên thế giới, trong những năm gần đây đã có những thay đổi căn bản trong quan điểm và phương thức ứng phó với thiên tai nói chung và với lũ lụt nói riêng. Thế giới đang chuyển dần từ phương thức phòng chống sang thích ứng. Một trong những khái niệm được nhiều nước áp dụng hiện nay là “Room for rivers”. Ở Việt Nam, nghiên cứu về lũ và ngập lụt đã được quan tâm những năm gần đây, đặc biệt là sử dụng những công nghệ mới như viễn thám và mưa vệ tinh [3–4]. Đặc biệt là các nghiên cứu về xây dựng bản đồ ngập lụt từ đó đề xuất các giải pháp cho vấn đề ngập lụt và nghiên cứu xây dựng bản đồ ngập lụt như là một



Về phạm vi hành chính lưu vực sông Bùi và vùng phụ cận bao gồm các huyện, thị sau: Ba Vì, Sơn Tây, Phúc Thọ, Thạch Thất, Quốc Oai, Chương Mỹ, Mỹ Đức (Hà Nội) và huyện Lương Sơn (Hoà Bình), trong đó, khu vực chịu ngập lụt, úng nghiêm trọng là phía hữu Bùi của huyện Chương Mỹ và hữu Tích của Quốc Oai, bao gồm các xã Thủy Xuân Tiên, Thanh Bình, Tân Tiến, Nam Phương Tiến, Hữu Văn, Hoàng Văn Thụ, Mỹ Lương, Trần Phú, Hồng Phong và Đồng Lạc (Chương Mỹ), Đông Yên (Quốc Oai).

Vấn đề ngập lũ trên lưu vực sông Bùi là vấn đề phức tạp vừa có nguyên nhân lũ trên sông lớn tràn vào trong đồng, vừa có nguyên nhân từ lũ núi (lũ rừng ngang) chảy tràn qua lưu vực, vừa phải nghiên cứu việc chuyển lũ từ sông Hồng vào sông Đáy. Hệ thống đê điều trên lưu vực sông Tích, sông Bùi bao gồm các tuyến Hữu Đáy ngăn lũ từ sông Đáy, Tả Tích, Hữu Tích ngăn lũ sông Tích, Tả Bùi, Hữu Bùi và các tuyến đê của các suối nội đồng vùng hữu Bùi ngăn lũ sông Bùi. Nhìn chung hệ thống đê trên địa bàn khá hoàn chỉnh, đảm bảo phòng chống lũ. Toàn bộ vùng nghiên cứu thuộc 4 huyện, thị có tổng số 68 công dưới đê trong đó: 45 công dưới đê Tả Tích, 6 công dưới đê Hữu Tích, 10 công dưới đê Tả Bùi, 7 công dưới đê Hữu Bùi.

Ngoài ra trên địa bàn lưu vực còn có hàng chục trạm bơm tiêu lớn nhỏ với quy mô công suất máy bơm từ 1.000÷8.400 m<sup>3</sup>/h. Trong những năm 2008, 2017 và 2018 mưa lớn đã gây ngập lụt nghiêm trọng trên địa bàn, ước tính thiệt hại hàng nghìn tỷ đồng (Hình 2). Tình trạng ngập sâu, kéo dài thường xảy ra tại một số xã phía tả Bùi thuộc huyện Chương Mỹ như Thủy Xuân Tiên và Nam Phương Tiến.



**Hình 2.** Ngập lụt lưu vực sông Bùi: (a) năm 2017; (b) năm 2018.

## 2.2. Thiết lập mô hình thủy lực tính toán ngập lụt

### 2.2.1. Thiết lập mô hình thủy lực 1 chiều MIKE11

Bộ mô hình thủy lực MIKE được xây dựng và phát triển bởi Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI), du nhập và áp dụng thử nghiệm cho một số lưu vực sông của Việt Nam trong khuôn khổ của dự án Tăng cường năng lực cho các Viện ngành nước do DANIDA tài trợ. Mô hình MIKE 11 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng do Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng và phát triển trong khoảng 20 năm trở lại đây, được ứng dụng để mô phỏng chế độ thủy lực, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát vùng cửa sông, trong sông, hệ thống tưới, kênh dẫn và các hệ thống dẫn nước khác [13].

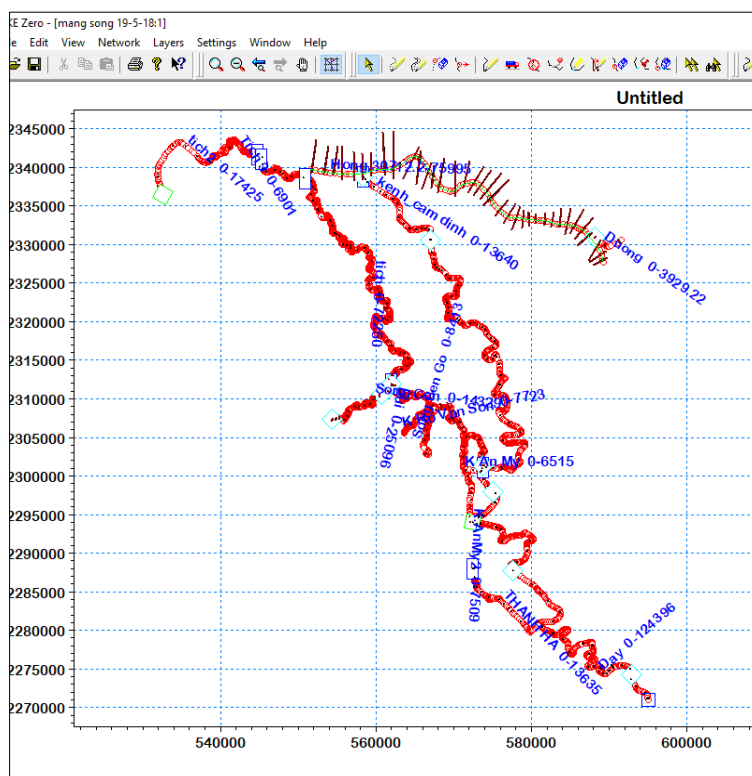
Xây dựng mô hình thủy lực 1 chiều MIKE 11 cho lưu vực nghiên cứu với việc thiết lập các thông số kỹ thuật như sau:

#### a) Thiết lập sơ đồ mạng sông

Mạng sông: Mạng sông được đưa vào tính toán được thể hiện trên hình 2.

+ Sông Hồng: Từ trạm thủy văn Sơn Tây đến trạm thủy văn Hà Nội dài: 45,283 km.

- + Sông Đuống: Từ ngã ba Hồng–Đuống đến trạm thủy văn Thượng Cát dài 3,625 km.
  - + Kênh Cẩm Đình–Hiệp Thuận từ cống Cẩm Đình đến Đập Đáy dài 13,64 km
  - + Toàn bộ sông Đáy: từ sau ngã ba Đập Đáy đến trạm thủy văn Phủ Lý, dài 124,396 km.
  - + Sông Tích: từ Lương Phú (vị trí giáp với sông Đà) đến cửa ra nhập lưu vào sông Bùi tại cầu Tân Trượng dài 96,576 km.
  - + Sông Bùi: từ Cầu Tân Trượng đến cửa ra nhập lưu vào sông Đáy tại Ba Thá dài 25,096 km.
  - + Sông Con: bắt đầu từ cầu Đồng Chũ (thị trấn Lương Sơn) đến nhập lưu vào sông Bùi tại Xuân Mai dài 14,329 km.
  - + Sông Thanh Hà: từ Quan Sơn đến cửa ra nhập lưu vào sông Đáy tại cầu Hội Xá, dài 13,635 km.
- Ngoài ra còn các các nhánh kênh: sông Bến Gò, suối Cầu Tây, kênh An Mỹ.



Hình 2. Sơ đồ mạng sông tính toán.

Bảng 1. Tổng hợp mạng sông tính toán.

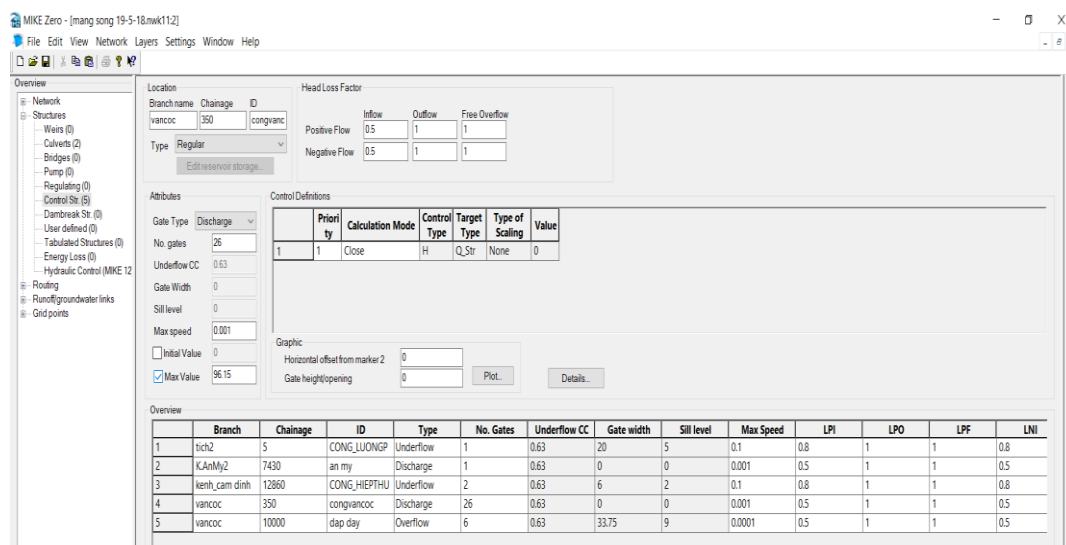
TT	Tên sông	Chiều dài (km)	Điểm đầu	Điểm cuối
1	Sông Tích	96,576	Hạ lưu cống Lương Phú	Nhập lưu vào sông Bùi tại Cầu Tân Trượng
2	Sông Bùi	25,096	Cầu Tân Trượng	Nhập lưu vào sông Đáy tại Ba Thá
3	Sông Con	14,329	Cầu Đồng Chũ	Nhập lưu vào sông Bùi
4	Sông Hồng	45,283	TV Sơn Tây	TTV. Hà Nội
5	Sông Đuống	3,625	Ngã ba Hồng _Đuống	TTV. Thượng Cát
6	Sông Đáy	124,396	Hạ lưu đập Đáy	TTV. Phủ Lý
7	Kênh Cẩm Đình	13,64	Ngã 3 sông Hồng và Cẩm Đình	Điểm đầu sông Đáy
8	Thanh Hà	13,625	Hồ Quan Sơn	Nhập lưu vào sông Đáy tại Đốc Tín – Mỹ Đức
9	Bến Gò	7,72	Hồ Văn Sơn	Nhập lưu vào sông Bùi tại cầu Yên Trình
10	Cầu Tây	8,41	Hồ Đồng Suong	Nhập lưu vào sông Bùi tại cầu Thuận Lương

b) Thiết lập thông số công trình

Trong phạm vi vùng nghiên cứu và trong mô hình một chiều Mike 11, chúng tôi thiết lập và đưa vào hai công trình kiểm soát đầu mỗi bao gồm công Cẩm Đình và Hiệp Thuận.

**Bảng 2.** Bảng thông số công trình mô phỏng.

TT	Thông số	Công Cẩm Đình	Công Hiệp Thuận
1	Sông	CD_HT	Đoạn Đập Đáy
2	Cao độ đáy cửa vào	3	2
3	Cao độ đáy cửa ra	3	2
4	Hệ số nhám	0,025	0,025
5	Số cửa công	2	2



**Hình 4.** Mô phỏng công trình trong mô hình Mike11.

c) Thiết lập tài liệu địa hình tính toán cập nhật số liệu mặt cắt ngang

Tài liệu địa hình được thừa kế trong dự án Quy hoạch phòng chống lũ và quy hoạch đề điều hệ thống sông Hồng, Thái Bình [14], ngoài ra còn cập nhật địa hình năm 2019, 2020.

Chi tiết các sông chính, sông nhánh đưa vào mạng sơ đồ tính toán thủy lực như sau:

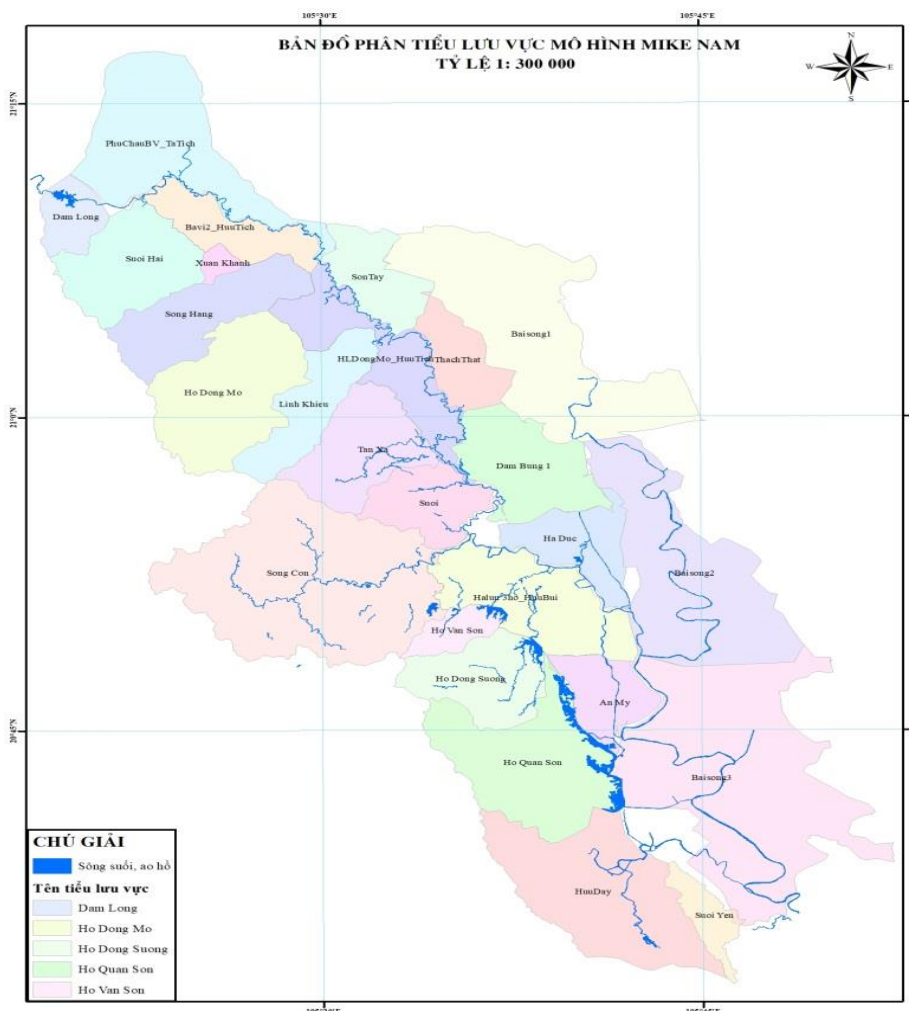
- Sông Hồng: từ trạm thủy văn Sơn Tây đến trạm thủy văn Hà Nội sử dụng 36 mặt cắt ngang từ mặt cắt 46 đến mặt cắt 86 do Tổng cục Phòng, Chống Thiên Tai đo năm 2019.
- Sông Tích: Từ Vật Lại đến cầu Tân Trượng, sử dụng 47 mặt cắt ngang do Cục Đề điều và Phòng chống lụt bão đo năm 2009 và 30 mặt cắt do đề tài đo năm 2020.
- Sông Bùi: Sử dụng 25 mặt cắt do đề tài năm 2020.
- Sông Đáy: Sử dụng 85 mặt cắt ngang do Cục Đề điều và Phòng chống lụt bão đo năm 2011.
- Kênh Cẩm Đình: sử dụng 18 mặt cắt do Cục Đề điều và Phòng chống lụt bão đo năm 2011.
- Sông Thanh Hà: Sử dụng 17 mặt cắt do Viện Quy hoạch Thủy lợi đo năm 2009.
- Cập nhật các mặt kênh do đề tài đo năm 2020: Sông Con (15 mặt cắt), sông Bến Gò (6 mặt cắt), suối Cầu Tây (8 mặt cắt), kênh An Mỹ (16 mặt cắt).

d) Thiết lập điều kiện biên của mô hình

Tổng cộng mô hình MIKE 11 được thiết lập có 5 biên trên, các biên dọc trục sông và 3 biên dưới. Các biên được tính toán thủy văn và được thiết lập vào mô hình MIKE 11. Các biên được tính toán thủy văn cho dạng lũ các năm 2018, 2020 phục vụ hiệu chỉnh kiểm định và dạng lũ năm 2008 ứng với các tần suất 1%, 2%, 5%, 10% phục vụ mô phỏng.

**Bảng 3.** Mưa diện 5 ngày max theo 5 trạm ứng với một số năm mô phỏng.

STT	Năm	X5max (mm)	Tần suất (%)
1	2008	514,8	1,2
2	2017	259,9	33,2
3	2018	306,0	19,7
4	2020	121,2	94



**Hình 3.** Phân chia tiểu lưu vực mô hình MIKE NAM.

- Biên trên mô hình thủy lực: là quá trình lưu lượng theo thời gian  $Q = f(t)$  tại vị trí điểm đầu của đoạn sông tính toán với mạng sông tính toán đã được xác định như ở trên ta có biên trên của mô hình thủy lực tại các vị trí như sau: Quan Sơn trên sông Thanh Hà; Cầu Đồng Chũ trên sông Con; hồ Văn Sơn trên kênh Bến Gò và hồ Đồng Sương trên suối Cầu Tây.

- Biên dọc sông của mô hình thủy lực: là các đường quá trình lưu lượng  $Q = f(t)$  gia nhập khu giữa được tính toán bằng mô hình thủy văn (mô hình NAM) (Hình 5).

- Biên dưới của mô hình thủy lực: là quá trình mực nước theo thời gian  $Z = f(t)$  tại trạm thủy văn Phủ Lý trên sông Đáy.

e) Thiết lập điều kiện ban đầu

Cần xác định mặt nước ban đầu cho MIKE11, điều kiện này không ảnh hưởng đến kết quả tính toán sau này khi thời gian mô phỏng đủ dài. Mực nước ban đầu với mực đích làm trơn tru mô hình. Trong tính toán cao độ mặt nước ban đầu lấy là hằng số với mực nước, lưu lượng ban đầu được lấy là 0.

Khi chạy mô hình thì sẽ chạy Parameter trước để lấy điều kiện chạy cho file host. Thì khi đó mực nước ban đầu sẽ được lấy theo file Parameter.

f) Thiết lập thông số thủy lực

Độ nhám của đáy sông: Độ nhám đáy sông là thông số thủy lực quan trọng trong mô hình MIKE 11. Độ nhám của đáy sông phụ thuộc vào mức độ gồ ghề của đáy sông, đặc tính về vật lý các hạt của đáy sông. Độ nhám của đáy sông là thông số không thể đo đạc được, mà chỉ có thể xác định thông qua quá trình hiệu chỉnh mô hình.

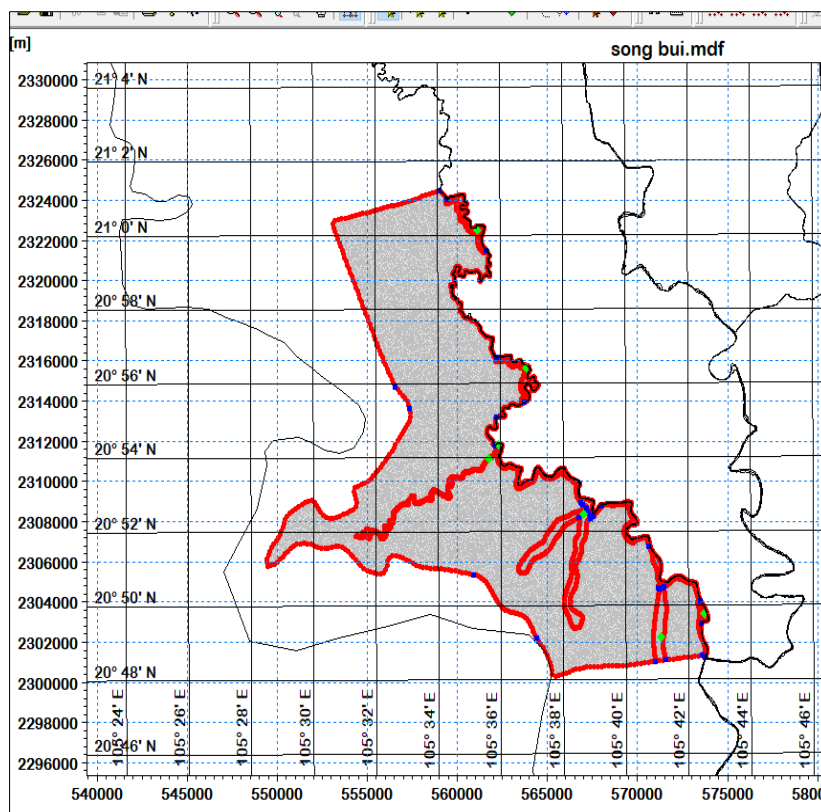
2.2.2. Mô hình thủy lực 2 chiều MIKE21

MIKE 21 FM là một mô hình hai chiều ứng dụng cho các khu vực cửa sông, vùng ngập lũ, vùng ven biển và ngoài khơi, được phát triển bởi Viện thủy lực Đan Mạch (*Denmark Hydraulic Institute*). “FM” là viết tắt của từ “flexible mesh” (nghĩa là lưới linh hoạt), đây chính là đặc điểm nổi bật và khác biệt của mô hình này với những mô hình hai chiều khác về việc tạo lưới tính toán mà thường là lưới chữ nhật hoặc lưới cong [15].

a) Xây dựng lưới 2 chiều

Miền tính thủy lực hai chiều được xác định là khu vực có khả năng chịu ảnh hưởng lớn khi có lũ hoặc khi xuất hiện mưa lớn. Tại khu vực nghiên cứu miền tính này được xác định dựa vào kết quả phân tích các tài liệu điều tra vết lũ, bản đồ địa hình tỷ lệ 1:5.000, 1:10.000. Sau khi phân tích, vùng tính toán ngập lụt được giới hạn phía bên hữu sông Tích và sông Bùi. Tuy nhiên, nếu xác định miền tính là toàn bộ phần diện tích nói trên thì mô hình MIKE 21 không thể mô phỏng được do các giới hạn về tài nguyên cũng như thời gian tính toán.

Toàn bộ miền tính toán sau khi được xác định sơ bộ thông qua mô hình số độ cao toàn cầu SRTM, tiếp tục được chia thành các vùng nhỏ hơn diện tích khoảng 28.406 ha (Hình 6). Để cân bằng giữa các yếu tố kể trên việc thiết lập lưới tính cần được xem xét cho từng điều kiện tính toán cụ thể. Trong nghiên cứu này, việc thiết lập các thông số của lưới tính được chia thành các loại, với mật độ lưới giảm dần từ phía sông vào trong đồng.



Hình 4. Lưới tính toán vùng nghiên cứu.

Đặc biệt vùng nghiên cứu chính là khu vực hữu sông Bùi. Khu vực đê đi qua sẽ được chia lưới dày với diện tích ô lưới lớn nhất 400 m<sup>2</sup>, khu vực ven sông không có đê đi qua thì sẽ được chia lưới có diện tích ô lưới lớn nhất 1.000 m<sup>2</sup>, còn khu vực trong đồng sẽ chia thưa hơn để giảm thời gian tính toán. Tương tự, khu vực hữu Tích, nơi có các đê bồi đi qua được chia lưới với diện tích ô lưới lớn nhất 400 m<sup>2</sup>, còn khu vực trong đồng sẽ được chia thưa hơn. Diện tích ô lưới nhỏ nhất được thiết lập với diện tích 88 m<sup>2</sup>. Các ô lưới được chia tự động bằng phương pháp nội suy. Khi đó miền tính được chia thành 79.798 phần tử với 41.532 nút lưới đáp ứng được các yêu cầu về sự ổn định, độ phân giải và thời gian tính toán trong mô hình 2 chiều (Hình 6).

b) Biên tập dữ liệu về cao độ

Một bước quan trọng trong quá trình thiết lập mô hình hai chiều là cần phải thiết lập địa hình miền tính. Dữ liệu này là cơ sở để mô hình mô phỏng các hướng chuyển động của dòng chảy cũng như các tương tác thủy lực của toàn bộ hệ thống.

Mô hình đã sử dụng bình đồ địa hình chi tiết 1:5.000, 1:10.000 cho khu vực tính toán.

c) Thiết lập mô phỏng các công trình

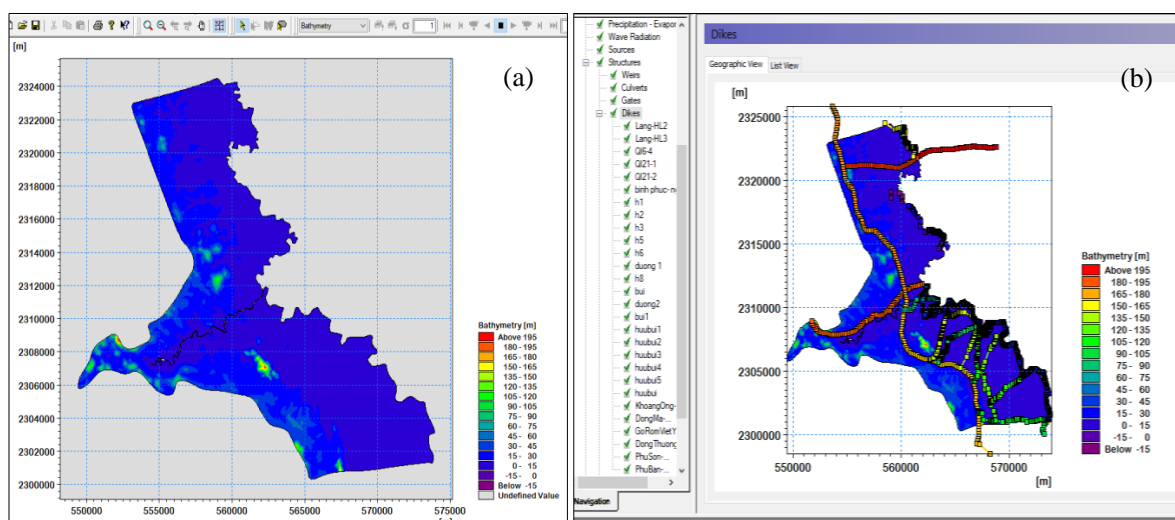
Trong các kịch bản tính toán mô hình lần lượt đưa vào các đê chính, đê bồi các đường quốc lộ, tỉnh lộ. Chiều dài của các đê, đường giao thông đúng bằng đoạn được đi qua khu vực nghiên cứu. Cao độ của đường thay đổi theo chiều dọc của đê, đường.

- Tuyến đê chính Hữu Bùi, các tuyến đê bồi: Bình Phúc–Ngọc Bài, Phú Sơn–Phú Bài, Khoang Ông, Gò Rôm–Việt Yên, Đồng Thượng.

- Đường giao thông: đường quốc lộ 6, 21; đường Láng Hòa Lạc, ...

Cao độ các tuyến đê, đường được điều tra thu thập, các tuyến đường chuyển thành file xyz để đưa vào mô hình, khoảng cách trung bình giữa các nút là 80–100 m. Các trường hợp tính toán đều giả thiết với kịch bản đê không bị vỡ khi nước tràn qua.

Vị trí một số tuyến đê, đường chính được đưa vào trong tính toán được thể hiện ở Hình 7b. Trong các kịch bản tính toán mô hình lần lượt đưa vào các đường đê chính, đê bồi, đường quốc lộ để đảm bảo sự ổn định và chi tiết cho mô hình.



**Hình 5.** (a) Bản đồ số độ cao (*Bathymetry*) khu vực nghiên cứu; (b) Vị trí các đường giao thông, đê (các nút thể hiện các điểm cao độ dọc đường).

2.2.3. Liên kết mô hình thủy lực một chiều và 2 chiều

Mặc dù mô hình MIKE 11 và MIKE 21 có những ưu điểm vượt trội trong việc mô phỏng dòng chảy 1 chiều trong mạng lưới sông phức tạp và có thể mô phỏng 2 chiều của dòng chảy tràn trên bề mặt đồng ruộng. Nhưng xét riêng rẽ vẫn có nhiều hạn chế trong mô phỏng ngập



lụt. Vì vậy cần phải kết nối giữa MIKE 11 và MIKE 21 để tạo thành mô hình MIKE FLOOD. Nối kết một hoặc nhiều ô MIKE 21 được với phần cuối của một nhánh MIKE 11 và có thể nối kết với đầu một nhánh khác để ra hạ du của mạng sông. MIKE FLOOD tạo ra bởi kết nối một lưới MIKE 21 chi tiết vào một mạng MIKE 11 lớn [16–17].

Mô hình MIKE FLOOD được sử dụng trong nhiều nghiên cứu về mô phỏng dòng chảy lũ gây ra ngập lụt, ứng trong nước cũng như trên thế giới [18–20].

Đối với các kịch bản tính toán, khi mực nước trong lòng sông của mô hình MIKE 11 vượt quá cao độ bờ sông tại một điểm bất kỳ thì nước sẽ tràn vào bãi (khu vực thuộc phạm vi tính toán của mô hình MIKE 21). Mô hình MIKE FLOOD trong nghiên cứu này các đoạn liên kết: hữu sông Tích, hữu Bù, tả hữu sông Con.

### 2.3. Xây dựng bản đồ ngập lụt, ứng

Dựa trên các kết quả tính toán thủy lực lũ lưu vực sông Bù và vùng phụ cận với các kịch bản trích xuất các thông tin yêu cầu diện ngập, vị trí ngập, độ sâu ngập, vận tốc dòng chảy... từ mô hình MIKE FLOOD và được số hóa theo định dạng file phần mềm bản đồ Arc-Map thông qua công cụ nội suy điểm Natural Neighbor sau đó chồng lớp lên các bản đồ nền tỷ lệ 1:10.000, 1:50.000 theo hệ tọa độ WGS84–48N. Các trị số tính toán trong mô hình được tính toán cho các nút lưới với cao độ mặt đất tự nhiên, cao trình mực nước ngập, độ sâu mực nước ngập, vận tốc dòng chảy theo thời đoạn. Bản đồ sẽ tiếp tục được biên tập, chỉnh sửa theo các yêu cầu kỹ thuật, giao diện thể hiện đáp ứng tiêu chuẩn.

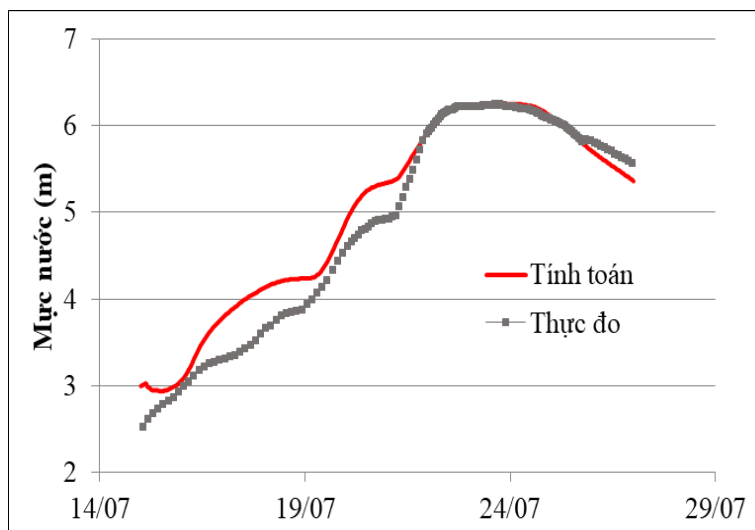
## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định và mô phỏng mô hình thủy lực

Sau khi liên kết mô hình MIKE 11 với MIKE 21, mô phỏng mô hình sẽ được tiến hành. Kết quả nhận được từ mô hình trong những lần chạy đầu tiên được so sánh với tài liệu thực đo tại trạm Ba Thá để xác định xem tính chính xác của kết quả. Trong những nghiên cứu mà các tài liệu yêu cầu đầy đủ và chính xác thì việc hiệu chỉnh mô hình chỉ cần thông qua việc hiệu chỉnh hệ số Manning. Lựa chọn thời gian mô phỏng lũ từ 15/07/2018 đến 27/08/2018 (Hình 8).

**Bảng 4.** Kết quả tính toán mực nước trận lũ tháng 7–8/2018 (từ 15/7/2018–27/08/2018) hiệu chỉnh mô hình Mike Flood.

TT	Vị trí	Sông	MN thực đo max (m)	MN mô phỏng (m)	Sai số
1	Ba Thá	Đáy	6,25	6,251	0,001



**Hình 8.** Mực nước tính toán và thực đo tại trạm Ba Thá, hiệu chỉnh cho năm 2018.

Trên cơ sở bộ thông số đã xác định được trong quá trình tính toán mô phỏng trận lũ thực tế tháng 7–8/2018, nhóm nghiên cứu tiến hành tính toán kiểm định mô hình với trận lũ thực tế đã xảy ra tháng 11/2008 và 10/2020.

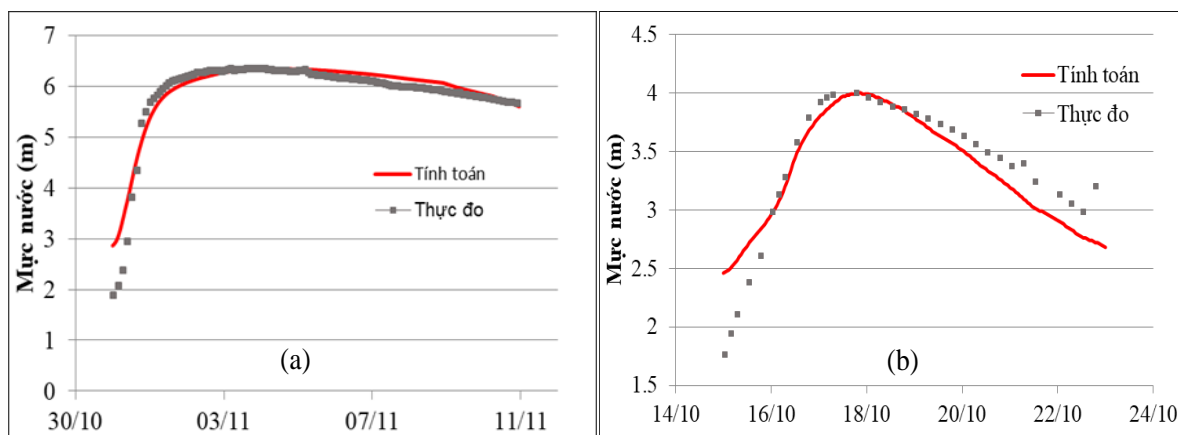
**Bảng 5.** Mức nước lớn nhất thực đo và mô phỏng tại các vị trí trận lũ tháng 11/2008 (từ 31/10/2008–10/11/2008), kiểm định mô hình Mike Flood.

TT	Vị trí	Sông	MN thực đo max (m)	MN mô phỏng (m)	Sai số
1	Ba Thá	Đáy	6,341	6,34	0,001

**Bảng 6.** Mức nước lớn nhất thực đo và mô phỏng tại các vị trí trận lũ tháng 10/2020 (từ 1/10/2020–26/10/2020), kiểm định mô hình Mike Flood.

TT	Trạm	Sông	H <sub>max</sub> (m)		Sai số (m)
			Thực đo	Tính toán	
1	Cầu Đồng Chũ	Sông Con	13,389	13,368	-0,021
2	Ba Thá	Đáy	4	4,001	0,001

Kết quả tính toán mô phỏng trận lũ tháng 11/2008 và 10/2020 cho thấy sai số giữa tính toán và đo đạc là  $-0,021 \div 0,001$  m. Mặt khác toàn bộ đường quá trình mực nước, lưu lượng tại từng vị trí có dạng đường lũ lên và xuống phù hợp và bám sát với nhau (Hình 9).



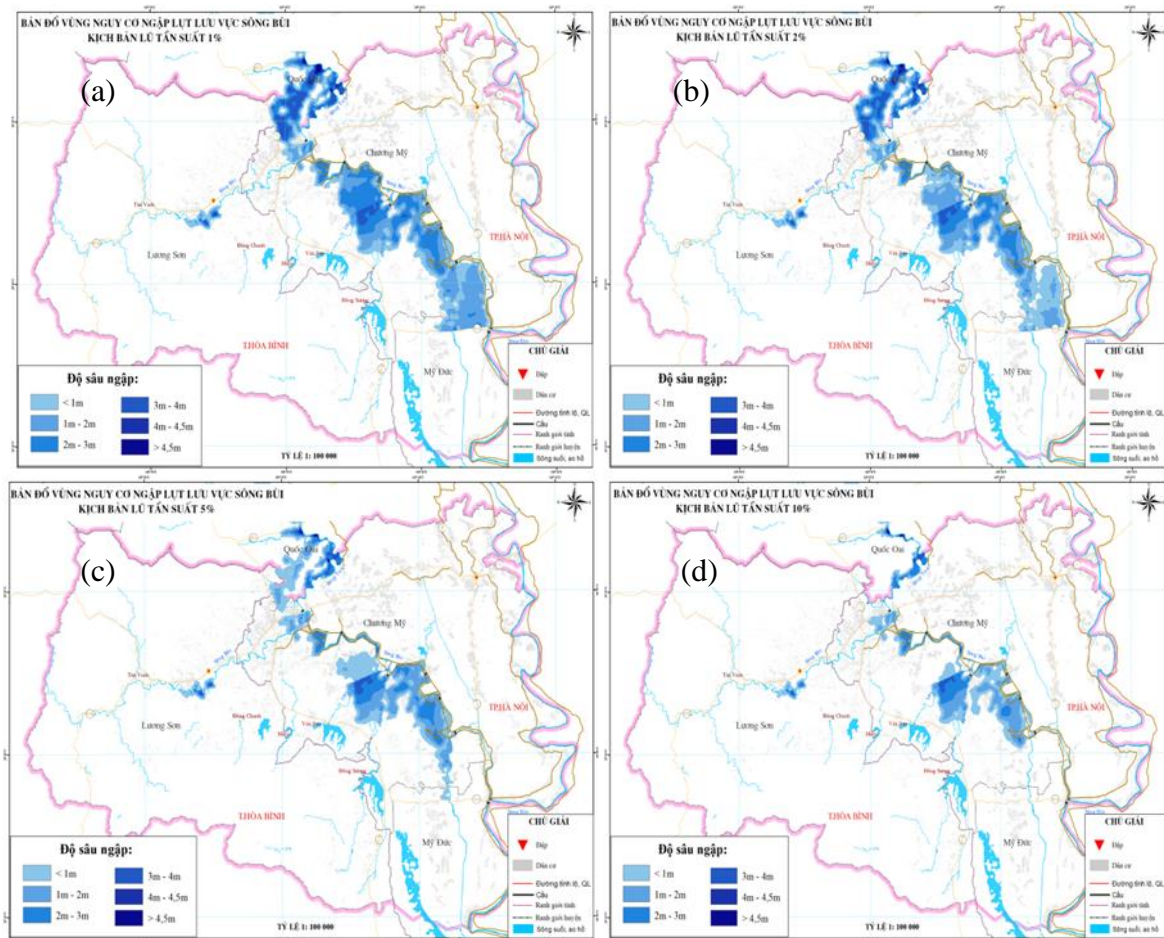
**Hình 9.** Mức nước tính toán và thực đo tại trạm Ba Thá, kiểm định: (a) năm 2008; (b) năm 2020.

### 3.2. Kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt, ứng

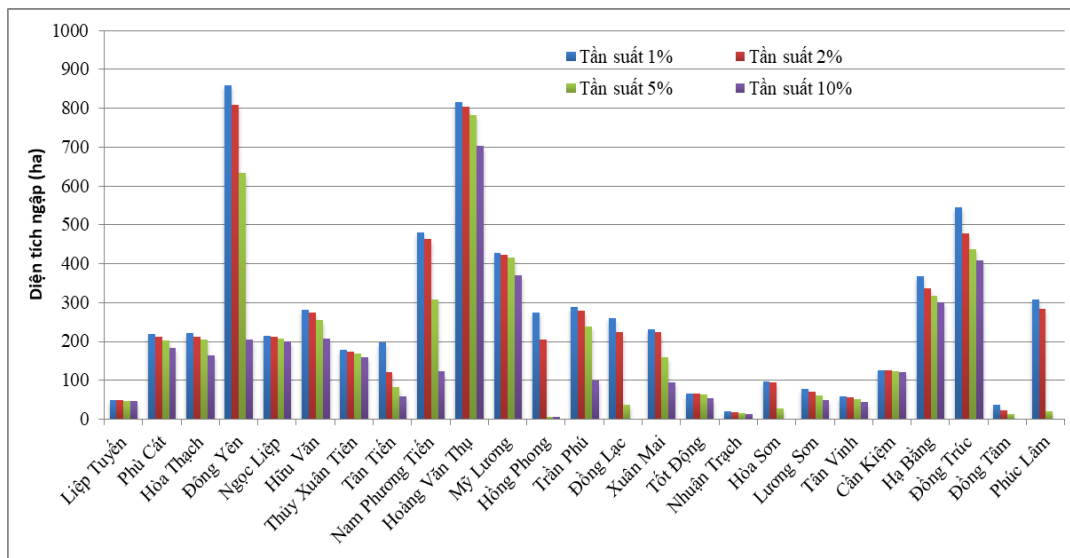
Sau khi hiệu chỉnh, kiểm định và so sánh các kịch bản bất lợi, nhóm nghiên cứu chọn đường quá trình lũ năm 2008 để tiến hành tính toán các kịch bản tần suất và xác định ra được diện tích ngập lụt cho các xã theo từng mức ngập cụ thể. Các kịch bản tính toán lũ tần suất mưa lũ 10%, 5%, 2%, 1%. Chi tiết số liệu các bản đồ được thể hiện trong các hình 10–11, bảng 7, kết quả ngập lụt ứng, so sánh diện tích ngập với các kịch bản.

**Bảng 7.** Diện tích ngập lụt các huyện trên lưu vực ứng với các kịch bản tính toán.

STT	Huyện	Diện tích ngập ứng với các kịch bản tính toán (ha)			
		Tần suất 1%	Tần suất 2%	Tần suất 5%	Tần suất 10%
1	Quốc Oai	1.556	1.486	1.292	793
2	Chương Mỹ	3.488	3.245	2.500	1.866
3	Lương Sơn	248	236	151	105
4	Thạch Thất	1.036	938	876	829
5	Mỹ Đức	344	305	29	0
	<b>Tổng</b>	<b>6.672</b>	<b>6.210</b>	<b>4.847</b>	<b>3.593</b>



**Hình 10.** Bản đồ ngập lụt lưu vực sông Bùi kịch bản mưa lũ (a) tần suất 1%, (b) tần suất 2%, (c) tần suất 5%, (d) tần suất 10%.



**Hình 11.** So sánh diện tích ngập lụt các xã trên địa bàn ứng với các kịch bản tính toán.

#### 4. Kết luận

Lưu vực sông Bùi và vùng phụ cận đặc biệt là 2 huyện Quốc Oai, Chương Mỹ là vùng đông dân cư và phát triển công nghiệp nông nghiệp của thủ đô Hà Nội lại thường xuyên xảy ra ngập úng vì vậy rất cần thiết phải có nghiên cứu khoa học về vấn đề này và cần phải xây dựng bản đồ ngập lụt cho lưu vực.

Mô hình thủy lực MIKE FLOOD được xây dựng trong nghiên cứu nhằm tính toán mô phỏng dòng chảy lũ cho lưu vực, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định tại các vị trí Ba Thá trên sông Đáy, đảm bảo cho việc tính toán các kịch bản. Kết quả tính toán các kịch bản tần suất mưa lũ từ mô hình được sử dụng kết hợp với hệ thống cơ sở dữ liệu ArcGIS biên soạn ra bản đồ ngập lụt, ứng cho vùng nghiên cứu.

Bộ mô hình thủy lực và bản đồ nguy cơ ngập lụt có thể được sử dụng trong việc cảnh báo lũ trên địa bàn cũng như giúp các cơ quan chức năng quản lý giảm thiểu thiệt hại khi ngập, lũ xảy ra.

Tuy nhiên, để đáp ứng việc cảnh báo sớm, chính xác lũ trên địa bàn cũng cần bổ sung các trạm đo mưa và mực nước tự động. Ngoài ra hệ thống camera nhằm thu thập hình ảnh ngập lụt trên bề mặt cũng nên lắp đặt để bổ sung tài liệu cho các nghiên cứu chi tiết sau này.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.V.S., B.T.V., B.T.H.; Xử lý số liệu: N.D.Q., T.T.T.D.; Viết bản thảo bài báo: N.D.Q., T.T.T.D.; Chỉnh sửa bài báo: B.T.H.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

### Tài liệu tham khảo

1. Viện Quy hoạch Thủy lợi. Báo cáo tổng hợp Quy hoạch phòng, chống lũ và đề điều hệ thống sông Đáy, 2014.
2. Viện Quy hoạch Thủy lợi. Báo cáo tổng hợp Rà soát quy hoạch thủy lợi cấp, tiêu nước lưu vực sông Đáy, 2018.
3. Hải, B.T.; Sơn, L.V. Nghiên cứu ứng dụng mô hình IFAS và dữ liệu viễn thám trong mô phỏng dòng chảy lũ xuyên biên giới lưu vực sông Thao. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 713, 24–36.
4. Như, N.Y.; Nghĩa, T.N.; Giang, P.V.; Vũ, T.Đ.Q.; Liên, N.T.; My, L.H.; Lan, N.T. Đánh giá hệ thống giám sát lũ toàn cầu GFMS cho thành phố Hà Tĩnh. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 740(1), 24–37.
5. Chau, T.K. Mapping extent of flooded areas using Sentinel-1 satellite image. *Tap chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2017**, 58, 78–82.
6. Chinh, L.T.D.; Nam, D.Đ.; Lai, T.Đ.; Quỳnh, B.D. Nghiên cứu xây dựng bản đồ hiểm họa lũ lụt sử dụng vết lũ lịch sử và mô hình độ cao số. *Tap chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, **2021**, 15(3V), 152–164.
7. Hưng, N.V.; Cường, N.Q.; Hưng, B.V.; Thanh, Đ.Q. Xây dựng bản đồ ngập lụt phục vụ công tác chống ngập, quy hoạch đô thị trên bàn thành phố Hồ Chí Minh. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 725, 29–39.
8. Nữ, H.T.; Quyên, T.T.; Anh, V.T.V.; Thảo, N.T.H.; Văn, C.T. Ứng dụng mô hình thủy văn đô thị mô phỏng mức độ ngập do gia tăng mực nước triều và khả năng thoát nước cho hệ thống kênh Tân Hóa – Lò Gốm ở thành phố Hồ Chí Minh. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 740, 22–35.
9. Hạnh, L.Đ.; Sơn, H.T.; Tuấn, T.P.; Tuấn, B.A.; Đăng, V.H.; Yên, N.T.H.; Nga, T.V. Ứng dụng công nghệ viễn thám, RTK, GIS thành lập bản đồ ngập lụt đồng bằng Tuy Hòa – tỉnh Phú Yên. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 740, 36–45.
10. Đức, Đ.A.; Chiến, P.V. Áp dụng công cụ tích hợp phục vụ xây dựng bản đồ ngập lụt lưu vực sông Kỳ Cùng, tỉnh Lạng Sơn. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2016**, 33, 1–10.
11. Hải, B.T.; Sơn, L.V.; Quang, N.D.; Trình, P.V.; Văn, B.T. Nghiên cứu ứng dụng mô hình PCSWMM trong mô phỏng ngập lụt hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 729, 14–28.

12. Tuấn, H.N. Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa nước Ea Drăng tỉnh Đắk Lắk ứng với các kịch bản xả lũ và đánh giá thiệt hại do ngập lụt gây ra. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* 2017, 39, 1–8.
13. DHI. Mike 11 – HD User Manual, 2014.
14. Viện Quy hoạch Thủy lợi. Báo cáo tổng hợp Quy hoạch phòng chống lũ và quy hoạch đề điều hệ thống sông Hồng, Thái Bình, 2016.
15. DHI. MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM. Hydrodynamic Module, Scientific documentation, 2014.
16. DHI. MIKE FLOOD User Guide, 2014.
17. DHI. Mike Flood modelling of river flooding step by step training guide, 2014.
18. Bình, H.T; Anh, T.N; Khá, Đ.Đ. Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 2010, 26(3S), 34–42.
19. Khá, Đ.Đ. 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.
20. Dũng, N.K.; Tuyết, Q.T.T. Ứng dụng MIKE FLOOD xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lụt và hệ thống cảnh báo sớm ứng ngập cho lưu vực sông Kim Ngưu và tám quận nội thành Hà Nội. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* 2016, 32(3S), 34–42.

## Studying on building inundation maps of Bui basin and its vicinity

Nguyen Duy Quang<sup>1</sup>, Le Viet Son<sup>1</sup>, Bui Tuan Hai<sup>1\*</sup>, Bui The Van<sup>1</sup>, Tran Thi Thanh Dung<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Water Resources Planning; nguyenduyquang.wru@gmail.com; levietson2211@gmail.com; buituanhai@gmail.com; vanbt53@wru.vn; thanhdung240185@gmail.com

**Abstract:** Bui river basin is one of the key economic development areas of Hanoi capital, however, this basin is often flooded. This paper presents the results of the research that used the MIKE FLOOD model in combination with ArcGIS software to assess the flood behavior and build the flood and inundation map for the Bui river basin and its vicinity according to the scenarios. The study calculated by 1-way and 2-dimensional flood hydraulic model on rivers and flooded areas in the study area with the scenarios of 1%, 2%, 5%, 10% rain and flood frequency scenarios. Calculation results are used to build inundation maps corresponding to frequency scenarios for Bui river basin and its vicinity. The products of the study can be applied to help management agencies prepare and respond to minimize damage when floods occur in the area.

**Keywords:** Bui basin; Inundation map; MIKE11; MIKE21.