

THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH THỦY LỰC MIKE 11 TRONG DIỄN TOÁN ĐỒNG CHẢY LŨ TRÊN LƯU VỰC SÔNG LAM

ThS. Trần Duy Kiều, CN. Đinh Xuân Trường
 Trường Cao đẳng Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Lũ lụt là thiên tai thường xuyên xảy ra ở lưu vực sông Lam. Chúng ta có thể giảm thiểu tối đa thiệt hại do lũ gây ra trên lưu vực sông nếu như có một giải pháp quản lý lũ phù hợp. Bài báo này giới thiệu ứng dụng mô hình thủy lực MIKE11 để diễn toán dòng chảy lũ cho lưu vực sông Lam. Trên cơ sở đó đề xuất các giải pháp quản lý lũ trên lưu vực sông hiệu quả..

1. Đặt vấn đề

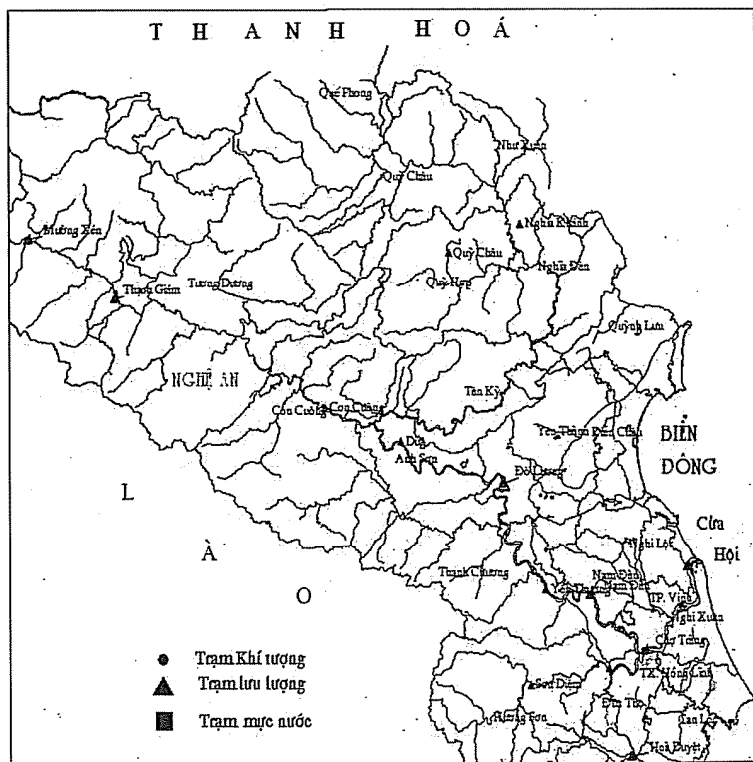
Trước nguy cơ lũ ngày càng tăng cả về tần suất lẫn qui mô, con người đã có nhiều nghiên cứu và giải pháp để phòng tránh và hạn chế hậu quả do lũ gây nên. Một trong những giải pháp đó là ứng dụng mô hình toán thủy văn thủy lực vào dự báo, cảnh báo lũ ở các lưu vực sông. Việc cảnh báo, dự báo lũ chính xác và hiệu quả sẽ là một giải pháp phòng tránh lũ ít tốn kém và tối ưu nhất.

Trong những mô hình thủy lực được ứng dụng phổ biến hiện nay, MIKE 11 là một mô hình thông dụng bởi những tính năng vượt trội. Vì vậy bài viết này giới thiệu chọn mô hình MIKE11 thử nghiệm diễn toán dòng chảy lũ lưu vực sông Lam một trong chín hệ thống sông lớn của Việt Nam.

2. Khái quát về lưu vực sông Lam

Dòng chính sông Lam bắt nguồn từ Lào, có chiều dài 526km, diện tích lưu vực 27.200 km². Lưu vực sông Lam thuộc lãnh thổ Việt Nam có diện tích 17.730 km². Hệ thống sông Lam gồm 2 nhánh sông lớn là sông Cả và sông La [3], trong đó sông La có chiều dài 144km,

diện tích lưu vực là 3.210 km². Lưu vực sông Lam phía Bắc tiếp giáp với sông Chu, phía Nam tiếp giáp lưu vực sông Gianh, phía Tây tiếp giáp với Lào và phía Đông giáp Biển Đông (với cửa ra tại Cửa Hội). Điểm sông Lam chảy vào lãnh thổ Việt Nam tại biên giới Việt-Lào trên dòng Nậm Mô (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ lưu vực sông Lam

Nghiên cứu & Trao đổi

Địa hình sông Lam có thể dốc chung theo hướng Tây-Đông, Tây Bắc-Đông Nam, Tây Nam-Đông Bắc. Độ dốc bình quân lưu vực lớn (bảng 1), phần đồng bằng hẹp. Mưa lớn trên địa hình dốc thời gian tập

trung nước nhanh gây ra những trận lũ lớn [2], điển hình như trận lũ tháng 10/1978, tháng 10/1988, tháng 9/2002 và tháng 10/2007 [1]

Bảng 1. Đặc trưng hình thái dòng chính và các dòng nhánh hệ thống sông Lam[3]

Tên sông	F _{lưu vực} (km ²)	Cao độ bình quân (m)	Độ dốc bình quân (%)	Chiều Rộng bình quân (m)	Mật độ lưới sông (km/km ²)	Hệ số đối xứng	Hệ số Hình dạng
Sông Lam	27,200	294	1,83	89,0	0,6	-0,14	0,29
Nậm Mô	3970	960	2,57	38,2	-	0,22	0,27
Sông Giăng	1050	492	1,72	15,3	-	-0,09	0,24
Sông Hiếu	3340	303	1,30	32,5	0,71	0,02	0,20
Sông La	3210	360	2,82	46,6	0,87	0,53	0,68

3. Ứng dụng mô hình MIKE11

a. Cơ sở lý thuyết của mô hình MIKE11

MIKE11 là mô hình thủy lực do Viện Thủy lực học Đan Mạch xây dựng từ năm 1987, được dùng để mô phỏng dòng chảy/ lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát hoặc cửa sông, hình thủy lực một chiều có giao diện thân thiện với người sử dụng nhằm phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý và vận hành cho sông và hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp.

Cơ sở lý luận của mô hình MIKE11 là giải hệ phương trình vi phân đạo hàm riêng Saint Venant mô tả dòng chảy trong đoạn sông thiên nhiên. Hệ phương trình Saint Venant bao gồm phương trình liên tục và phương trình chuyển động được thiết lập từ dạng phương trình chuẩn dựa trên 4 giả thiết:

+ Nước là đồng nhất và không nén được, vì vậy có thể bỏ qua sự thay đổi về khối lượng riêng.

+ Độ dốc sông nhỏ nên giá trị cos của góc độ dốc có thể coi bằng 1.

+ Bước sóng của mặt nước phải lớn hơn độ sâu của sông để đảm bảo rằng dòng chảy tại mọi nơi có thể coi là song song với đường đáy sông.

+ Trạng thái dòng chảy là dưới tới hạn. Nếu trạng thái dòng chảy tới hạn thì phương trình mômen được giải với trường hợp tối giản, trong đó bỏ qua các thành phần không tuyến tính.

* Phương trình liên tục

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

hoặc
$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = q \quad (2)$$

* Phương trình chuyển động

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (3)$$

Trong đó: A là diện tích mặt cắt ngang (m²); x là biến không gian, t là thời gian (s); g là gia tốc trọng trường (m/s²).

Q là lưu lượng nước (m³/s).

q là lưu lượng nước gia nhập khu giữa trên một đơn vị chiều dài sông (m²/s).

B là độ rộng của lòng dẫn (m), R là bán kính thủy lực (m).

Hệ phương trình Saint Venant về nguyên lý là không giải được bằng các phương pháp giải tích, vì thế trong thực tế tính toán người ta phải giải gần đúng bằng cách rời rạc hóa hệ phương trình [4].

b. Ứng dụng mô hình MIKE11 diễn toán dòng chảy lũ lưu vực sông Lam

1. Sơ đồ thủy lực

Mạng thủy lực được xây dựng bao gồm các đoạn, nhánh sông chính: Dòng chính sông Lam từ trạm Dừa đến trạm Yên Thượng, từ Dừa đến Nam Đàn, từ Dừa đến Chợ Tràng; Trên sông La, nhánh sông Ngàn Phố, (từ trạm Sơn Diệm đến trạm Linh Cảm, từ trạm Sơn Diệm đến trạm Chợ Tràng, từ trạm Sơn Diệm đến trạm Cửa Hội).

Trên sông La, nhánh sông Ngàn Sâu, (từ trạm Hòa Duyệt đến trạm Linh Cảm).

Theo sơ đồ thủy lực, có các biên lưu lượng và mực nước như sau:

- Có 3 biên vào là biên lưu lượng thực đo: Dừa, Sơn Diệm và Hòa Duyệt.
- Có 1 biên trung gian là biên mực nước tại Yên Thượng
- Biên ra mực nước tại trạm Cửa Hội (hình 3).

2) Cơ sở số liệu

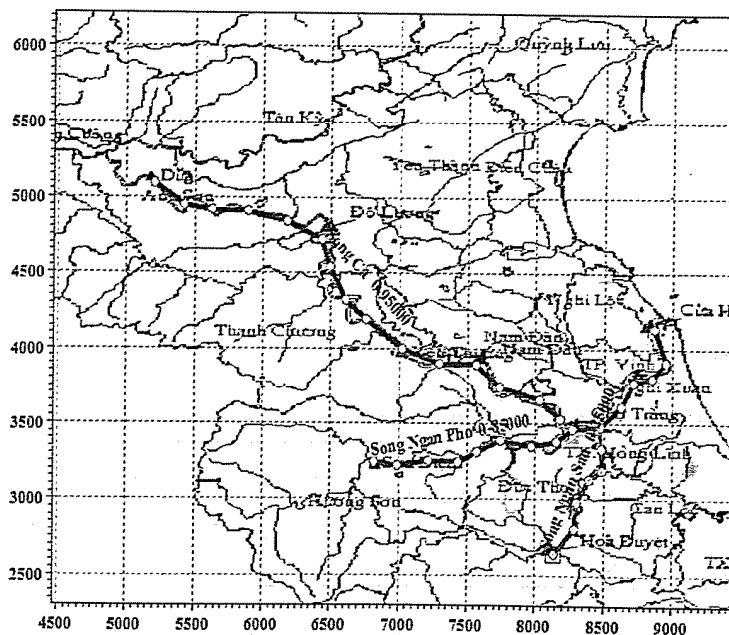
Bộ số liệu sử dụng nhằm mục đích xây dựng mạng thủy lực bao gồm:

- Mặt cắt ngang tại các tuyến đo lưu lượng và mực nước tại các trạm: Dừa, Yên Thượng, Hòa Duyệt, Sơn Diệm, Nam Đàn, Chợ Tràng, Linh Cảm, Cửa Hội và một số vị trí dọc hệ thống sông.

Chuỗi số liệu lưu lượng trung bình ngày trong các tháng mùa lũ tại các trạm thủy văn Hoà Duyệt, Sơn Diệm, Dừa và số liệu mực nước trung bình ngày các trạm thủy văn Yên Thượng, Cửa Hội từ 01/07/2005 đến 30/11/2005. Dùng để hiệu chỉnh mô hình.

- Cũng trong quá trình nghiên cứu và phân tích chuỗi số liệu hiện có, nhóm tác giả nhận thấy dòng chảy lũ trên lưu vực sông Lam năm 2004 có tính chất biến động mạnh và diễn biến khá phức tạp. Vì thế nhóm nghiên cứu đã lựa chọn số liệu các tháng trong mùa lũ năm 2004 để kiểm định tính ổn định của bộ thông số sau khi đã được hiệu chỉnh.

Số liệu lưu lượng trung bình ngày tại các trạm thủy văn Hoà Duyệt, Sơn Diệm, Dừa và số liệu mực nước trung bình ngày các trạm thủy văn Yên Thượng, Cửa Hội từ 01/07/2004 đến 30/09/2004. Dùng để kiểm định mô hình.



Hình 2. Sơ đồ thủy lực khu vực nghiên cứu

4. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE11

Nhóm nghiên cứu sử dụng mô đun HD là mô đun diễn toán thủy lực và có đặc điểm: Bộ số liệu thuộc biên đầu vào và biên đầu ra đã trực tiếp tham gia vào quá trình diễn toán, nên không thể sử dụng để đánh giá chất lượng diễn toán cho mô hình. Vì thế phải lựa chọn một trạm trung gian nằm trong mạng lưới sông để diễn toán và được giới hạn bởi các biên đầu vào và đầu ra.

Trạm trung gian được chọn phải là trạm có tài liệu mặt cắt địa hình và số liệu mực nước. Có như

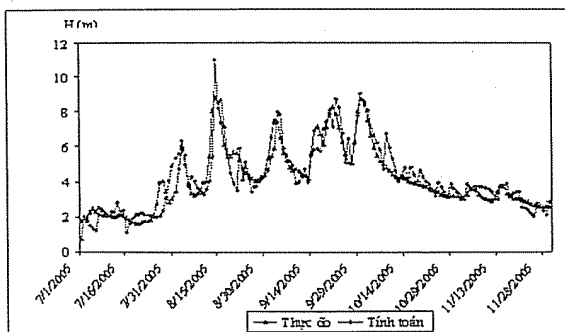
vậy độ chính xác mới cao và chất lượng diễn toán mới được bảo đảm. Bởi nếu sử dụng số liệu lưu lượng để đánh giá thì tính chất biến động và sự dao động của dòng chảy lũ sẽ không được thể hiện một cách rõ nét như là mực nước tại một vị trí mặt cắt. Vì thế, bài viết đã chọn trạm trung gian là trạm thủy văn Yên Thượng để đánh giá chất lượng diễn toán của mô hình.

1) Kết quả hiệu chỉnh

- Bảng hệ số nhám trong quá trình hiệu chỉnh mô hình

Bảng 2. Hệ số nhám của các vị trí mặt cắt diễn toán

Sông	Vị trí mặt cắt	Khoảng cách (km)	Hệ số nhám lòng	Sông	Vị trí mặt cắt	Khoảng cách (km)	Hệ số nhám lòng
Ngàn Sâu	Hòa Duyệt	0	0,079	Ngàn Phố	Cửa Hội	70,000	0,000042
-	Linh Cẩm	25,000	0,0681	Sông Lam	Dừa	0	0,065
Ngàn Phố	Sơn Diệm	0	0,075	-	Yên Thượng	85,000	0,045
-	Linh Cẩm	30,000	0,067	-	Nam Đàn	95,000	0,003
-	Chợ Tràng	55,000	0,00052	-	Chợ Tràng	107,000	0,0012



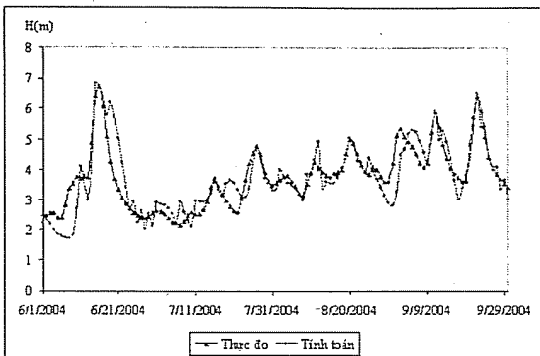
Hình 3. Đường quan hệ mực nước thực đo và tính toán tại trạm Yên Thượng trong quá trình hiệu chỉnh mô hình từ 1/7/2005 đến 30/11/2005

Bảng 3. Kết quả đánh giá chất lượng hiệu chỉnh mô hình

Chỉ tiêu đánh giá	Trạm Yên Thượng
Chỉ số Nash	0.875
Thời điểm xuất hiện cực trị	0%
Sai số tổng lượng	5,70%
Sai số cực trị	9,62%

2) Kết quả kiểm định

- Kết quả kiểm định được thể hiện qua đường quá trình trong hình 4.



Hình 4. Đường quan hệ mực nước thực đo và tính toán tại trạm Yên Thượng trong quá trình kiểm định mô hình từ 1/6/2004 đến 30/9/2004

Bảng 4. Kết quả đánh giá chất lượng kiểm định

Chỉ tiêu đánh giá	Trạm Yên Thượng
Chỉ số Nash	0,91
Thời điểm xuất hiện cực trị	0%
Sai số tổng lượng	8,73%
Sai số cực trị	12,40%

5. Kết luận và kiến nghị

Từ những kết quả ở trên, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Mô hình MIKE11 mô phỏng quá trình diễn toán dòng chảy lũ sông Lam trực quan, dễ thấy và cho ta thấy được sự dao động mực nước nước tại mặt cắt cụ thể cũng như cho toàn bộ sông nghiên cứu.

- Yêu cầu về số liệu đối với mô hình MIKE11 tại

sông Lam như lưu lượng tại biên vào, mực nước tại biên ra phải chính xác và khá phức tạp.

- Kết quả diễn toán dòng chảy lũ lưu vực sông Lam bằng mô hình MIKE11 rất đáng tin cậy với chỉ tiêu Nash cao, đạt 0.91, vì vậy, có thể ứng dụng mô hình MIKE11 cho yêu cầu các bài toán thực tế đối với sông Lam như: Mô phỏng, diễn toán, cảnh báo, dự báo lũ...

Tài liệu tham khảo

1. Trần Duy Kiều. Về trận lũ đặc biệt lớn tháng 8 năm 2007 trên lưu vực sông Ngàn Sâu. Tạp chí KTTV số 575 tháng 11-2008.
2. Nguyễn Xuân Tiến. Nghiên cứu ứng dụng mô hình thủy văn, thủy lực tính toán, dự báo lũ hệ thống sông Cả. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật. 2003.
3. Viện Khí tượng Thủy văn: Đặc trưng hình thái lưu vực sông Việt Nam. Hà Nội năm 1985.
4. Denmark Hydraulic Institute (DHI). A Modelling System for Rivers Channels. Reference Manual. DHI 2007.