

Vận dụng mô hình FLAPS để tính truyền lũ vùng hạ lưu hồ Hoà Bình

TS. Lương Tuấn Anh, CN. Phan Ngọc Thắng
Trung tâm Nghiên cứu Thủy văn và Tài nguyên nước

Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu áp dụng mô hình FLAPS (Flood Control Program) của các chuyên gia Thụy Điển để tính toán truyền lũ vùng hạ lưu công trình thủy điện Hoà Bình. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy mô hình có khả năng mô phỏng tốt quá trình dòng chảy lũ sông Hồng đến nút phân nhánh Hà Nội - Thượng Cát.

1. Mở đầu

Mô hình FLAPS (Flood Control Program) [3] do các chuyên gia của Đại học Lund, Thụy Điển nghiên cứu và xây dựng với mục đích là giúp các nhà khoa học một công cụ đơn giản nhưng hiệu quả để đánh giá khả năng kiểm soát lũ của các hệ thống công trình phòng lũ. Cơ cấu của mô hình gồm 3 thành phần chính, bao gồm: Nguồn nước (Sources), Đường dẫn (Routers) để chuyển nước và Các công trình (Constructions). Mô hình có phần giao diện thân thiện với người sử dụng. Phần mềm đã được GS Laszlo Iitz, chuyên gia Thụy Điển chuyển giao và hướng dẫn sử dụng cho các cán bộ của Trung tâm nghiên cứu Thủy văn và Tài nguyên nước vào năm 2002 trong khuôn khổ hợp tác nghiên cứu lũ quét sông Tuy Loan do tổ chức SIDA tài trợ. Mô hình FLAPS cũng đã được áp dụng thành công trong việc mô phỏng kiểm soát lũ của sông Hongru (Trung Quốc) đã được công bố năm 1996 [3].

Phương pháp truyền lũ được sử dụng trong mô hình là phương trình sóng

động học, thích hợp với khu vực nghiên cứu có độ dốc tương đối lớn, hệ thống sông không bị phân nhánh, hầu như không bị ảnh hưởng của nước vật và không bị tác động của thủy triều. Do đó, việc vận dụng mô hình FLAPS đối với khu vực hạ lưu công trình thủy điện Hoà Bình đến nút phân nhánh Hà Nội - Thượng Cát để tính toán truyền lũ là hoàn toàn chấp nhận được và phương pháp xử lý sơ đồ tính, số liệu lòng dẫn và kết quả mô phỏng dòng chảy sẽ được trình bày trong bài báo này.

2. Mô hình FLAPS

a. Cấu trúc của mô hình FLAPS

Mô hình FLAPS bao gồm một phần mềm kết nối và điều khiển các mô đun:

- Cơ sở dữ liệu (Databases).
- Thiết kế hệ thống.
- Các thành phần của mô hình, gồm:
 - + Nguồn : Các thông tin về dòng chảy vào hệ thống.
 - + Đường dẫn: Lòng dẫn (Channel) và chuyển nước (Mover).
 - + Công trình: Nút (Collector), hồ chứa, hồ điều hoà và trữ lũ (Detention basin).

b. Một số phương trình cơ bản

1) Phương trình sóng động học mô tả dòng chảy trong lòng dẫn

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

$$S_o = S_f \quad (2)$$

Trong đó: - A: diện tích mặt cắt ướt, m²

- Q: lưu lượng nước, m³/s

- S_o: độ dốc đáy sông

- S_f: độ dốc cản

Phương trình (2) có thể viết dưới dạng khác nếu áp dụng công thức Chezy-Manning:

$$A = \alpha Q^\beta \quad (3)$$

Phương trình (1) kết hợp với phương trình (3), thu được [2, 3]:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \frac{\partial Q}{\partial t} = q \quad (4)$$

Phương trình sóng động học (4) mô tả quá trình sóng nảy sinh do biến đổi lưu lượng truyền xuôi dọc theo dòng chảy, do đó phương trình đã cho yêu cầu một điều kiện biên trên và điều kiện ban đầu là lưu lượng dòng chảy ổn định dọc các hệ thống sông.

Phương trình (4) được giải bằng sơ đồ sai phân tuyến tính [2, 3]

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \approx \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i+1}^j}{\Delta t}$$

$$Q^{\beta-1} \approx \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \quad q \approx \frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2}$$

Thế vào phương trình (4) và giải sẽ thu được nghiệm:

$$Q_{i+1}^{j+1} = \frac{\left[\frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{j+1} + \alpha \beta Q_{i+1}^j \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} + \Delta t \left(\frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \right) \right]}{\left[\frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha \beta \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]} \quad (5)$$

2) Phương pháp diễn toán dòng chảy qua hồ chứa nước

Diễn toán qua hồ chứa trong mô hình FLAPS được thực hiện trên cơ sở phương trình lượng trữ:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \quad (6)$$

Dưới dạng sai phân [3]:

$$\left(\frac{2S^{j+1}}{\Delta t} + Q^{j+1} \right) = (I^j + I^{j+1}) + \left(\frac{2S^j}{\Delta t} - Q^j \right) \quad (7)$$

Phương trình (7) kết hợp với quan hệ đặc trưng của hồ S=f(Z) và Q=f(Z) sẽ mô phỏng được quá trình diễn toán qua hồ chứa, vùng trữ lũ, chậm lũ.

3. Công thức vỡ đập, đập được sử dụng để mô phỏng dòng chảy vào khu trữ lũ

Mô hình FLAPS cho phép mô tả sự vỡ đập hoặc vỡ đập dọc sông để vào các khu chứa lũ, chậm lũ. Công thức tính dựa trên cơ sở dòng chảy qua đập tràn có dạng sau [3]:

$$Q = C_1 * BRWID * (WSEL - TRHLD)^{1.5} + C_2 * (WSEL - TRHLD)^{2.5} \quad (8)$$

Trong đó:

WSEL = độ chênh mực nước giữa sông và khu trữ lũ, chậm lũ (độ chênh cột nước thượng và hạ lưu đập).

- TRHLD = cao độ đáy của vết vỡ.

- BRWID = độ rộng của vết vỡ.

- C₁, C₂ = Hệ số lưu lượng qua đập tràn, được tính trên cơ sở các công thức thực nghiệm sau:

$$C_1 = 1,70 * k_s \quad ; \quad C_2 = 1,35 * Z * k_s \quad (9)$$

Trong đó:

$$k_s = 1 \quad \text{khi} \quad \frac{TWEL - TRHLD}{WSEL - TRHLD} \leq 0,67$$

$$k_s = 1,0 - 27,8 \left[\frac{TWEL - TRHLD}{WSEL - TRHLD} - 0,67 \right]^3$$

$$\text{khi} \quad \frac{TWEL - TRHLD}{WSEL - TRHLD} \geq 0,67$$

TWEL = mực nước hạ lưu đập.

3. Kết quả mô phỏng truyền lũ của hệ thống sông Hồng

a. Số liệu và xử lý số liệu

Số liệu đầu vào của mô hình bao gồm:

- Số liệu độ rộng lòng dẫn của các đoạn sông đặc trưng:

+ Hoà Bình - Trung Hà (9 đoạn sông).

+ Yên Bái - Trung Hà (4 đoạn sông).

+ Vụ Quang - Việt Trì (3 đoạn sông).

+ Trung Hà - Việt Trì (2 đoạn sông).

+ Việt Trì - Ngã ba sông Hồng - Đuống (10 đoạn sông).

- Số liệu độ dốc lòng dẫn các đoạn sông trên tính theo xu thế dốc đáy của lòng dẫn (hình 1 - Sông Đà, hình 2 - Sông Thao).

- Số liệu lưu lượng dòng chảy tại các biên trên là số liệu dòng chảy ngày các năm 1969, 1970, 1971 và 1972 [1] tại:

+ Hoà Bình.

+ Yên Bái.

+ Vụ Quang.

b. Sơ đồ mô phỏng, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Sơ đồ mô phỏng quá trình truyền lũ hệ thống sông hạ lưu hồ Hoà Bình bằng mô hình FLAPS được thể hiện ở hình 3.

Mô hình được áp dụng để mô phỏng 4 năm số liệu ngày 1969-1972. Các thông số được hiệu chỉnh là thông số α và β . Thông số α được tính thông qua hệ số nhám lấy bằng 0,04 và hệ số $\beta = 0,74$. Kết quả mô phỏng lũ qua mặt cắt kiểm tra tại Trạm Sơn Tây được thể hiện ở bảng 1 và các hình 4, 5.

Bảng 1. Kết quả mô phỏng dòng chảy tại mặt cắt kiểm tra trạm Sơn Tây

Quá trình dòng chảy	1969	1970	1971	1972
Đỉnh lũ đo (m ³ /s)	27900	21700	35600	13800
Đỉnh lũ tính toán (m ³ /s)	25742	20519	35566	12746
Sai số đỉnh (%)	7,7	5,4	5,8	7,6
Sai số tổng lượng (%)	1,9	1,61	2,66	8,5
R ² (%)	98,81	98,39	98,76	96,21

Từ các số liệu trên cho thấy lũ 1972 là lũ có đỉnh nhỏ, chỉ hơn 1/3 đỉnh lũ

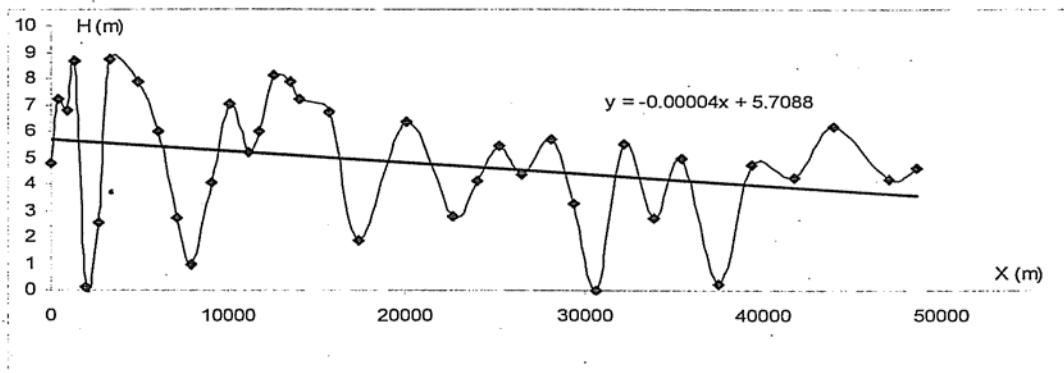
1971, lại vẽ trong hệ tọa độ gần giống nhau nên sẽ thấy sai số lớn hơn.

NGHIÊN CỨU & TRAO ĐỔI

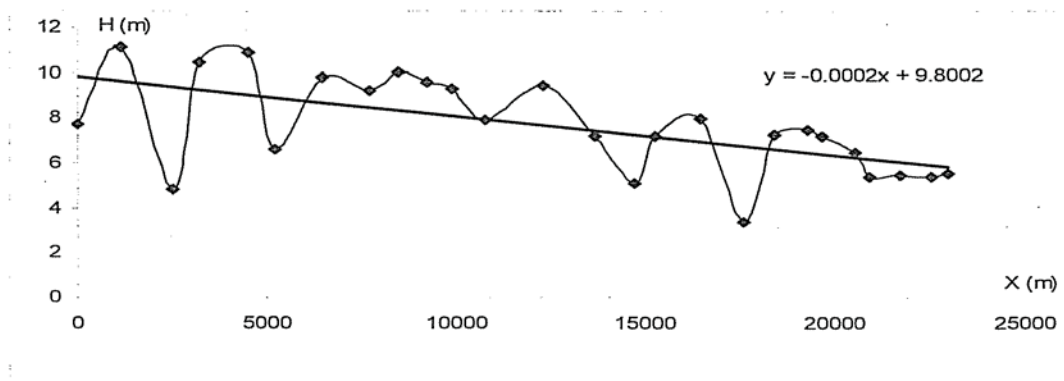
Riêng năm 1971 có phân lũ sông Đáy khoảng 3000 m³/s. Kết quả mô phỏng lũ của FLAPS chưa sử dụng mô đun phân lũ là 35566m³/s, vượt lũ thực đo 2000 m³/s. Kết quả này là chấp nhận được.

Kết quả mô phỏng cho thấy với cách xử lý số liệu như đã trình bày, mô hình

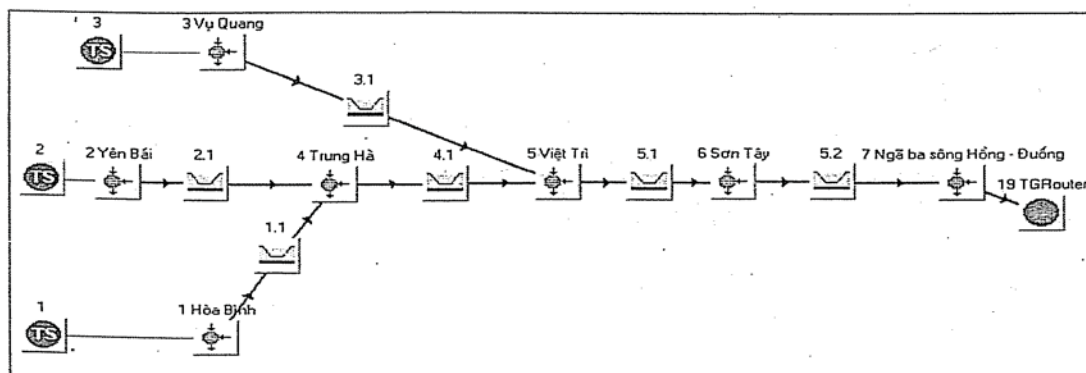
FLAPS hoàn toàn có khả năng áp dụng cho việc phân tích hệ thống phòng và kiểm soát lũ lụt vùng hạ lưu hồ Hoà Bình đồng thời mô hình có thể cảnh báo mực nước lũ tại Hà Nội trong trường hợp phân lũ, trữ lũ hoặc chậm lũ của các công trình phòng chống lũ thượng lưu của trạm thủy văn Hà Nội.



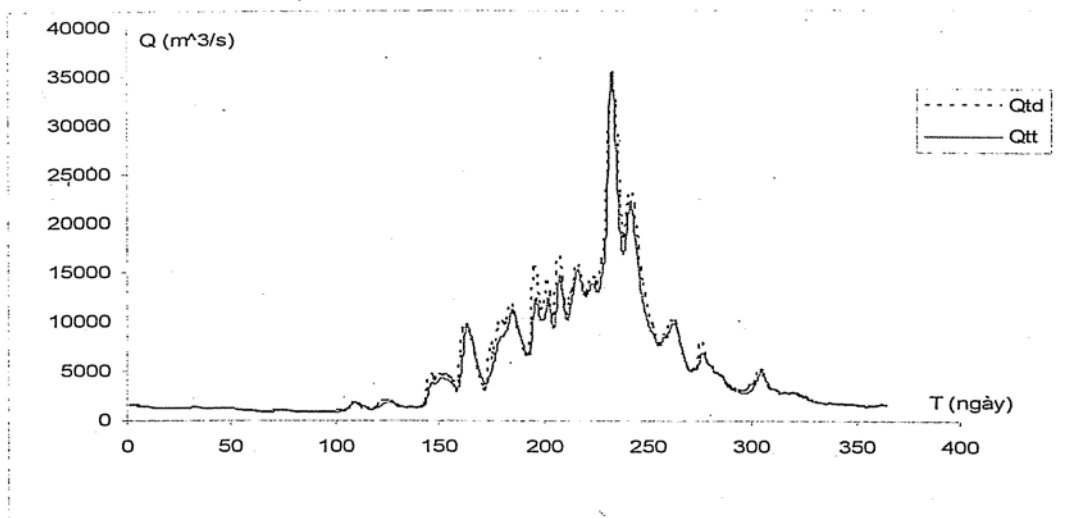
Hình 1. Xu thế độ dốc đáy Sông Đáy



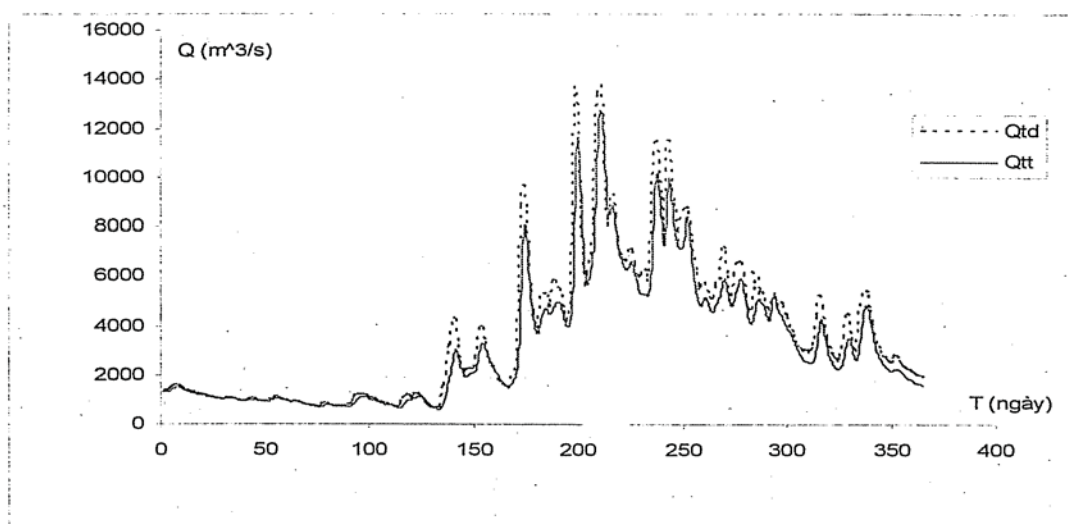
Hình 2. Xu thế độ dốc đáy Sông Thao



Hình 3. Sơ đồ mô phỏng quá trình truyền lũ hệ thống sông hạ lưu hồ Hoà Bình



Hình 4. Đường quá trình lưu lượng trạm Sơn Tây năm 1971 (Qtd - Qtt)



Hình 5. Đường quá trình lưu lượng trạm Sơn Tây năm 1972 (Qtd - Qtt)

Tài liệu tham khảo

1. Niên giám Thủy văn các năm 1969, 1970, 1971 và 1972. Cục Thủy văn xuất bản.
2. Ven Te Chow, David R. Maidment and Larry W. Mays : Applied Hydrology. McGraw Hill Book Company (1988).
3. Vivian Caragounis, Laszlo Iritz, Mogens H. Buchwaldt: Manual for the FLAPS Control Program, Appendix A- Appendix E. Lund University.