

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THỦ NGHIỆM MÔ HÌNH THỦY LỰC "KRSAL" VÀO TÍNH TOÁN VÀ DỰ BÁO CHO HẠ DU HỆ THỐNG SÔNG HỒNG - THÁI BÌNH

PTS. Bùi Văn Đức

· Trung tâm quốc gia dự báo KTTV

1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. Vài nét về sự phát triển của mô hình KRSAL

Mô hình KRSAL là một trong số mô hình thủy lực, được đầu tư nghiên cứu xây dựng sớm nhất ở nước ta (từ cuối những năm 1970), để mô phỏng lũ hệ thống sông Hồng - Thái Bình. Tác giả của mô hình là GS. Nguyễn Như Khuê - Viện Quy hoạch và Quản lý nước, Bộ Thủy lợi. Trải qua nhiều lần hoàn thiện, tới nay KRSAL có nhiều phiên bản khác nhau. Mỗi phiên bản hướng vào giải quyết một loại bài toán riêng (tính tưới, tiêu cho hệ thống thủy nông; tính tiêu thoát nước cho đô thị, tính toán lũ cho hệ thống sông, tính toán và dự báo mực nước, lưu lượng và độ mặn cho mạng cửa sông v. v..).

Trên cơ sở mô hình KRSAL tính toán truyền lũ trên mạng sông Hồng - Thái Bình của Viện Quy hoạch và Quản lý nước, nhóm tác giả đã tiến hành một số cải tiến và thích nghi cho bài toán dự báo lũ hạ du hệ thống sông Hồng - Thái Bình.

1.2. Hệ phương trình cơ bản

Cơ sở của KRSAL là hệ phương trình Saint Venant và mô hình toán 1 chiều trong kênh hở.

- Phương trình liên tục

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

- Phương trình động lực

$$\frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\alpha}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\alpha}{g} V \frac{\partial V}{\partial x} = -J. \quad (2)$$

Trong đó hai hàm số cần tìm là :

$Q(x,t)$ - lưu lượng qua mặt cắt ở vị trí x , thời điểm t ,

$Z(x,t)$ - mực nước (độ cao của mặt nước) tương ứng.

Các hàm được suy ra từ Q và Z là:

ω_c - diện tích mặt cắt ngang, kể cả bãi chứa.

ω - diện tích mặt cắt ngang dòng chảy,

$\bar{v} = \frac{Q}{\omega}$ - lưu tốc trung bình mặt cắt,

q - lưu tốc bổ sung dọc đường tính cho đơn vị dài dòng chảy,

J - độ dốc thủy lực, tức tổn thất năng lượng do sức cản thủy lực, được tính theo tổn thất trong dòng chảy ổn định.

Trong một mạng lưới sông kênh và khu trũng chứa nước, trong trạng thái chảy êm, hệ phương trình trên có lời giải xác định duy nhất, thoả mãn điều kiện ban đầu cho trước. Song trong hệ thống sông thiên nhiên, do tác động của quá trình không ổn định của biên (Lũ và triều, lưu lượng gia nhập v.v...), ω và V là các hàm phức tạp nên hệ (1), (2) chỉ có thể giải gần đúng. Có nhiều cách giải, song ở đây KRSAL được giải theo sơ đồ sai phân ẩn 4 điểm. Vấn đề này đã được GS. Nguyễn Như Khuê đề cập trong nhiều công trình [1-3].

1.3. Sơ đồ lưới sông

Hệ thống hạ du sông Hồng - Thái Bình được khép kín bằng hệ thống biên trên là lưu lượng các trạm Sơn Tây - s. Hồng, Thái Nguyên - s. Cầu, Cầu Sơn - s. Thương và Chũ - s. Lục Nam, biên dưới của mô hình là các trạm cửa sông (Như Tân - s. Ninh Cơ, Ba Lạt - s. Hồng, Định Cư - s. Trà Lý, Đông Xuyên - s. Thái Bình, Kinh Khê - s. Văn Úc, Kiến An - s. Lạch Tray, Cửa Cấm - s. Cấm và Đồn Sơn - s. Đá Bạc). Trong mô hình cũng đưa thêm biên mực nước trạm Gián Khẩu để chuẩn bị cho giai đoạn phát triển đưa khu vực phân lũ qua đập Đáy vào hoạt động.

Toàn bộ lưới sông được chia thành 158 đoạn với 155 mặt cắt trong đó có 38 trạm thủy văn. Số liệu mặt cắt bao gồm độ rộng lòng, bãi và các đoạn sông được đặc trưng bởi các tham số: độ rộng, độ nhám, độ dốc đáy sông. Các đặc trưng trên đều được lấy trung bình cho đoạn sông ứng với các cấp mực nước khác nhau, bao trùm biên độ dao động của mực nước (H_{max} , H_{min}).

1.4. Nguyên nhân chính gây sai số và hướng khắc phục

Mô hình KRSAL có cơ sở lý luận chặt chẽ, song độ chính xác của các loại số liệu phục vụ cho mô hình còn nhiều hạn chế, nhất là các số liệu mô tả địa hình các khu vực bãi và vùng đất trũng trong đê quai (khi mực nước ngập đê quai). Đối với hệ thống sông lớn và phức tạp Hồng - Thái Bình, địa hình - nhám của lòng, bãi bị biến đổi thường xuyên và sự cập nhật hàng năm

các số liệu trên là vấn đề khó khăn và phức tạp. Đây là một trong các nguyên nhân quan trọng nhất gây sai số cho mô hình.

Khác với tính toán phục vụ thiết kế và quy hoạch, mô hình KRSAL ứng dụng trong dự báo thủy văn có những thuận lợi nhất định:

- Có điều kiện cập nhật sai số theo các số liệu thực đo phản hồi qua từng lần dự báo.

- Dùng các thủ thuật, như tham số hoá để khắc phục tình trạng thiếu số liệu địa hình, gia nhập v.v.. nhằm thích nghi mô hình cho thời kỳ tiền dự báo.

2. NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG KRSAL VÀO TÍNH TOÁN VÀ DỰ BÁO MỰC NƯỚC

2.1. Mô hình mô phỏng đoạn sông

Sự hình thành mực nước trên hệ thống sông Hồng - Thái Bình rất phức tạp. Đặc biệt trên hệ thống sông Thái Bình, lưu lượng các biên thượng lưu (Thái Nguyên, Cầu Sơn và Chũ) không bao quát hết lượng nước nhập lưu vào hệ thống, lượng gia nhập khu giữa đôi khi chiếm trên 30 % tổng lưu lượng của 3 biên trên.

Điều kiện địa hình khu vực này không những chỉ phức tạp bởi các đảo, bãi bồi ven sông, mà tình hình biến động hàng năm do nâng cấp hoặc xuống cấp các đê quai làm mất hẳn ý nghĩa của bộ số liệu các mặt cắt mô tả địa hình.

Khi mực nước tràn lên các bãi, tại các điểm nhập lưu sông Công, sông Cà Lồ, độ rộng mặt thoáng đột ngột mở rộng nhiều lần. Khi mực nước lên trên báo động II một số đê quai bị tràn hoặc bị phá, phần trong đê quai biến thành khu trũng, sau đó dần dần biến thành vùng chảy tràn. Khi mực nước giảm xuống thấp hơn cao độ đê quai, lượng nước trong vùng lại trữ điều tiết ra sông giống như các hồ tự nhiên. Muốn mô phỏng chính xác các hiện tượng trên KRSAL cần được bổ sung thêm nhiều số liệu địa hình và biên gia nhập của khu vực này.

Trong điều kiện hiện nay, những yêu cầu về bổ sung và cập nhật số liệu địa hình thường xuyên chưa thể đáp ứng được. Những khó khăn này đã được khắc phục bằng cách kết hợp mô hình vật lý toán với mô hình hộp đen tuyến tính.

Toàn bộ hệ thống sông Thái Bình tính từ các trạm Thái Nguyên, Cầu Sơn, Chũ về tới Đáp Cầu, Phủ Lạng Thương và Lục Nam được mô phỏng bằng hệ thống hồ điều tiết tự nhiên.

- Mỗi hồ được mô hình hoá bằng một phương trình dạng

$$q_t = A.Q_t + A_o, \quad (3)$$

Các tham số A và A_o có thể xác định bằng nhiều phương pháp, đơn giản nhất là thử dần.

- Dòng chảy gia nhập được đánh giá theo tỷ trọng dòng chảy tuyến trên.

$$Q_t = A.Q \quad (4)$$

Trong các công thức (3) và (4) Q, Q_t, q_t tương ứng là lưu lượng tuyến trên, lưu lượng gia nhập và lưu lượng đã bị điều tiết.

Phương trình (3) được phân lớp theo cấp lưu lượng qua các tuyến trên tương ứng với các ngưỡng (tràn bãi, tràn đê quai). Các tham số phương trình (4) thường bị biến đổi theo từng trận lũ, phụ thuộc vào phân bố mưa trên lưu vực. Chúng được thích nghi theo các số liệu thời kỳ tiền dự báo.

2.2. Dự báo các biên

Các biên lưu lượng lũ được lấy trực tiếp từ số liệu dự báo thủy văn của TTQG_DBKTTV.

Các biên mực nước của mô hình KRSAL là 9 trạm thủy văn cửa sông (trong mục 1.3). Mực nước các trạm này là hàm của nhiều nhân tố, như triều, lũ, dâng - rút do bão và gió mùa. Ngoài các nhân tố có tính biến đổi cao trên, cần phải kể đến tác động nhân tố địa hình khu vực cửa sông.

Các biên mực nước cửa sông có thể được dự báo theo nhiều phương pháp khác nhau, song trong điều kiện hiện tại mới chỉ xét được hai thành phần chủ yếu là triều và lũ. Tỷ trọng của hai thành phần này liên tục biến đổi và phụ thuộc vào lượng trữ (độ lớn của mực nước). Phần đỉnh triều ảnh hưởng của lũ rất mờ nhạt và có thể bỏ qua. Chân triều tại các trạm đa số bị biến dạng do tác động của cao độ đáy sông và lũ. Đã xây dựng cho mỗi trạm biên mực nước 2 phương trình dự báo mực nước (đỉnh, chân) riêng biệt.

- Phương trình dự báo mực nước đỉnh

$$H_d = C \cdot H_{d,HD} + C_o, \quad (5)$$

- Phương trình dự báo mực nước chân

$$H_c = D \cdot H_{c,HD} + D_2 \cdot H_{HN} + D_o \quad (6)$$

Ở đây H_d, H_c, H_{d,HD}, H_{c,HD}, H_{HN} tương ứng là mực nước đỉnh, chân triều tại trạm, mực nước đỉnh, chân triều tại hòn Dấu và mực nước trạm

Hà Nội hoặc Phả Lại lấy lịch theo thời gian truyền triều và truyền lũ; C, Co, D và Do là các hệ số phương trình hồi quy.

Trên cơ sở chân và đỉnh triều xác định theo (5),(6) quá trình triều được nội suy theo hàm điều hoà với độ phân giải mỗi giờ 1 giá trị mực nước.

$$H_t = H_o + A \cdot \cos(2\pi/T + t) \quad (7)$$

$$A = H_d - H_c$$

$$T = t_{ctr} - t_{cs}$$

$$t = t_h - t_o$$

Ở đây A- biên độ dao động trong ngày; T - chu kỳ; t - thời điểm nội suy mực nước và H_o - mực nước tại chân hoặc đỉnh dùng làm mốc nội suy.

2.3. Sơ đồ dự báo

Sơ đồ dự báo được tổ chức thành phần mềm khép kín với các chức năng:

- Cập nhật sửa chữa số liệu
- Dự báo biên lưu lượng
- Dự báo biên mực nước
- Khởi tạo điều kiện ban đầu
- Chạy mô hình KRSAL
- Kiểm định
- In bản tin

Bằng các chức năng trên có thể tiến hành tính lặp, thích nghi tham số tới khi đạt độ chính xác cho phép chuyển sang dự báo. Sơ đồ trên tuy chưa được hoàn thiện mỹ mãn, song nó đã giúp rút ngắn thời gian thao tác dự báo.

2.4. Kết quả dự báo thử cho năm 1993

Lũ năm 1993 trên hệ thống sông Hồng - Thái Bình thuộc loại lũ nhỏ, trong cả vụ có 4 trận lũ đạt đỉnh trên 7 m tại Hà Nội. Trong đó trận lớn nhất có đỉnh đạt 9,63 m. Trên sông Thái Bình có 3 trận với đỉnh cao trên 3,5 m và trận lớn nhất có đỉnh đạt 4,85 m.

Mô hình thủy lực tham gia dự báo thử nghiệm trận lũ cuối tháng VIII - trận lũ lớn nhất năm 1993. Trong quá trình dự báo gặp nhiều khó khăn do không nhận được kịp thời các số liệu thực đo của nhiều vị trí quan trọng, vì vậy một vài bước trong sơ đồ dự báo không thể thực hiện được, làm cho kết quả dự báo còn hạn chế. Tuy nhiên, trên hệ thống sông Hồng, mực nước các

trạm Hà Nội, Thượng Cát, Hưng Yên, Nam Định, Triều Dương và Quyết Chiến được mô hình KRSAL dự báo với độ chính xác tương đối cao. Sai số trung bình đối với trạm Hà Nội, Thượng Cát và Hưng Yên dao động từ 4 đến 8 cm, sai số lớn nhất của các trạm này không vượt quá 25 cm. Dự báo mực nước cho các trạm vùng ảnh hưởng chủ yếu của triều có suất đảm bảo 67 % (với sai số cho phép là 15 cm).

Trên hệ thống sông Thái Bình mực nước dự báo của các trạm Đáp Cầu, Phủ Lạng Thương, Lục Nam tương đối phù hợp với mực nước quan trắc. Sai số trung bình dao động từ 9 đến 12 cm, sai số lớn nhất không vượt quá 32 cm. Kết quả dự báo mực nước tại Phả Lại đạt yêu cầu. Trên các điểm còn lại sai số dự báo còn tương đối lớn (trên 30 cm). Dự báo cho các trạm gần biên cửa sông có mức bảo đảm đạt 70% (với sai số cho phép là 5 cm).

3. MỘT SỐ NHẬN XÉT

Mô hình KRSAL có cơ sở lý thuyết chặt chẽ, song những đòi hỏi chi tiết và chính xác về số liệu địa hình và hệ số nhám của lòng dẫn và bãi chưa được đáp ứng ở nhiều nơi trong hệ thống, khiến độ ổn định của mô hình còn chưa cao.

Việc tham số hoá các đoạn sông phức tạp, thiếu số liệu địa hình, số liệu gia nhập là hướng làm hợp lý và cần thiết trong điều kiện hiện nay.

Kết quả dự báo thử trận lũ tháng VIII/1993 cho thấy mô hình "KRSAL cải tiến" với sơ đồ dự báo mềm dẻo thuận tiện có nhiều khả quan trong dự báo tác nghiệp. Nếu được đầu tư thêm, nó sẽ trở thành công cụ tốt cho việc diễn toán lũ hạ du lưu vực sông Hồng - Thái Bình. Đặc biệt trong các trường hợp lòng dẫn đột ngột thay đổi (phân lũ, vỡ đê), khi các mô hình thủy văn không còn tác dụng, thì mô hình KRSAL trở thành công cụ duy nhất để diễn toán lũ vùng hạ du sông Hồng - Thái Bình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tính toán thủy lực hệ thống sông Hồng và Thái Bình - Báo cáo số 1, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp nhà nước. Bộ Thủy lợi, 1982.
2. Nguyễn Như Khuê và Đào Văn Kiên. Mô hình toán lũ trên đồng bằng sông Cửu Long và ứng dụng để phân tích đặc điểm lũ và dự báo hạn ngắn. TP HCM, VI/1992.
3. Nguyễn Như Khuê. Xây dựng mô hình toán dòng chảy và nồng độ chất hoà tan. Hà Nội, 1994.