

HOÀN THIỆN MÔ HÌNH TÍNH TOÁN VÀ DỰ BÁO DÒNG CHẢY SÔNG ĐÀ PHỤC VỤ ĐIỀU HÀNH HỒ HOÀ BÌNH

PGS. TS. Lê Bắc Huỳnh

ThS. Lê Thị Việt Hoa

Trung tâm dự báo KTTV Trung ương

Tính toán và dự báo dòng chảy đến hồ Hoà Bình có một ý nghĩa thực tiễn và khoa học quan trọng trong công tác phục vụ điều hành công trình thủy điện Hoà Bình, bảo đảm khai thác hiệu quả nguồn nước để phát điện cũng như phòng tránh lũ lụt cho hạ du. Do vậy, nhiều năm qua, đã có nhiều nghiên cứu về vấn đề này.

Trên cơ sở kết quả của đề tài "Nghiên cứu xây dựng công cụ tính toán và dự báo dòng chảy lũ thượng lưu hệ thống sông Hồng" [4] và một số công trình khác [5] cùng với sự tích lũy được số liệu mưa, dòng chảy phần thượng nguồn sông Đà thuộc Trung Quốc và ở nước ta trong 2 năm gần đây, chúng tôi đã nghiên cứu phát triển, hoàn thiện mô hình và chương trình công nghệ trên máy vi tính nhằm xây dựng một công cụ thuận tiện trong nghiệp vụ để tính toán, dự báo dòng chảy đến hồ, mực nước hồ Hoà Bình phục vụ điều hành công trình. Dưới đây trình bày tóm tắt những kết quả chính hoàn thiện mô hình và công nghệ nêu trên.

1. Khái quát điều kiện địa lý tự nhiên và khí tượng thủy văn lưu vực sông Đà

Trong nhiều công trình nghiên cứu của chúng tôi [1-5] cũng như nhiều tác giả khác đã đề cập khá đầy đủ về điều kiện địa lý tự nhiên, khí tượng và thủy văn lưu vực sông Đà, nên dưới đây chỉ giới hạn ở những đặc điểm nổi bật nhất liên quan trực tiếp tới nghiên cứu hoàn thiện mô hình.

Lưu vực sông Đà kéo dài theo hướng tây bắc-đông nam tới 380km, rộng trung bình 80km, phần thuộc địa phận Việt Nam có diện tích là 26800km², chiếm khoảng 50% diện tích toàn lưu vực, phần còn lại thuộc vùng núi cao Vân Nam Trung Quốc. Đặc điểm nổi bật của địa hình lưu vực là dạng núi và cao nguyên đều cao, bị chia cắt mạnh theo chiều thẳng đứng; các dãy núi, cao nguyên và thung lũng sông thường sắp xếp song song theo hướng lưu vực. Sự sắp xếp này tác động rõ rệt tới đặc điểm khí hậu trên lưu vực.

Địa hình núi cao, chia cắt mạnh, độ dốc lớn, thung lũng sâu, hẹp với lượng mưa lớn lại tập trung vào vài ba tháng trong năm nên tạo điều kiện hình thành mạng lưới sông dày đặc, ít nhánh lớn; hướng của sông, suối thường trùng với hướng lưu vực. Mật độ sông suối lớn nhất là ở vùng núi phía Tây Hoàng Liên Sơn (kể cả trên phần lưu vực thuộc Trung Quốc), lên tới 1,5-1,7km/km². Phía hữu ngạn sông Đà là vùng cao nguyên đá vôi, mưa ít hơn nên sông suối thưa, chỉ từ 0,5 đến 1,5km/km², thường dưới 1,0km/km². Trên sông Đà và các dòng sông nhánh chính nhiều nước như A Mao (thuộc Trung Quốc), Nậm Na, Nậm Mu, các sông suối nhỏ đổ vào dòng chính thường phân bố đều dọc sông.

Trên lưu vực sông Đà, tồn tại những trung tâm mưa lớn như trung tâm mưa dọc theo sườn Tây Hoàng Liên Sơn thuộc các lưu vực sông nhánh Nậm Na, Nậm Mu, lượng mưa trung bình năm khoảng 2500mm. Trung tâm mưa ở vùng biên giới Việt-Trung là lớn nhất, lượng mưa năm thay đổi từ 2400 đến 3000mm. Tại vùng phía Tây Hoàng Liên Sơn, thấy rõ qui luật lượng mưa tăng theo độ cao lưu vực, mưa tập trung vào tháng V-X, đặc biệt là các tháng VI-VIII; lượng mưa mùa hè chiếm trên 90%, lượng mưa các tháng VI-VIII chiếm 50-60% lượng mưa năm.

Phù hợp với phân bố mưa, nguồn sinh dòng chảy quan trọng nhất trên sông Đà nằm ở phần lưu vực thuộc vùng biên giới Việt - Trung và vùng sườn phía Tây Hoàng

Liên Sơn, nơi có môđun dòng chảy năm từ 30÷40 l/s/km² và hơn nữa. Các nơi khác trên lưu vực có dòng chảy thường không vượt quá 20 l/s/km².

Mùa lũ trên sông Đà thường bắt đầu vào tháng V, kết thúc vào cuối tháng IX đầu tháng X. Dòng chảy lũ trên sông Đà lớn, tập trung nhanh và không đồng bộ ở các phần khác nhau của lưu vực là một đặc điểm nổi bật nhất của dòng chảy sông Đà. Lũ lớn nhất năm thường xảy ra vào cuối tháng VII, nửa đầu tháng VIII. Trong điều kiện địa lý tự nhiên thuận lợi cho dòng chảy lũ hình thành trên các phụ lưu sông Đà, nhất là lưu vực Nậm Na, Nậm Mu - hai phụ lưu lớn nhất bên tả ngạn, thường xuất hiện những trận lũ đặc biệt lớn gây tác hại nghiêm trọng. Môđun dòng chảy lũ lớn nhất đạt tới 2000÷3000 l/s/km² - thuộc loại lớn nhất ở Việt Nam. Trên dòng chính, lượng dòng chảy lũ chiếm bình quân từ 77,6 đến 78,5% dòng chảy năm, dòng chảy tháng VIII - tháng có dòng chảy lớn nhất năm - chiếm tới 23,7% dòng chảy năm. Dòng chảy lũ sông Đà thuộc loại lớn nhất trên hệ thống sông Hồng. Môđun đỉnh lũ lớn nhất tại Lai Châu là 428 l/s/km² vào tháng VIII năm 1945; tại Hòa Bình lên tới 441 l/s/km² vào tháng VIII-1996. Nhìn chung, phần lưu vực sông Đà thuộc Trung Quốc có dòng chảy không lớn, chỉ đóng góp lượng dòng chảy khoảng 10÷20% dòng chảy sông Đà tại Hòa Bình. Tuy nhiên, trong những trận lũ riêng lẻ với mưa tập trung ở phần thượng nguồn thì lượng dòng chảy từ phần lưu vực thuộc Trung Quốc có thể chiếm tới 20÷30% tổng lượng dòng chảy sông Đà, chẳng hạn, lưu lượng lớn nhất trong lũ tháng VIII-1945, lưu lượng lớn nhất tại Lý Tiên Giang (diện tích lưu vực là 17900 km²) lên tới 9200 m³/s (môđun đỉnh lũ là 514 l/s/km², song đỉnh lũ trong các trận lũ lớn tại đây thường khoảng dưới 5000 m³/s. Trên đoạn sông từ Lai Châu về Hòa Bình thấy rõ quy luật tăng dần môđun dòng chảy cực đại khi diện tích lưu vực tăng. Điều này chứng tỏ rằng, lượng gia nhập lớn ở phần lưu vực thuộc địa phận Việt Nam. Tại Lai Châu, biên độ lũ lớn nhất đạt tới 25 m, cao nhất ở Việt Nam, với cường suất lũ lên lớn nhất tới 77,4 cm/h. Dòng chảy lũ tập trung nhanh. Thời gian truyền lũ trên các đoạn sông liên tiếp ở dòng chính thường là 6 ÷12 giờ, ở các đoạn sông khác về dòng chính chỉ khoảng 4÷ 6 giờ. Thời gian truyền lũ trong sông từ Mường Tè về Hòa Bình thường khoảng 30 giờ. Do những đặc điểm trên của quá trình hình thành dòng chảy mà công tác dự báo thường gặp khó khăn lớn. Để giải quyết vấn đề này đòi hỏi phải có một mô hình tương đối nhạy với quá trình thay đổi dòng chảy trong sông tùy theo phân bố mưa và lượng gia nhập khu giữa.

Để giải quyết bài toán tính toán và dự báo dòng chảy trên sông Đà tại Tạ Bú và Hòa Bình khi sử dụng các thông tin hiện có, rõ ràng cần phân tích và đánh giá đầy đủ các nguồn gây lũ, sinh dòng chảy ở sông Đà trên toàn lưu vực cũng như trên phần lưu vực thuộc Việt Nam từ Mường Tè về tới Hòa Bình [1- 5].

Hiện nay, trong khuôn khổ hợp tác với Bộ Thủy lợi Trung Quốc, vào mùa lũ (từ 15-VI đến 15-X) hàng năm, kể từ mùa lũ năm 2001, phía Trung Quốc cung cấp cho ta số liệu mưa, mực nước, lưu lượng nước thời đoạn 6 giờ tại 2 trạm Trung Ái Kiều trên nhánh lớn A Mao (diện tích lưu vực là 3200 km², lưu lượng lớn nhất quan trắc được trong 50 năm gần đây là 2650 m³/s) và Lý Tiên Giang (trước đây gọi là Lý Tiên Độ, diện tích lưu vực là 17900 km²) trên dòng chính. Hiển nhiên, số liệu như vậy còn quá ít, nhưng cũng tạo cơ sở quan trọng để theo dõi, đánh giá và dự báo dòng chảy sông Đà khi đổ vào nước ta. Cũng trên cơ sở đó, tạo thuận lợi để hoàn thiện mô hình, công cụ hiện có phục vụ tính toán, dự báo dòng chảy sông Đà về hồ Hòa Bình, giúp công tác dự báo có đầy đủ thông tin hơn, từ đó có khả năng nâng cao hơn độ tin cậy và thời gian dự kiến của dự báo, nhất là khi dòng chảy lũ hình thành ở phần lưu vực phía trên trạm Lý Tiên Giang chiếm tỷ lệ lớn.

Ngoài ra, trong vài năm gần đây, trên dòng chính sông Đà còn tiến hành đo lưu lượng nước tại Trạm Quỳnh Nhai và sẽ đo tại Trạm Mường Tè, tạo điều kiện đánh giá chi tiết hơn gia nhập khu giữa khá lớn trên khu giữa Mường Tè-Lai Châu-Tạ Bú.

2. Cơ sở lý thuyết của phương pháp tính toán và dự báo dòng chảy lũ sông Đà

Nhìn chung, các phương pháp tính toán và dự báo dòng chảy lũ trong sông, thường dựa trên cơ sở giản hóa hệ phương trình Saint-Venant viết cho dòng không ổn định một chiều ở đoạn sông hữu hạn khi có gia nhập khu giữa [1-4] có dạng:

- Phương trình cân bằng nước

$$\partial y / \partial t + (1/b) (\partial Q / \partial S) = q \quad (1)$$

- Phương trình động lực

$$\partial Q / \partial t + \partial / \partial S (\beta \cdot Q^2 / \omega) + g\omega [(\partial y / \partial S) + i_r] - [U_q \cdot (Q / \omega)] \cdot q = 0 \quad (2)$$

Trong đó, b - chiều rộng đoạn sông, q - gia nhập đơn vị (trên một đơn vị chiều dài, trong một đơn vị thời gian), U_q - thành phần lưu tốc dọc của dòng gia nhập khu giữa; ω - diện tích mặt cắt ướt; y - độ cao mặt nước, Q - lưu lượng nước ở đoạn sông; g - gia tốc trọng trường, i_r - độ dốc cản trong dòng chảy ổn định, $i_r = Q^2 / K$; $K = K(h)$ - môđun lưu lượng; $\partial y / \partial S = i_0$ - độ dốc mặt nước, trong dòng ổn định thì nó chính là độ dốc đáy sông; $Q = U\omega$; U - lưu tốc trung bình mặt cắt ngang; β - hệ số tính tới sự phân bố không đều của lưu tốc trên mặt cắt ngang.

a. Phương pháp tổng quát tính toán truyền dòng chảy lũ trong sông

Phương trình (1), (2) sau khi giản hoá cho dòng chảy lũ trong sông có thể giải được nhờ xấp xỉ hóa bằng sai phân hữu hạn. Phương trình diễn toán cơ bản có dạng [1, 2, 3]:

$$Q_{j+1}^{n+1} = (Tx + \Delta t / 2) / [T(1-x) + \Delta t / 2] Q_j^n + (\Delta t / 2 - Tx) / [T(1-x) + \Delta t / 2] Q_j^{n+1} + [T(1-x) - \Delta t / 2] / [T(1-x) + \Delta t / 2] Q_{g,nh}^n + \{ \Delta t / [T(1-x) + \Delta t / 2] \} Q_{g,nh} \quad (3)$$

Đây là dạng tổng quát của một số phương pháp diễn toán phổ biến hiện nay dùng trong thủy văn. Trong phương trình (3), có thể xem lượng gia nhập khu giữa $Q_{g,nh}$ được diễn toán theo một kỹ thuật riêng rồi mới được tổng hợp với dòng chảy diễn toán từ tuyến trên về để được dòng chảy ở tuyến hạ lưu. Trong tính toán, việc thoả mãn điều kiện $T \approx \Delta t$ ở mỗi đoạn sông tính toán là đặc biệt cần thiết, và cũng chỉ trong điều kiện như vậy mới cho phép cộng gộp dòng chảy ở các tuyến trên để diễn toán chung về tuyến dưới [3].

Xét trường hợp lưu lượng tuyến trên thay đổi tuyến tính trong Δt và tham số $x=0$; $q=0$, ta có:

$$Q_{j+1}^{n+1} = [\Delta t / (2T + \Delta t)] Q_j^n + [\Delta t / (2T + \Delta t)] Q_j^{n+1} + (T - \Delta t / 2) / (T + \Delta t / 2) Q_{j+1}^n$$

hay $Q_{j+1}^{n+1} = (Q_j - Q_{j+1}^n) [\Delta t / (2T + \Delta t)] + Q_{j+1}^n \quad (4)$

là công thức diễn toán cơ bản của mô hình SSARR, trong đó T là thời gian trữ nước (có ý nghĩa vật lý tương tự như thời gian truyền lũ) ở mỗi đoạn sông tính toán.

b. Cơ sở của mô hình tổng hợp dòng chảy từ mưa

Mô hình kiểu SSARR được sử dụng để mô phỏng quá trình dòng chảy từ mưa ở các lưu vực khu giữa. Mô hình tổng quát tổng hợp dòng chảy từ mưa của mô hình SSARR [4,5] thực chất là một mô hình quan niệm kiểu 3 tầng, cho phép mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy mặt, sát mặt, ngầm và quá trình tập trung nước trên lưu vực khi sử dụng thông tin về mưa trung bình thời đoạn, quan hệ độ ẩm kỳ trước với hệ số dòng chảy, quan hệ giữa dòng chảy ngầm và chỉ số thấm cùng những thông tin về các quá trình có liên quan khác trên lưu vực. Dòng chảy thành phần được diễn toán riêng biệt theo phương pháp diễn toán chung của mô hình SSARR (trường hợp riêng của công thức (3)) sau đó được tổng hợp tuyến tính để có dòng chảy tại tuyến khống chế của lưu vực bộ phận hoặc được dòng gia nhập khu giữa ở đoạn sông. Để tổng hợp dòng chảy từ mưa thì các đặc trưng và quan hệ cơ bản được xác định:

Lượng mưa trung bình tỷ trọng được xác định theo công thức

$$X = (X_1 \alpha_1 + X_2 \alpha_2 + \dots + X_n \alpha_n) / n \quad (5)$$

trong đó, X_i - lượng mưa thời đoạn ở trạm i ($i=1, 2, \dots, n$), với α_i là tỷ trọng tương ứng của trạm, thường được xem như một tham số xác định lượng mưa trung bình thời đoạn trên lưu vực.

Hệ số dòng chảy tổng cộng được xác định theo quan hệ giữa hệ số dòng chảy và chỉ số độ ẩm của đất I đặc trưng cho độ ẩm kỳ trước, được xác định theo:

$$I_2 = I_1 + (X - H) - (\Delta t / 24 - KE \cdot ETI) \quad (6)$$

trong đó Δt - thời đoạn tính toán; $I_{1,2}$ - chỉ số ẩm của đất vào đầu và cuối thời đoạn Δt ; KE - hệ số triết giảm bốc thoát hơi nước trong quá trình mưa; ETI - chỉ số bốc thoát hơi nước, cm/ngày; H - lượng nước tạo dòng, H/X - hệ số dòng chảy tổng cộng.

Chỉ số bốc thoát hơi nước trung bình lưu vực:

$$ETI = (ETI_1 \beta_1 + ETI_2 \beta_2 + \dots + ETI_n \beta_n) / n \quad (7)$$

trong đó ETI_i - lượng bốc thoát hơi nước ở trạm quan trắc thứ i ($i = 1, 2, \dots, n$); β_i - hệ số tỷ trọng của trạm thứ i ; n - tổng số trạm đo.

Để tách thành phần dòng chảy ngầm khỏi tổng dòng chảy, trong mô hình sử dụng quan hệ giữa hệ số dòng chảy ngầm và chỉ số thấm I_{ng} ở lưu vực, trong đó I_{ng} được xác định:

$$I_{ng2} = I_{ng1} + (24 H / \Delta t - I_{ng1}) [\Delta t / (X_0 + \Delta t/2)] \quad (8)$$

trong đó $I_{ng1,2}$ - chỉ số thấm vào đầu và cuối thời đoạn tính toán, cm/h; X_0 - tham số xác định thời gian trễ trong sự thay đổi chỉ số thấm, thường từ 100-200 giờ.

Như vậy, khi đã xác định được chỉ số thấm, dễ dàng theo quan hệ giữa hệ số dòng chảy ngầm và chỉ số thấm để xác định phần dòng chảy ngầm trong tổng dòng chảy.

Phần dòng chảy sau khi đã trừ dòng chảy ngầm lại được tách ra thành dòng chảy mặt và dòng sát mặt trên cơ sở những giả thiết: Dòng chảy mặt tối thiểu bằng 10% tổng dòng chảy mặt - sát mặt; cường độ tạo nước sát mặt h_k đạt lớn nhất và không đổi ($h_{kmax} = \text{const}$) khi cường độ tạo nước mặt+sát mặt (h) lớn hơn cường độ tạo nước sát mặt lớn nhất từ 2 lần trở lên ($h \geq 2 h_{kmax}$), điều này có thể hiểu là khi đất bão hòa nước thì cường độ tạo nước mặt h_m tăng lên, trong đó $h_m = h - h_{kmax}$, cm/h; khi

tầng đất sinh dòng chảy sát mặt chưa bão hòa nước, tức h_k chưa đạt tới giá trị cực đại h_{kmax} , thì cường độ tạo nước mặt được xác định theo công thức:

$$h_m = [0,1 + 0,2 (h/h_{kmax})] h, \quad \text{cm/h} \quad (9)$$

Các quan hệ cơ bản trong mô hình để xác định hệ số dòng chảy tổng cộng α và hệ số dòng chảy ngầm α_{ng} , hệ số triết giảm bốc thoát hơi có thể xấp xỉ hoá bằng các quan hệ dạng hàm mũ với các tham số dễ dàng xác định được nhờ các thuật toán tối ưu, thử sai,... [4, 5], trong đó:

$$KE = \exp(-X_2 \cdot X) \quad (10)$$

$$\alpha = [1 + X_3 \cdot \exp(-X_4 \cdot I)]^{-1} \quad (11)$$

$$\alpha_{ng} = X_5 + (X_7 - X_6) \cdot \exp(-X_5 \cdot I_{ng}) \quad (12)$$

và
$$h_m = h^2 / (h + X_8) \quad (13)$$

với $X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ là các tham số kinh nghiệm của các quan hệ tương ứng được xác định bằng phương pháp tối ưu hóa.

Các thành phần dòng chảy mặt, sát mặt, ngầm được diễn toán riêng biệt với các tham số là: số lần trữ nước N , thời gian trữ nước T ở mỗi lần trữ.

c. Phương pháp dự báo mực nước hồ chứa

Phương pháp dự báo mực nước hồ dựa trên cơ sở giải phương trình cân bằng nước vùng hồ viết cho thời đoạn đủ dài và các đặc trưng hồ chứa, có dạng:

$$Q_d + X + q_k - Q_x - Q_u = (V_2 - V_1) / \Delta t \quad (14)$$

Trong đó: Q_d - dòng chảy đến hồ trong điều kiện tự nhiên, m^3/s ,

X - lượng mưa trung bình thời đoạn rơi xuống vùng hồ, m^3/s ,

q_k - tổng lưu lượng gia nhập khác, ví dụ nước thải,... m^3/s ,

Q_x - lưu lượng xả từ công trình xuống hạ du, m^3/s ,

Q_u - tổng lưu lượng tổn thất ở vùng hồ, m^3/s ,

$V_{1,2}$ - lượng trữ nước trong hồ vào đầu và cuối thời đoạn, m^3 .

Trong thực tế, nếu thời đoạn là 6 giờ, 12 giờ, thì các thành phần như X, q_k, Q_u có thể xem là ổn định.

Như vậy, khi biết quá trình dòng chảy đến hồ, dự kiến được quá trình xả nước xuống hạ lưu công trình trên cơ sở phương thức khai thác hồ chứa và biết được đặc trưng lòng hồ $V = f(H)$ dễ dàng xác định được thay đổi mực nước hồ trong thời đoạn và từ đó dự báo được mực nước hồ vào cuối thời đoạn.

Thực chất của phương pháp là giản hóa giải hệ Saint-Venant (1), (2), trong đó phương trình động lực (2) được thay bằng quan hệ đơn nhất biểu diễn lượng trữ của hồ $V = f(H)$.

3. Mô hình công nghệ mô phỏng, dự báo dòng chảy mùa lũ sông Đà

Trên cơ sở phân tích, đánh giá những điều kiện địa lý tự nhiên của lưu vực và căn cứ vào khả năng số liệu hiện nay cũng như yêu cầu của công tác dự báo, có thể phân định những vùng tương đối đồng nhất về hình thành dòng chảy trên lưu vực sông Đà như sau:

1) Lưu vực nhánh A Mao đến Trạm Trung Ái Kiều, diện tích 3200 km^2 ,

2) Lưu vực sông Đà từ nguồn và Trung Ái Kiều-Lý Tiên Giang, diện tích 14700 km^2 ,

- 3) Lưu vực khu giữa Lý Tiên Giang - Mường Tè ($F=22100\text{km}^2$) với diện tích 4200km^2 ,
- 4) Lưu vực sông Nậm Na đến Trạm Nậm Giàng, diện tích 6740km^2 ,
- 5) Lưu vực khu giữa Mường Tè và Nậm Giàng về Lai Châu, diện tích 4960km^2 ,
- 6) Lưu vực khu giữa Lai Châu ($F=33800\text{km}^2$) - Quỳnh Nhai, diện tích 4780km^2 ,
- 7) Lưu vực Nậm Mu đến Trạm Bản Củng, diện tích 2620km^2 ,
- 8) Lưu vực khu giữa Quỳnh Nhai và Bản Củng về Tạ Bú (45900km^2), diện tích 4700km^2 ,
- 9) Lưu vực khu giữa từ Tạ Bú về Hòa Bình (51800km^2) với diện tích 5900km^2 .

a. Mô hình tổng quát tính toán và dự báo dòng chảy sông Đà đến hồ Hòa Bình

Trên cơ sở mô hình (3) khi gia nhập khu giữa được tổng hợp từ mưa theo kiểu SSARR, mô hình tổng quát tính toán và dự báo dòng chảy trong điều kiện tự nhiên cũng như khi có hồ Hòa Bình (Hình 1a, b) bao gồm:

- **9 mô hình tổng hợp dòng chảy do mưa từ các lưu vực bộ phận:**

1. Lưu vực A Mao đến Trung Ái Kiều,
2. Phần lưu vực từ nguồn và Trung Ái Kiều về Lý Tiên Giang,
3. Khu giữa Lý Tiên Giang-Mường Tè,
4. Lưu vực Nậm Na đến Nậm Giàng,
5. Khu giữa Mường Tè, Nậm Giàng-Lai Châu,
6. Khu giữa Lai Châu-Quỳnh Nhai,
7. Lưu vực Nậm Mu Trạm Bản Củng,
8. Khu giữa Quỳnh Nhai và Bản Củng về Tạ Bú,
9. Khu giữa Tạ Bú - Hòa Bình.

- **8 mô hình diễn toán dòng chảy trong sông:**

1. Từ Trung Ái Kiều về Lý Tiên Giang,
2. Từ Lý Tiên Giang-Mường Tè,
3. Từ Nậm Giàng về Lai Châu,
4. Từ Mường Tè về Lai Châu,
5. Từ Lai Châu về Quỳnh Nhai,
6. Từ Quỳnh Nhai về Tạ Bú,
7. Từ Bản Củng về Tạ Bú,
8. Từ Tạ Bú về Hòa Bình hoặc vào hồ Hòa Bình.

Thời gian truyền lũ ở mỗi đoạn sông tính toán được xét như một hàm của lưu lượng nước tại-tuyến hạ lưu đoạn sông tương ứng, trong đó

$$T = P \cdot Q \cdot m \quad (15)$$

với P và m là các tham số được xác định bằng phương pháp tối ưu hoá.

Đến nay, các mô hình tổng hợp và diễn toán dòng chảy lũ trên các phần lưu vực thuộc Việt Nam đã được hoàn thiện tương đối tốt, phần thuộc lãnh thổ Trung Quốc được xây dựng trên cơ sở kết quả nghiên cứu của ThS. Đào Văn Lễ và những người khác [3, 4] theo số liệu mùa lũ các năm 1966 đến 1978 và kiểm nghiệm trong mùa lũ 2001 và 2002.

Các tham số của mô hình diễn toán và tổng hợp dòng chảy từ mưa được xác định bằng phương pháp thử sai có chỉ tiêu hay tối ưu hóa đơn giản trên tập số liệu phụ thuộc và kiểm tra độ tin cậy của kết quả mô phỏng dòng chảy mùa lũ trên tập số liệu độc lập với thời đoạn 6 giờ.

b. Mô hình dự báo mực nước hồ Hòa Bình

Tính toán, dự báo một số yếu tố thủy văn hồ chứa có thể được thực hiện trên cơ sở giải phương trình cân bằng nước với sự phối hợp của các đường đặc tính của công trình đầu mối. Trong một thời đoạn Δt đủ ngắn có thể viết phương trình cân bằng nước vùng hồ dạng [3]:

$$(Q_1 + Q_2) / 2 - (q_1 + q_2) / 2 - Q_{tt} = (V_2 - V_1) / \Delta t \quad (16)$$

Trong đó: $Q_{1,2}$ - lưu lượng nước đến hồ vào đầu và cuối thời đoạn Δt , m^3/s ,

$q_{1,2}$ - lưu lượng xả từ hồ xuống hạ du vào đầu và cuối thời đoạn, m^3/s ,

Q_{tt} - lưu lượng tổng tổn thất trung bình thời đoạn, m^3/s ,

$V_{1,2}$ - lượng trữ tại hồ vào đầu và cuối thời đoạn, m^3 .

Để giải phương trình (4) khi biết quan hệ $V=f(H)$ đòi hỏi phải có số liệu như:

- Quá trình lưu lượng đến hồ $Q(t)$,
- Quá trình mực nước hồ $H=F(t)$, từ đó xác định thay đổi lượng trữ nước trong hồ,
- Quá trình lưu lượng nước xả từ hồ chứa $q(t)$, hoặc quá trình mực nước hạ du công trình $H_{ha}(t)$ cùng quan hệ $H_{ha} = f(Q)$ để tính gần đúng quá trình lưu lượng xả,
- Lượng nước tổn thất trung bình thời đoạn Q_{tt} .

Có thể thấy, nhờ giải phương trình (14) ở dạng (16) có thể thực hiện được một số bài toán tính toán và dự báo các đặc trưng thủy văn của hồ chứa, trong đó quan trọng nhất là:

- 1) Giải bài toán ngược xác định lưu lượng nước đến hồ (hay có thể gọi là phục hồi dòng chảy đến hồ) khi biết quá trình mực nước hồ, xả và tổn thất.
- 2) Tính toán và dự báo mực nước hồ chứa khi biết lưu lượng nước đến hồ, lưu lượng xả và tổn thất trung bình.
- 3) Tính toán dự báo lượng nước xả từ hồ, tổng tổn thất trung bình thời đoạn tại vùng hồ.

Từng phần của mô hình trên đây đã được sử dụng vào dự báo nghiệp vụ nhiều năm qua cũng như để tính toán các phương án điều hành công trình Hoà Bình. Mức bảo đảm của dự báo lưu lượng nước đến hồ đều trên 80%.

Các tham số xác định quan hệ mô phỏng dòng chảy từ mưa ở các lưu vực bộ phận và các tham số của các mô hình diễn toán được xác định trung bình toàn mùa lũ (1-VI đến 15-X) hoặc cho những trận lũ lớn tại các tuyến chính như trên các bảng 1, 2; các chỉ tiêu chất lượng mô phỏng dòng chảy mùa lũ như trên bảng 3. Khi tính tới ảnh hưởng sự biến động mạnh của gia nhập khu giữa đoạn Tạ Bú về Hòa Bình, trong sơ đồ mô hình [3, 4] đã xét trường hợp tách dòng gia nhập ra làm 2 phần để một phần được diễn toán riêng về Hòa Bình, phần còn lại được tổng hợp tuyến tính vào tổng dòng chảy tuyến Hòa Bình. Khi có hồ Hòa Bình, gia nhập khu giữa được xem như đổ trực tiếp vào hồ. Ngoài ra, do chưa có số liệu đo đạc dòng chảy tại tuyến Mường Tè, nên để thuận tiện, trong sơ đồ mô hình đã giả định một quan hệ $H=F(Q)$ tại tuyến này và được xác định bằng thử sai với điều kiện bảo đảm mực nước mô phỏng tại Mường Tè là phù hợp với thực đo. Sự thay đổi thời gian truyền lũ từ Tạ Bú về hồ cũng được đánh giá tùy theo lượng trữ nước trong hồ [3].

Để tính toán liên tục dòng chảy sông Đà tại Hòa Bình cũng như dòng chảy đến hồ theo dòng chảy toàn lưu vực và mưa khu giữa, các mô hình bộ phận trên đây được ghép nối thống nhất. Kết quả tính toán với số liệu phụ thuộc và độc lập cho thấy chỉ tiêu chất lượng mô phỏng quá trình lũ từ mưa trên lưu vực sông Đà S/σ thay đổi trong phạm vi từ 0,1 đến 0,34, trung bình là 0,16 cho Tạ Bú và 0,23 cho Hòa Bình (bảng 3).

Trong nghiệp vụ, để bảo đảm số liệu đầu vào của mô hình, còn nghiên cứu ứng dụng kết quả một số mô hình, sản phẩm số trị dự báo lượng mưa sau 48 giờ trên các lưu vực bộ phận thuộc sông Đà. Tuy nhiên, do mức đảm bảo của dự báo mưa 48 giờ chưa ổn định nên trong nghiên cứu này chỉ thử nghiệm dự báo dòng chảy với thời gian dự kiến đến 36 giờ, tương đương với thời gian truyền lũ trong điều kiện tự nhiên của lưu vực sông Đà. Ngoài ra, để loại trừ ảnh hưởng của sai số dự báo tuyến trên đối với tuyến dưới, khi điều kiện khí tượng thủy văn cho phép, đã xét thêm các phương án sơ đồ mô hình khi dòng chảy các tuyến chính trên sông Đà được tính như một hàm của dòng chảy tuyến dưới (khi mưa trên lưu vực nhỏ, dòng chảy được quyết định bởi quá trình tiêu hao lượng trữ, gia nhập khu giữa ổn định hoặc không đáng kể), hoặc đơn giản hơn là giản hóa sơ đồ mô hình (Hình 1b) để nâng cao độ chính xác dự báo dòng chảy đến hồ.

Việc phân tích các tham số cho thấy, về cơ bản là hợp lý, phản ánh khá tốt đặc điểm tập trung dòng chảy mặt trên các lưu vực bộ phận và thời gian truyền lũ trung bình mùa lũ hoặc trận lũ ở các đoạn sông.

4. Kết luận

Mô hình trên đây hiện đang được ứng dụng trong dự báo nghiệp vụ tại Trung tâm dự báo KTTV Trung ương phục vụ điều hành công trình Hòa Bình. Công nghệ dự báo theo mô hình giúp tự động hoá công tác dự báo nghiệp vụ, rút ngắn thời gian làm dự báo, khai thác được những thông tin từ phân lưu vực thuộc Trung Quốc. Kết quả tính toán mô phỏng cũng như dự báo lưu lượng đến hồ Hòa Bình của mô hình khá ổn định và đáp ứng được yêu cầu của điều hành.

Việc nghiên cứu hoàn thiện mô hình trên cơ sở sử dụng số liệu mưa và những quy luật phân bố mưa theo không gian và thời gian cũng như kết nối với các sản phẩm dự báo số trị lượng mưa trên lưu vực có khả năng giúp tiếp tục hoàn thiện mô hình tổng hợp dòng chảy khu giữa từ mưa, nâng cao độ tin cậy của mô hình chung.

Bảng 1. Tham số mô hình tổng hợp dòng chảy từ mưa ở các lưu vực bộ phận

1.a. Số lần diễn toán dòng chảy thành phần (tính từ mưa) ở các lưu vực bộ phận

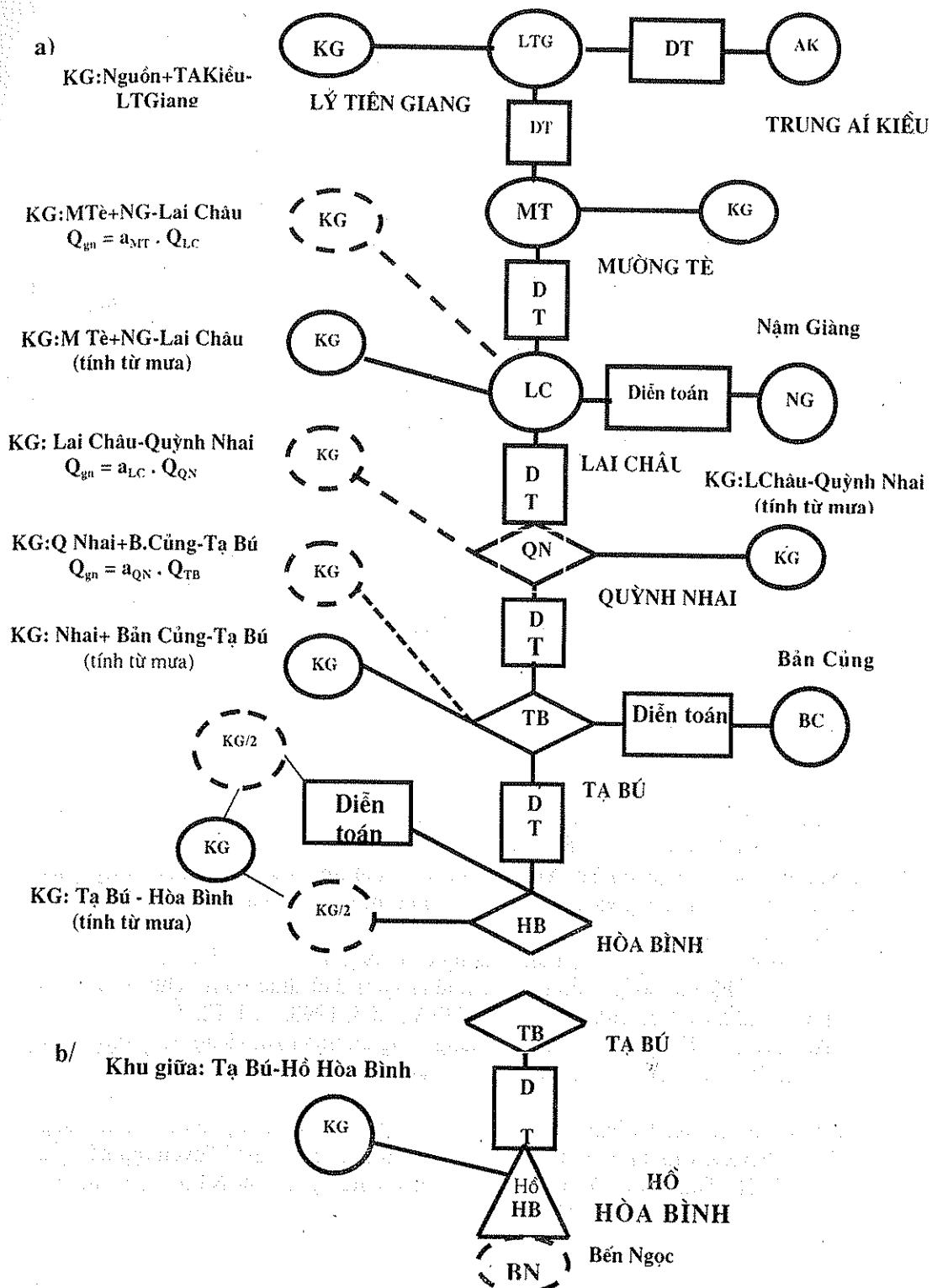
Lưu vực bộ phận	Mặt	Sát mặt	Ngâm
Trung Á Kiểu (TAK)	1	2	2
Nguồn, TAK-Lý Tiên Giang (LTG)	2	3	3
LTG-Mường Tè (MT)	1	2	3
Nậm Giàng (NG)	2	2	2
MT+NG-Lai Châu (LC)	1	1	2
LC-Quỳnh Nhai (QN)	1	2	3
Bản Củng (BC)	1	2	2
QN+Bản Củng - Tạ Bú (TB)	1	2	2
Tạ Bú - Hòa Bình	1	2	2

1.b. Tham số xác định quan hệ mô phỏng dòng chảy từ mưa trên các lưu vực bộ phận

Lưu vực	F, Km ²	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	T1, h	T3, h	T5, h
Trung Ai Kiêu	3200	1,0	0,5	325	0,2	3,0	0,1	0,80	0,1	90	100	40	20
Đà+TAK-LTG	14700	1,3	0,7	15,5	0,2	4,1	0,2	0,90	0,35	150	150	60	30
LTG-Mường Tè	4200	1,0	0,5	13,5	0,1	2,5	0,2	0,85	0,30	100	100	36	18
Nậm Giàng	6740	1,2	0,65	15,3	0,1	2,5	0,2	0,85	0,25	100	100	48	18
MT+NG-Lai Châu	4960	1,0	0,55	13,0	0,1	2,4	0,2	0,90	0,25	100	100	36	13
LC-Quỳnh Nhai	4780	1,0	0,65	12,8	0,1	2,5	0,2	0,85	0,25	100	100	30	15
QN+BC-Tạ Bú	4700	1,1	0,6	14,2	0,1	3,5	0,1	0,85	0,25	90	100	24	18
Bản Củng	2620	1,0	0,6	724	0,2	3,2	0,1	0,85	0,1	100	100	50	25
Tạ Bú -Hòa Bình	5900	1,0	0,6	13,6	0,1	2,3	0,2	0,90	0,25	90	80	12	6

Bảng 2. Các tham số mô hình diễn toán dòng chảy ở các đoạn sông

Đoạn sông	Mùa lũ			Trận lũ		
	N	m	P	N	m	P
Trung Ai Kiêu-Lý Tiên Giang	1	0,33	100	1	0,33	80
LTG-Mường Tè	1	0,33	90	1	0,33	70
Mường Tè-Lai Châu	1	0,33	70	1	0,33	60
Nậm Giàng-Lai Châu	1	-	Ts = 6h khi Q ≤ 100 Ts = 4h khi Q > 100	1	-	Ts = 5h khi Q ≤ 100 Ts = 4h khi Q > 100
Lai Châu-Quỳnh Nhai	1	0,33	85	1	0,33	70
Lai Châu-Tạ Bú	1	0,33	75	1	0,33	70
Bản Củng-Tạ Bú	1	-	Ts = 8h khi Q ≤ 50 Ts = 5h khi Q > 50	1	-	Ts = 7h khi Q ≤ 50 Ts = 4h khi Q > 50
Tạ Bú-Hòa Bình (tự nhiên)	2	0,33	150	1	0,33	130
Tạ Bú- Hồ Hòa Bình	2	0,33	90	2	0,33	80
1/2 Khu giữa-Hồ Hòa Bình	1	0,33	60	1	0,33	60



Hình 1. Cấu trúc mô hình mô phỏng và dự báo dòng chảy đến hồ Hòa Bình
Đường liền - phương án tổng hợp dòng chảy từ mưa trên lưu vực
Đường đứt - phương án tổng hợp dòng chảy khu giữa theo dòng chảy tuyến dưới đoạn sông
a) Sơ đồ trong điều kiện tự nhiên; b) khi có hồ Hòa Bình

Bảng 3. Chỉ tiêu chất lượng mô phỏng quá trình lũ từ mưa trên lưu vực sông Đà

Năm	Ta Bú	Hoà Bình	Năm	Ta Bú	Hoà Bình
1987	0,16	0,23	1996	0,18	0,21
1988	0,17	0,18	1997	0,22	0,28
1989	0,15	0,28	1998	0,14	0,23
1990	0,10	0,14	1999	0,18	0,27
1991	0,12	0,34	2000	0,12	0,22
1992	0,18	0,30	2001	0,11	0,24
1993	0,10	0,16	2002	0,3	0,25
1994	0,11	0,14	TBình	0,16	0,23
1995	0,14	0,20	Max	0,3	0,34
			Min	0,10	0,14

Tài liệu tham khảo

1. Lê Bắc Huỳnh. 1988. Phương pháp tính toán dòng chảy lũ ở đoạn sông có gia nhập khu giữa, TS KTTV, số 8, 1988.
2. Lê Bắc Huỳnh và Nguyễn Chí Yên. 1990. Mô hình tính toán và dự báo dòng chảy đến hồ phục vụ thi công và quản lý công trình thủy điện Hoà Bình. TS KTTV, số 7, 1990, tr. 1-19.
3. Lê Bắc Huỳnh. 1993. Đánh giá ảnh hưởng của công trình thủy điện Hoà Bình đến dòng chảy ở hạ lưu sông Hồng trong những năm đầu thực hiện "Quy trình vận hành hồ chứa thủy điện Hoà Bình". TS-KTTV, số 5, 1993, tr. 1-12.
4. Lê Bắc Huỳnh. 1997. Nghiên cứu xây dựng công cụ tính toán và dự báo dòng chảy lũ thượng lưu hệ thống sông Hồng. Tổng kết đề tài nghiên cứu cấp TC KTTV. 1997.
5. Đào Văn Lễ, Lê Bắc Huỳnh, Thái Văn Tiến và NNK. 1983. Nghiên cứu ứng dụng mô hình SSARR vào dự báo lũ hệ thống sông Hồng, Thái Bình. Tuyển tập kết quả đề tài NCKH "Tính toán và dự báo dòng chảy sông ngòi Việt Nam" - Đề tài cấp Tổng cục KTTV, Hà Nội, 1983.