

MÔ PHÒNG DÒNG CHẢY MÙA LŨ TRÊN HỆ THỐNG SÔNG HỒNG BẰNG MÔ HÌNH KALININ-MILIUKOV-NASH(DLCM) VỚI KỸ THUẬT LỌC KALMAN

PGS, PTS. LÊ BẮC HUỖNH

KS. THÁI VĂN TIẾN

KS. BÙI ĐỨC LONG

Cục Dự báo KTTV

Mô phỏng quá trình dòng chảy mùa lũ trên hệ thống sông Hồng phục vụ cho phòng chống lũ, lụt là một yêu cầu cấp bách của sản xuất. Để nâng cao mức độ tin cậy của tính toán và dự báo, trong thủy văn, ngày càng có xu hướng ứng dụng những mô hình và kỹ thuật tiên tiến vào mô phỏng quá trình dòng chảy. Bài này trình bày những kết quả ứng dụng mô hình Kalinin-Miliukov-Nash (hay mô hình chuỗi bể chứa tuyến tính - DLCM) với kỹ thuật hiệu chỉnh tức thời và lọc Kalman vào mô phỏng dòng chảy mùa lũ của hệ thống sông Hồng.

1. Mô hình Kalinin- Miliukov- Nash(DLCM) mô phỏng dòng chảy sông

Cơ sở chung của mô hình Kalinin-Miliukov-Nash dựa trên khái niệm "đoạn sông đặc trưng" hoặc "chuỗi bể chứa tuyến tính" đã được trình bày trong nhiều nghiên cứu khác nhau. Mô hình ít được sử dụng trong thực tế do chỉ mô phỏng quá trình tuyến tính trong mỗi thời đoạn, trong khi số liệu đo đạc thủy văn lại gắn với thời điểm nhất định. Để tiện ứng dụng mô hình trong thực tế, Szöllosi-Nagy đã đề xuất thủ thuật rời rạc hóa mô hình theo không gian và thời gian [1,3]. Việc rời rạc hóa được tiến hành theo những kỹ thuật đã được trình bày trong nghiên cứu [10].

Khi rời rạc hóa theo các bước thời gian từ t đến $t + \Delta t$ thì công thức mô hình chuỗi bể chứa tuyến tính (DLCM) có dạng:

$$X_t + \Delta t = \Phi_t(\Delta t) X_t + G_t(\Delta t) \cdot U_t \quad (1)$$

Ở đây: $X_t + \Delta t$ - Trạng thái của hệ hay là lượng trữ nước ở đoạn sông vào thời điểm $t + \Delta t$;

X_t - Trạng thái của hệ vào thời điểm t ;

$\Phi_t(\Delta t)$ - Ma trận trạng thái;

$G_t(\Delta t)$ - Hàm gam - ma;

U_t - Lượng nhập hệ thống, như lưu lượng vào;

Nó cho phép dự báo trạng thái của hệ sau thời đoạn Δt theo trạng thái và lượng vào ở thời điểm t . Ở đây, hàm truyền trạng thái $\Phi_t(\Delta t)$ có dạng:

$$\Phi_t(\Delta t) = \exp(F \cdot \Delta t)$$

$$\begin{aligned} & t + \Delta t \\ \Gamma_1(\Delta t) &= \int_0^{\Delta t} \Phi(t + \Delta t - \tau) G d\tau \end{aligned} \quad (2)$$

trong đó, ở mỗi thời đoạn Δt đã coi lượng $U(T) = \text{const}$; G - Hàm lượng gam - ma; τ - biến tích phân.

Lượng ra ở chuỗi bể chứa tuyến tính được xác định theo:

$$Y(t) = H.X(t) \quad (3)$$

với H là ma trận hàng biểu diễn mối quan hệ giữa lượng trữ và lượng ra.

Như vậy, phương trình (1) hợp với (3) tạo thành nội dung mô hình DLCM viết ở dạng ma trận, cho phép dự báo lượng ra ở cuối thời đoạn theo trạng thái và lượng vào ở đầu thời đoạn. Với cấu trúc như trên thì mô hình tương tự như kỹ thuật lọc Kalman [1]. Nhờ có sự tương đồng này về cấu trúc mà trên cơ sở xác định các tham số của mô hình (3) là k và n có thể sử dụng kỹ thuật lọc Kalman vào cập nhật trị số. Các tham số k , n của mô hình, theo Harkanyi [3], có thể tối ưu hóa bằng kỹ thuật tìm kiếm trực tiếp một cách khá tiện lợi. Khả năng ứng dụng lọc Kalman vào dự báo đã được xem xét khá đầy đủ trong nhiều công trình nghiên cứu [8, 10].

2. Mô phỏng dòng chảy mùa lũ trên hệ thống sông Hồng

2.1. Sơ đồ tổng quát lưới trạm trên sông

Dựa vào mạng lưới trạm đo trên hệ thống sông Hồng, những yêu cầu của tính toán và dự báo dòng chảy mùa lũ tại Tạ Bú, Hòa Bình, Yên Bái, Phú Thọ, Tuyên Quang, Vụ Quang, Sơn Tây, Hà Nội, Thượng Cát, có tính tới các công trình trên sông chính, căn cứ vào điều kiện KTTV trên lưu vực sông, thông tin trong công tác nghiệp vụ và phù hợp với các nguyên tắc lập hồ sơ của hệ chương trình HOMSEQ, trong nghiên cứu này, lưu vực sông Hồng được phân ra làm ba lưu vực con với ba sơ đồ mã lưới trạm tương ứng [10] (hình 1,2).

2.1.1. Sơ đồ lưu vực sông Lô đến tuyến do Vụ Quang

Lưu vực sông Lô từ Hà Giang, Na Hang về tới Vụ Quang được chia thành 6 đoạn nhỏ: Hà Giang - Vĩnh Tuy, Vĩnh Tuy - Hàm Yên, Na Hang - Chiêm Hóa, Hàm Yên và Chiêm Hóa về Tuyên Quang, Tuyên Quang - Vụ Quang và được mã hóa như trên sơ đồ hình 2 trong [10]. Theo sơ đồ này, mô hình tổng quát cho hệ thống sông Lô bao gồm 5 mô hình thành phần diễn toán dòng chảy mùa lũ ở các đoạn sông từ Hà Giang, Na Hang về Vụ Quang và các kỹ thuật cập nhật tương ứng như hiệu chỉnh liên tục sai số và lọc Kalman nhằm hiệu chỉnh sai số và gián tiếp tính tới ảnh hưởng của gia nhập khu giữa.

Khi tính toán và dự báo dòng chảy lũ tại Tuyên Quang theo sơ đồ đã thiết lập, có một điểm đáng lưu ý là trên đoạn sông từ Hàm Yên, Chiêm Hóa về Tuyên Quang, dòng chảy tuyến trên được diễn toán riêng biệt.

Mỗi mô hình đoạn sông đều bao gồm hai thành phần: diễn toán dòng chảy theo mô hình DLCM và cập nhật trị số tính toán, dự báo theo kỹ thuật hiệu chỉnh liên tục sai

số hoặc lọc Kalman.

Trong sơ đồ mô hình đã không xét tới ảnh hưởng của nước xả từ hồ Thác Bà và gia nhập khu giữa từ lưu vực sông chảy trên phần từ Thác Bà về hạ lưu một cách trực tiếp, mà đều xem chúng như gia nhập khu giữa chung trên đoạn sông từ Tuyên Quang về Vụ Quang. Hiển nhiên, sơ đồ như vậy sẽ kém hiệu quả trong những trường hợp khi lượng nước xả từ hồ Thác Bà và lượng gia nhập từ sông Chảy là đáng kể song trong thời kỳ từ 1980 đến 1989 (trừ mùa lũ năm 1986 khi có xả khá lớn từ hồ) ở các mùa lũ, dòng chảy sông Chảy ở hạ lưu công trình rất ổn định, do chỉ xả qua các tổ máy với lưu lượng nước thường không quá $240\text{m}^3/\text{s}$. Trong điều kiện như vậy thì sơ đồ trên đây vẫn chấp nhận được. Các kỹ thuật cập nhật trị số sẽ cho phép gián tiếp tính tới những thông tin từ hồ chứa Thác Bà. Mặc dù vậy, việc bổ sung sơ đồ khi tính tới hồ chứa Thác Bà trong những thời kỳ có xả lũ qua tràn sẽ có khả năng nâng cao mức đảm bảo của kết quả tính toán và dự báo.

2.1.2. Sơ đồ lưu vực sông Đà đến hồ Hòa Bình

Tương tự với sơ đồ mô hình trên lưu vực sông Lô, sơ đồ mô hình trên lưu vực sông Đà, trên đoạn sông từ Lai Châu về đến Hòa Bình, trong điều kiện tự nhiên và đến tuyến đập công trình thủy lợi đầu mối Hòa Bình trong điều kiện hiện nay được mô tả trên hình 1. Do tác động của công trình thủy lợi Hòa Bình mà dòng chảy sông Đà ở trên cũng như ở dưới tuyến Hòa Bình chịu những ảnh hưởng lớn, gây ra những thay đổi đáng kể về chế độ thủy văn, đặc biệt từ năm 1983, khi sông Đà bị chắn dòng hoàn toàn. Tuy nhiên, khi tính tới ảnh hưởng của hồ chứa Hòa Bình ở mức tích nước khác nhau trong hồ vào thời kỳ thi công và bước đầu khai thác, có thể vẫn sử dụng được sơ đồ trên để mô phỏng dòng chảy đến hồ Hòa Bình, tức như trong điều kiện tự nhiên. Hiển nhiên, do tác động của hồ chứa đối với dòng chảy nói chung, và tới quá trình truyền lũ nói riêng, các tham số của mô hình trên đoạn sông từ Tạ Bú về hồ cũng cần có những giá trị tương ứng.

Trong điều kiện có công trình Hòa Bình, số liệu thực đo về lưu lượng trên sông Đà tại tuyến Hòa Bình đã không còn. Để có thể thiết lập mô hình, chúng tôi đã sử dụng tập số liệu quá trình lưu lượng phục hồi bằng phương pháp cân bằng nước [7]. Tất nhiên, số liệu lưu lượng phục hồi theo phương trình cân bằng nước vùng hồ-khi được lấy làm tài liệu "thực đo" dòng chảy đến hồ sẽ có chứa những sai số hệ thống do chưa tính tới toàn bộ các thành phần trong cân bằng nước. Ví dụ như: lượng bốc thoát hơi nước, thấm, ngầm sâu,... Đó là chưa kể tới sai số do bản thân phương pháp tính toán. Mặc dù vậy, theo tính toán của chúng tôi, trong những năm gần đây [7], số liệu dòng chảy đến hồ Hòa Bình tính theo phương pháp cân bằng nước là có thể tin cậy được. Nó có thể là cơ sở quan trọng để xây dựng mô hình tính toán và dự báo dòng chảy đến hồ Hòa Bình.

Theo sơ đồ trên hình 1, mô hình sông Đà có hai biên trên là dòng chảy tại trạm Lai Châu và Bản Củng. Mô hình tổng quát bao gồm 3 mô hình diễn toán dòng chảy theo DLCM ở 3 đoạn sông: Lai Châu - Tạ Bú, Bản Củng - Tạ Bú và Tạ Bú - Hòa Bình, hoặc từ Tạ Bú về hồ Hòa Bình; cùng 2 cặp kỹ thuật cập nhật trị số theo hiệu chỉnh liên tục sai số và lọc Kalman tại trạm Tạ Bú và Hòa Bình, hoặc đến hồ.

Trình tự tính toán theo sơ đồ mô hình được thực hiện lần lượt từ trạm 3 (Lai Châu) về trạm 2 (Tạ Bú), từ trạm 12 (Bản Củng) về trạm 2. Tại trạm 2 các trị số tính toán được cập nhật theo những kỹ thuật tương ứng. Sau đó là diễn toán dòng chảy trạm 2 về trạm 1 (Hòa Bình hoặc đến hồ Hòa Bình). Tại trạm 1 các trị số tính toán lại được cập nhật.

Do thời gian truyền lũ trung bình ở các trạm sông chính, trong điều kiện cơ công trình Hòa Bình cũng như trong điều kiện tự nhiên, thường thay đổi trong phạm vi từ 6 giờ đến 15 giờ nên thời đoạn tính toán được lấy là 6 giờ đến 12 giờ. Với thời đoạn tính toán như vậy thì mô hình được thiết lập có khả năng đáp ứng được những yêu cầu của tính toán và dự báo thủy văn phục vụ thi công và bước đầu khai thác công trình. Trong điều kiện tự nhiên cũng như khi có công trình, thời gian truyền dòng chảy lũ từ Lai Châu về đến Hòa Bình, hoặc đến tuyến đập hồ chứa, thường là 24 giờ. Do vậy, trong dự báo, thời gian dự kiến cũng chỉ ở mức 24 giờ là có độ tin cậy cao. Để kéo dài thời gian dự kiến của dự báo theo sơ đồ mô hình trình bày trên đòi hỏi phải tiến hành dự báo biên trên của mô hình (tại Lai Châu và Bản Củng) khi tính tới các thông tin KTTV có liên quan trên lưu vực. Nhờ cách này với sơ đồ mô hình trên có khả năng tăng thời gian dự kiến của dự báo lưu lượng nước đến hồ Hòa Bình lên tới 36 - 48 giờ.

2.1.3. Sơ đồ dòng chính sông Hồng

Dòng chính sông Hồng, trên đoạn từ Bảo Hà về Hà Nội với các tuyến trên sông Đà là Bến Ngoc, trên sông Lô là Vu Quang, khi tính tới thời gian truyền dòng chảy lũ ở các đoạn sông [9], có thể lập một sơ đồ mô hình theo DLCM có mã trạm như trên hình 2. Theo sơ đồ này, dòng chảy hạ lưu công trình Hòa Bình tuyến Bến Ngoc và sông Lô tại Vu Quang được gộp chung lại thành một dòng chính giả tưởng, có dòng chảy là tổng lưu lượng nước Bến Ngoc và Vu Quang. Nhìn tổng quát, cách mô phỏng như trên là có thể chấp nhận được; trước hết là do thời gian truyền dòng chảy lũ từ Bến Ngoc về Sơn Tây, ngay cả khi có sóng xả từ công trình, cũng thường tương đương với thời gian truyền dòng chảy lũ từ Vu Quang về Sơn Tây và thường thay đổi trong phạm vi từ 12 đến 18 giờ, trung bình là 15 giờ [9]. Như thế, có thể thấy cách mô phỏng này đã đảm bảo khá chặt chẽ về mặt lý thuyết [5], trong quá trình truyền lũ trong sông. Cần chú ý rằng, đối với dòng chảy lũ, thời gian truyền lưu lượng từ Phú Thọ về Sơn Tây thường trong phạm vi 9-12 giờ, nhanh hơn từ Bến Ngoc và Vu Quang về Sơn Tây. Hơn nữa, dòng chảy ở sông Đà sau công trình vào mùa lũ cũng thường khá lớn do phải đảm bảo duy trì dung tích phòng lũ lớn. Do vậy, tuy ở những thời kỳ nhất định dòng chảy ở hạ lưu công trình bị ảnh hưởng khá mạnh, nhưng nhìn chung, quá trình dòng chảy cũng tương tự như trong điều kiện tự nhiên. Trong điều kiện ở hạ lưu công trình có sóng xả với độ lớn tới 2500 - 12000 m³/s (mở đến tám cửa) thì thời gian truyền sóng từ Bến Ngoc về Sơn Tây và từ Sơn Tây về Hà Nội bị rút ngắn đáng kể, chỉ còn 9-12 giờ ở điểm fron sóng [11]; nhưng thời gian truyền sóng trung bình cũng chỉ khoảng 12-15 giờ, rút ngắn 3-6 giờ so với trong điều kiện tự nhiên. Trong điều kiện như vậy vẫn cho phép gộp chung dòng chảy Bến Ngoc và Vu Quang để diễn toán về Sơn Tây theo sơ đồ mô hình trình bày ở trên. Hiển nhiên, khi có sóng xả lớn hoặc khi dòng chảy hạ lưu sông Đà bị điều tiết

mạnh thì việc diễn toán riêng biệt dòng chảy hạ lưu công trình về Sơn Tây là phù hợp và có khả năng mô phỏng đúng hơn sơ đồ chung. Để xét trường hợp phức tạp này, có thể tách riêng phần hạ lưu sông Hồng khỏi phần thượng lưu, từ đó có thể lập sơ đồ theo hình 2.b. Tuy nhiên, do hạn chế của sơ đồ nguyên tác trong HOMSEQ nên ở đây gộp chung dòng chảy Vụ Quang với Phú Thọ. Để đảm bảo chặt chẽ về mặt lý thuyết diễn toán lũ trong sông, sơ đồ này nên dùng trong trường hợp trên sông Lô có lũ lớn, nghĩa là trong trường hợp thời gian truyền lũ từ Phú Thọ và Vụ Quang về Sơn Tây tương đương nhau. Trong sơ đồ này, tổng dòng chảy Phú Thọ và Vụ Quang có thể được xem như dòng chảy trên sông chính, còn dòng chảy hạ lưu sông Đà được xem như sông nhánh.

Tương tự như các sơ đồ mô hình sông Lô và sông Đà, mô hình dòng chính sông Hồng bao gồm 7 mô hình thành phần tương ứng với các đoạn sông từ Bến Ngọc, Vụ Quang và Bảo Hà về Hà Nội - Thượng Cát, trong đó có xét tới nhập lưu từ các sông nhánh Ngòi Thia, sông Bứa. Mỗi mô hình thành phần đều bao gồm mô hình diễn toán dòng chảy theo DLCM và mô hình ngẫu nhiên cập nhật trị số theo kỹ thuật hiệu chỉnh liên tục sai số và lọc Kalman.

Trình tự tính toán trong sơ đồ mô hình dòng chính sông Hồng được tiến hành lần lượt từ trạm 3 về trạm 2, 32 về 22, 122 về 22, 22 về 12, 112 về 12, 12 về 2, cuối cùng là từ 2 về 1 để được tổng dòng chảy sông Hồng tại tuyến Hà Nội - Thượng Cát. Trình tự tính theo sơ đồ hình 2.b cũng tương tự như trên.

Ở cả hai sơ đồ trên, dòng chảy sông Hồng tại tuyến Hà Nội, Thượng Cát được lấy bằng tổng dòng chảy Hà Nội và Thượng Cát. Như vậy, để tính toán và dự báo dòng chảy sông Hồng tại Hà Nội hoặc tại Thượng Cát, đòi hỏi phải có một sơ đồ tách dòng chảy chung ra làm hai thành phần: chảy qua sông Đuống và theo sông Hồng. Việc tách này có thể thực hiện tương đối dễ dàng theo phương pháp được kiến nghị trong nghiên cứu [6]. Vì thời gian truyền dòng chảy lũ ở các đoạn sông thuộc dòng chính sông Hồng thường từ 6 đến 15 giờ nên trong các sơ đồ tính toán và dự báo đã lấy thời đoạn tính toán là 6 và 12 giờ. Trường hợp lấy thời đoạn tính toán là 12 giờ thì sơ đồ chung cho thời gian dự báo tại Hà Nội là 48 giờ. Để kéo dài thời gian dự kiến của dự báo tại Hà Nội, đòi hỏi phải kéo dài thời gian dự kiến tại các biên trên. Nhờ cách này, có thể đưa thời gian dự kiến của dự báo tại Hà Nội lên tới 72 giờ mà vẫn có khả năng đảm bảo độ tin cậy đáp ứng các yêu cầu dự báo, cảnh báo lũ. Lưu ý rằng, trong sơ đồ hình 2.b, thời gian dự kiến của dự báo tại Hà Nội chỉ là 24 giờ. Để kéo dài thời gian dự kiến vẫn phải dự báo các biên trên là dòng chảy tại Bến Ngọc, Phú Thọ, Vụ Quang.

Việc dự báo dòng chảy tại biên trên để kéo dài thời gian dự kiến của dự báo ở tuyến dưới được tiến hành theo mô hình ngẫu nhiên hoặc dạng đơn giản AR. Biên trên có thể có thời gian dự kiến tới 3-4 thời đoạn. Như thế, thời gian dự kiến ở các tuyến dưới cũng được kéo dài thêm 3-4 thời đoạn. Việc kéo dài thời gian dự kiến nhờ dự báo biên trên là một vấn đề thường được sử dụng trong dự báo nghiệp vụ. Song mức kéo dài thời gian dự kiến tối đa có thể chấp nhận được trong những điều kiện cụ thể của quá trình dòng chảy trong sông là một vấn đề khá phức tạp, đòi hỏi phải có những nghiên cứu

riêng. Tuy nhiên, trên hệ thống sông Đà, Lô, Hồng, nhìn chung, có thể dự báo biến trên sau 1 hoặc 2 thời đoạn, tùy từng vị trí, mà vẫn đảm bảo được độ tin cậy thỏa mãn yêu cầu của công tác phòng ngừa lũ lụt.

2.2. Xác định các tham số của mô hình

2.2.1. Một số nguyên tắc chung

Để thiết lập mô hình chung cho hệ thống sông Hồng theo các sơ đồ đã trình bày trên, chúng tôi sử dụng tập số liệu mùa lũ các năm 1980-1987 làm số liệu phụ thuộc cho sơ đồ mô hình sông Lô và dòng chính sông Hồng; số liệu mùa lũ các năm 1980 - 1982, 1988 làm số liệu phụ thuộc cho sơ đồ sông Đà. Với phương pháp tìm kiếm trực tiếp, có thể xác định được các tham số tối ưu của mỗi mô hình bộ phận (mỗi đoạn sông) ứng với mỗi năm số liệu cụ thể của tuyến trên và dưới mỗi đoạn sông. Các tham số n_i , k_i của mô hình DLCM tìm được cho mỗi năm số liệu tương ứng với mỗi đoạn sông được lấy làm cơ sở để xác định cặp tham số n và k trung bình tối ưu cho toàn bộ tập số liệu phụ thuộc. Ở đây, tham số n được lấy là những số nguyên dương. Sau khi tìm được bộ tham số trung bình tối ưu $\bar{n}$ và $\bar{k}$, chúng được xem xét, đánh giá và luận chứng sự thích hợp đối với điều kiện truyền lũ ở mỗi đoạn sông cụ thể. Kết quả phân tích cho thấy rõ tính phù hợp của các tham số trong những điều kiện cụ thể ở mỗi đoạn sông trong mô phỏng quá trình truyền dòng chảy lũ. Trên cơ sở đó, bộ tham số tối ưu lại được sử dụng trở lại để tính toán kiểm tra ngay trên tập số liệu phụ thuộc. Trong lần tính toán này, kết quả diễn toán dòng chảy lũ theo mô hình DLCM còn được hiệu chỉnh bằng kỹ thuật cập nhật sai số.

Nhằm kiểm tra độ tin cậy, tính ổn định và khả năng ứng dụng của mô hình vào dự báo dòng chảy mùa lũ, bộ tham số trung bình tối ưu lại được dùng để tính toán dòng chảy mùa lũ trên tập số liệu độc lập của 2 năm: 1988, 1989 cho sơ đồ mô hình lưu vực sông Lô, dòng chính sông Hồng và 1971, 1989 cho sơ đồ mô hình lưu vực sông Đà. Trong mọi trường hợp, thời đoạn tính toán đều được lấy chung là 12 giờ. Các tham số tối ưu n_i và k_i cùng các tham số trung bình tối ưu của các mô hình thành phần trên lưu vực sông Hồng được trình bày trên các bảng 1, 2, 3.

2.2.2. Một số nhận xét về bộ tham số của mô hình

Kết quả xác định các tham số n và k của các mô hình thành phần cho thấy thời gian truyền lũ ở mỗi đoạn sông trong mùa lũ các năm số liệu phụ thuộc là khá ổn định. Nhìn chung, kết quả xác định thời gian truyền lũ trung bình theo các tham số n và k đã nhận được ở các mô hình thành phần không mâu thuẫn với những kết quả nghiên cứu về thời gian truyền lũ trước đây [4, 9, 10].

Nhìn chung, thời gian truyền dòng chảy cả mùa lũ xác định được theo các tham số n và k trung bình tối ưu cũng tương đương với thời gian truyền lũ trung bình tính cho toàn mùa. Như vậy, các tham số n và k ở các mô hình thành phần là phù hợp với thực tế và có thể chấp nhận được khi dùng trong tính toán và dự báo dòng chảy lũ. Ngoài ra, cũng cần phải lưu ý rằng, ở các đoạn sông có độ dốc đáy sông lớn, lại tương đối dài trên

Bảng 1. Các tham số n, k tối ưu của mô hình trên hệ thống sông Lô

Mô hình	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		Trung bình	
	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	$\bar{n}$	$\bar{k}$
NG-VT	1	0,66	2	0,39	1	0,68	6	0,17	5	0,18	6	0,18	1	0,66	2	0,60	3	0,30
VT-HY	1	0,88	2	0,42	1	1,55	1	0,73	3	0,34	2	0,44	3	0,37	3	0,34	3	0,33
NH-CH	1	0,52	1	1,08	2	0,83	1	0,42	3	0,23	1	0,65	1	0,71	3	0,16	1	0,65
HY-TQ	5	0,19	7	0,17	1	0,98	4	0,33	7	0,17	7	0,16	4	0,26	6	0,18	4	0,25
CH-TQ	4	0,27	4	0,38	3	0,38	4	0,35	1	1,85	1	1,64	2	1,01	2	0,81	3	0,53
TQ-VQ	2	0,63	1	1,48	1	1,37	1	1,75	1	1,48	1	1,42	1	1,22	2	0,62	1	0,50

Bảng 2. Các tham số n, k tối ưu của mô hình trên sông Đà

Mô hình	1971		1980		1981		(1/VI-31/VII) 1982		(1/VIII-15/X) 1982		1988		1989		Trung bình	
	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	$\bar{n}$	$\bar{k}$
LC-TB	4	0,23	4	0,20	4	0,29	4	0,28	4	0,28	4	0,32	4	0,30	4	0,27
BC-TB	3	0,22	4	0,27	4	0,31	4	0,40	5	0,33	2	0,45	3	0,34	3	0,19
TB-HB	2	0,45	2	0,95	2	0,90	2	1,00	2	1,09	2	0,66	3	0,29	2	0,78

Bảng 3. Các tham số tối ưu của mô hình dòng chính sông Hồng

Mô hình	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		Trung bình	
	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k		
BH-YB	3	0,75	4	0,27	7	0,18	7	0,17	7	0,17	3	0,47	3	0,44	4	0,2	4	0,29
NT-YB	4	0,45	4	0,40	5	0,33	5	0,33	6	0,17	3	0,36	6	0,17	5	0,33	5	0,28
YB-PT	4	0,35	6	0,33	5	0,34	4	0,37	1	1,73	5	0,35	1	1,35	1	2,27	3	0,60
TS-PT	5	0,38	6	0,35	4	0,33	7	0,18	5	0,32	5	0,35	6	0,33	5	0,31	5	0,32
PT-ST	1	1,5	2	0,31	1	1,21	3	0,40	1	1,39	1	1,51	1	2,52	1	1,67	1	1,58
HP+VQ-																		
ST	1	2,3	1	2,32	5	0,40	5	0,38	4	0,41	2	1,1	1	2,10	3	0,41	3	0,65
ST-HN																		
+TC	1	0,81	1	1,01	1	1,40	1	0,83	1	0,97	1	0,84	1	0,87	1	1,02	1	0,97

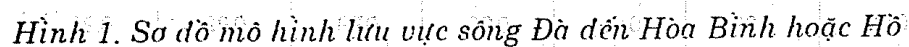
**Bảng 4. Các chỉ tiêu đánh giá độ chính xác tính toán dòng chảy mùa lũ
bằng mô hình DLCM trên lưu vực sông Đà**

Số liệu các năm	Hiệu chỉnh liên tục sai số				Kỹ thuật lọc Kalman			
	Tạ Bú		Hòa Bình		Tạ Bú		Hòa Bình	
	R	η	R	η	R	η	R	η
1971	0,97	0,86	0,93	0,82	0,98	0,88	0,99	0,89
1980	0,99	0,83	0,98	0,92	0,97	0,92	0,98	0,83
1981	0,91	0,81	0,99	0,83	0,98	0,86	0,99	0,77
1982-1	0,99	0,89	0,98	0,83	0,97	0,82	0,98	0,75
1982-2	0,81	0,82	0,99	0,70	0,96	0,81	0,98	0,67
1988	0,90	0,61	0,98	0,78	0,98	0,74	0,98	0,80
1989	0,82	0,67	0,95	0,62	0,96	0,67	0,94	0,61
max	0,99	0,89	0,99	0,92	0,98	0,92	0,99	0,89
min	0,81	0,61	0,93	0,62	0,96	0,67	0,94	0,61
Trung bình	0,91	0,78	0,97	0,78	0,97	0,81	0,98	0,76

**Bảng 5. Các chỉ tiêu đánh giá độ chính xác tính toán dòng chảy của lũ
trên hệ thống sông Hồng bằng mô hình DLCM
với kỹ thuật hiệu chỉnh bằng lọc Kalman**

Số TT	Trạm	Số liệu phụ thuộc 1980 - 1987						Số liệu độc lập 1988 - 1989					
		R			η			R			η		
		max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB	max	min	TB
1	Vĩnh Tuy	0,94	0,80	0,88	0,73	0,61	0,67	0,95	0,88	0,92	0,66	0,62	0,64
2	Hàm Yên	0,97	0,83	0,94	0,86	0,66	0,78	0,96	0,89	0,92	0,67	0,65	0,66
3	Chiêm Hóa	0,99	0,94	0,97	0,94	0,61	0,77	0,97	0,97	0,97	0,79	0,76	0,78
4	Tuyên Quang	0,99	0,95	0,97	0,76	0,63	0,71	0,96	0,95	0,96	0,74	0,63	0,68
5	Vũ Quang	0,99	0,88	0,96	0,85	0,67	0,76	0,99	0,98	0,99	0,85	0,60	0,72
6	Tạ Bú *	0,93	0,96	0,97	0,92	0,74	0,83	0,98	0,96	0,97	0,88	0,67	0,78
7	Hòa Bình *	0,99	0,98	0,99	0,83	0,67	0,76	0,99	0,94	0,96	0,89	0,61	0,75
8	Yên Bái	0,98	0,81	0,87	0,80	0,55	0,66	0,97	0,82	0,90	0,63	0,61	0,62
9	Phủ Thọ	0,98	0,77	0,92	0,84	0,60	0,68	0,99	0,98	0,98	0,84	0,82	0,83
10	Sơn Tây	0,99	0,81	0,93	0,84	0,64	0,75	0,99	0,98	0,98	0,92	0,80	0,86
11	Hà Nội+ Thượng Cát	0,99	0,99	0,99	0,94	0,73	0,87	0,99	0,99	0,99	0,94	0,92	0,93

Chú thích: * Theo số liệu phụ thuộc và độc lập của lưu vực sông Đà



a)



14

thượng và trung lưu các sông Đà, Thao, Lô, tham số n (số đoạn sông tính toán hay số bể chứa tuyến tính) tối ưu đã thu được thường lớn hơn ở các đoạn hạ lưu, nơi thường có độ dốc nhỏ hơn, chiều dài đoạn sông cũng ngắn hơn và địa hình lòng dẫn cũng kém phức tạp hơn. Từ đó cũng có thể thấy rằng, các giá trị tham số đã nhận được, xét về nguyên lý, không mâu thuẫn với những giả thiết cơ bản của khái niệm "đoạn sông đặc trưng" hoặc "bể chứa tuyến tính" trong mô hình DLCM.

2.3. Những kết quả mô phỏng dòng chảy mùa lũ

Để đánh giá chất lượng mô phỏng dòng chảy lũ của mô hình DLCM với các kỹ thuật cập nhật tương ứng, đã sử dụng các chỉ tiêu thông dụng trong tính toán và dự báo thủy văn theo hướng dẫn của WMO. Một số chỉ tiêu này cũng tương tự như chỉ tiêu dùng trong quy phạm Việt Nam.

Như chúng tôi đã trình bày trong một số nghiên cứu gần đây [8, 10], việc phối hợp mô hình DLCM với lọc Kalman có khả năng tạo ra một công cụ tính toán và dự báo hạn ngắn khá hữu hiệu.

Kết quả tính toán dòng chảy mùa lũ trên hệ thống sông Hồng cho thấy rằng, mô hình DLCM với kỹ thuật lọc Kalman đã nâng cao đáng kể độ chính xác mô phỏng quá trình cũng như đỉnh lũ ở các trạm chính trên sông Đà, Thao, Lô, Hồng (bảng 4, 5) [10].

Tại các trạm trên hệ thống Lô, Gâm, hệ số tương quan thay đổi trong phạm vi 0,86 - 0,99, trung bình là 0,98. Chỉ tiêu hiệu quả giúp đánh giá khả năng ứng dụng mô hình vào dự báo dòng chảy ở các trạm đều trên 0,80, tức có mức đảm bảo trên 86%. Điều này chứng tỏ rằng, mô hình DLCM với kỹ thuật lọc Kalman có thể ứng dụng vào trong dự báo nghiệp vụ dòng chảy mùa lũ trên hệ thống sông Lô [10].

Trên sông Đà và dòng chính sông Hồng, tại các đoạn ở thượng lưu, nơi thường có dòng chảy khu giữa đáng kể lại thay đổi theo không gian và thời gian, nên việc mô phỏng dòng chảy trong sông bằng mô hình DLCM với lọc Kalman, nhìn chung, cho chất lượng không hơn hẳn mô phỏng khi dùng kỹ thuật hiệu chỉnh liên tục sai số. Tại các trạm trên hạ lưu sông Hồng, cả hai cách mô phỏng dòng chảy trên đều cho độ tin cậy cao. Chỉ tiêu hệ số tương quan trung bình thường trên 0,90 và hệ số hiệu quả trên 0,80.

Hiển nhiên, để sử dụng mô hình tất định ngẫu nhiên thiết lập trên đây vào dự báo dòng chảy lũ thì việc ứng dụng một mô hình mưa - dòng chảy vào tổng hợp dòng chảy khu giữa khi có mưa lớn cũng như việc thay đổi sơ đồ mô hình chung thích hợp với điều kiện sắp tới của công trình Hòa Bình, điều kiện ở hạ lưu sông Đà có sông xả lớn là những hướng có khả năng nâng cao hơn nữa mức đảm bảo của tính toán và dự báo.

KẾT LUẬN

1. Mô hình DLCM với kỹ thuật tìm kiếm trực tiếp tối ưu hóa tham số, được thiết lập cho hệ thống sông Hồng, có độ ổn định tốt và cho mức đảm bảo đạt yêu cầu khi mô phỏng dòng chảy trên sông chính từ tuyến Lai Châu, Bảo Hà, Hà Giang, Na Hang về Hà Nội - Thượng Cát.

2. Kỹ thuật cập nhật như hiệu chỉnh liên tục sai số và lọc Kalman cùng với mô hình DLGM tạo thành một mô hình tất định - ngẫu nhiên có khả năng nâng cao đáng kể mức độ chính xác mô phỏng quá trình và đỉnh lũ trên các trạm chính thuộc hệ thống sông Hồng.

3. Mô hình trên đây cho phép dự báo hạn ngắn dòng chảy mùa lũ tại các tuyến Tạ Bú, Hòa Bình, Yên Bái, Phú Thọ, Sơn Tây, Tuyên Quang, Vụ Quang, Hà Nội - Thượng Cát, với thời gian dự kiến từ 12 giờ đến 48 giờ, với mức đảm bảo trên 80%, khi cần thiết có thể kéo dài thời gian dự kiến tới 72 giờ và hơn nữa. Song mức đảm bảo phụ thuộc nhiều vào dự báo các biên trên.

4. Việc tính toán và dự báo dòng chảy trên hệ thống sông Hồng có thể được thực hiện nhanh chóng, tiện lợi nhờ sử dụng hệ chương trình HOMSEQ cài đặt trên hệ máy vi tính PS-2 tại Cục Dự báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Szollosi-Nagy. The discretization of the continuous linear cascade by means of state space analysis. - J. of Hydrology 58 (1982), p. 223-236.
2. Szollosi-Nagy A. Bartha P. ... Microcomputer based operational Hydrological Forecasting system for river Danube. - RR center (VITUKI), Budapest, Sacramento-California, 1983.
3. Application of microcomputers to Hydrological Forecasting. - Proceeding and papers of International Hydrological Course. 1983.
4. Đào Văn Lễ, Lê Bắc Huỳnh, ... Ứng dụng mô hình SSARR vào dự báo lũ hệ thống sông Hồng - Thái Bình. - Tổng kết đề tài nghiên cứu. Hà Nội, 1983.
5. Lê Bắc Huỳnh. Phương pháp tính toán dòng chảy lũ ở đoạn sông có gia nhập khu giữa. - TS KTTV, số 8, 1988.
6. Lê Bắc Huỳnh, Nguyễn Cao Quyền. Mô hình toán và dự báo dòng chảy sông Hồng tại Hà Nội. - TSKTTV, số 4, 1989.
7. Lê Bắc Huỳnh, Nguyễn Chí Yên, ... Mô hình tính toán và dự báo dòng chảy đến hồ phục vụ thi công và quản lý công trình thủy điện Hòa Bình. TS KTTV, số 7 (355), 1990, tr. 1-20.
8. Lê Bắc Huỳnh. Ứng dụng kỹ thuật lọc Kalman vào tính toán dự báo dòng chảy. - TS KTTV, số 11, 1990.
9. Lê Bắc Huỳnh. Một phương pháp tính toán và dự báo dòng chảy lũ sông Lô. - TS KTTV, số 7, 1991.
10. Lê Bắc Huỳnh. Tính toán quá trình dòng chảy mùa lũ trên hệ thống sông Lô bằng mô hình Kalinin-Miliukov-Nash với kỹ thuật lọc Kalman để cập nhật dự báo. - TS KTTV, số 8, 1991.
11. Cải tiến các phương pháp dự báo lũ sông Hồng và sông Thái Bình. - Hà Nội, XII-1990.