

MÔ HÌNH TOÁN ĐIỀU TIẾT TỰ NHIÊN CỦA BIỂN HỒ

PTS. Trịnh Quang Hòa
Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội

Biển Hồ là một khu chứa nước tự nhiên rộng lớn, dài khoảng 150km. Hàng năm, mực nước Biển Hồ có thể dao động từ cao trình 1m, tương ứng với diện tích mặt thoáng 1400km² cho đến cao trình 11m, tương ứng với mặt thoáng 13000 km² và sức chứa đến 71,8 tỷ m³ nước [1,2].

Theo nhiều tài liệu, trên 70% lượng nước trong Biển Hồ do dòng chính Mekong cung cấp, phần ba còn lại nhận được từ lượng mưa trên lưu vực thông qua 26 con sông đổ vào hoặc mưa rơi trực tiếp trên mặt hồ [1,2].

Tonle Sap là con sông chính dẫn nước từ Mekong vào Biển Hồ, gồm nhiều dòng chảy nhỏ song song, chiều rộng tổng cộng có thể lên tới 8km. Ngày 15-11-1961, một lưu lượng 12500m³/s chảy về phía biển và ngày 30 - 8 cùng năm, một lưu lượng 11400 m³/s được quan trắc tại trạm thủy văn Prek Kdam trên Tonle Sap. Đây là những lưu lượng lớn nhất trong cả thời kỳ quan trắc tại đây.

I. Định tính về hoạt động điều tiết tự nhiên của Biển Hồ

Hoạt động điều tiết tự nhiên của Biển Hồ là hiện tượng thủy văn đặc sắc tác động lên toàn bộ vùng châu thổ từ Phnom Penh ra tới biển. Nhờ Biển Hồ, dòng chảy trên Mekong và Bassac điều hòa, đồng bằng sông Cửu Long trong mùa kiệt nhận được một lượng nước bổ sung đáng kể. Có thể coi Biển Hồ như bộ điều chỉnh tự động các xung đột giữa sông và biển, giữa đất và nước, giữa mặn và ngọt, giữa lũ và cạn, làm nên sự trù phú của vùng châu thổ cùng những tập quán canh tác lâu đời của các dân tộc nơi đây.

Sự trao đổi nước giữa Mekong và Biển Hồ trong năm diễn ra như sau: "trong giai đoạn nước lên trên sông Mekong (thường kết thúc vào cuối tháng 10), Biển Hồ liên tục nhận nước từ dòng chính Mekong. Nhờ vai trò tích nước, Biển Hồ góp phần làm nhẹ đỉnh lũ, nhất là lũ đầu mùa trên sông Mekong và trên đồng bằng sông Cửu Long. Năm 1966, Biển Hồ đã trữ trên 37 tỷ m³ nước của sông Mekong, bằng 16% lượng nước qua Kratie trong cùng thời kỳ. Nhờ dòng Mekong, Biển Hồ tích nước dần, đầy đến một mức nào đó sẽ trả lại nước cho dòng Mekong trong phần còn lại của năm. Giai đoạn này thường bắt đầu từ tháng 11 và kết thúc vào cuối tháng 5. Theo số liệu tính toán trung bình nhiều năm, trong thời kỳ đầu mùa kiệt (tháng giêng, tháng hai) Biển Hồ cung cấp khoảng 50% lượng nước bổ sung cho đồng bằng sông Cửu Long" [3,4]. Như vậy, nước trên Tonle Sap có hai chiều chảy phụ thuộc vào lượng nước trong Biển Hồ đầy hay cạn.

II. Mô hình hóa hoạt động điều tiết tự nhiên của Biển Hồ

Khu vực chịu ảnh hưởng điều tiết của Biển Hồ được tính từ hạ lưu trạm thủy văn Phnom Penh, theo dòng Mekong đến Tân Châu, theo dòng Bassac đến Châu Đốc và toàn bộ dòng Tonle Sap cùng Biển Hồ. Trong việc xây dựng mô hình toán mô tả chuyển động nước trên khu vực này cần:

+ Xây dựng các phương trình toán học mô tả tác động tương hỗ giữa nguồn nước sông Mekong và lượng nước trong Biển Hồ.

+ Mô phỏng hiện tượng chảy tràn bờ từ Mekong và Bassac.

+ Mô phỏng tác động điều tiết của Biển Hồ đối với Mekong và Bassac.

Từ năm 1973, toàn bộ các trạm khí tượng và thủy văn trên lãnh thổ Campuchia đều ngừng hoạt động [3]. Do đó, mô hình phải được xây dựng sao cho thích nghi và vẫn hoạt động được trong điều kiện thiếu số liệu hiện nay.

2.1. Mô tả chuyển động nước trong lòng dẫn và tràn bờ

Về mùa lũ, nước chuyển động trong dòng chính Mekong kể từ hạ lưu Kompong Cham thường xuyên có hiện tượng tràn bờ. Số liệu quan trắc cho thấy hàng năm trên đoạn từ Kompong Cham đến Phnom Penh chảy tràn mất trung bình khoảng trên 22 tỷ m³ nước [3,4]. Hiện tượng chảy tràn bờ còn tiếp diễn cho đến tận biển.

Để mô tả chuyển động nước trong lòng dẫn cùng hiện tượng tràn bờ đã sử dụng tích phân Duhamel với hàm truyền dưới dạng hàm phân bố xác suất của Brokovich [4].

<p>Tích phân cơ bản: $Q(t)$, $q(t)$- lưu lượng tại tuyến trên và trong lòng sông, $R(t)$ - lưu lượng chảy tràn bờ, $f_1(\tau)$, $f_2(\tau)$ - các hàm truyền tương ứng.</p>	$q(t) = \int_0^t Q(t-\tau)f_1(\tau)d\tau + \int_0^t R(t-\tau)f_2(\tau)d\tau \quad (1)$
<p>Phương trình hàm truyền: m_1 - kỳ vọng toán, σ - khoảng lệch quân phương, m_3 -momen tâm bậc 3, C_v - hệ số phân tán, C_s - hệ số lệch. Phân phối xác suất được chọn là phân phối Brokovich</p>	$f(\tau) = \frac{\alpha^\alpha}{m_1 \Gamma(\alpha)} \left(\frac{\tau}{m_1} \right)^{\alpha-1} \cdot B(\tau) \cdot \text{EXP} \left(-\alpha \frac{\tau}{m_1} \right) \quad (2)$ $B(\tau) = 1 - \frac{C_s - 2C_v}{6C_v^3} \left(1 - 3 \frac{\tau}{m_1} + \frac{3}{\beta_1} \left(\frac{\tau}{m_1} \right)^2 - \frac{1}{\beta_2} \left(\frac{\tau}{m_1} \right)^3 \right) \quad (3)$ <p>$\alpha = 1/C_v^2$; $\beta_1 = 1 + C_v^2$; $\beta_2 = \beta_1(1+C_v^2)$; $C_v = \sigma/m_1$; $C_s = m_3/\sigma^3$</p>
<p>Xác định các momen phân phối hàm truyền: L- chiều dài đoạn sông, v- lưu tốc trung bình, a- hệ số khuếch tán theo chiều dọc, k gần giống tỷ số C_s/C_v</p>	$m_1 = L/v \quad (4)$ $\sigma^2 = a^2 \cdot m_1 \quad (5)$ $m_3 = k \cdot a^4 \cdot m_1 \quad (6)$

2.2 Mô phỏng dòng bổ sung vào Biển Hồ từ mưa trên lưu vực

Một phần ba lượng nước gia nhập vào Biển Hồ từ mưa rơi trên lưu vực, quá trình gia nhập này được mô phỏng bởi các hệ thức dưới đây [4].

Tính lớp cấp nước $h(t)$, α là hệ số dòng chảy, $P(t)$ là lượng mưa bình quân lưu vực	$h(t) = P(t) \cdot \alpha$ (7)
Tính dòng bổ sung vào Biển Hồ từ mưa $I(t)$ bằng tích phân Duhamel, trong đó τ_x , n_x là các thông số	$I(t) = \int_0^t \frac{1}{\tau_x \cdot \Gamma(n_x)} \left(\frac{t-\tau}{\tau_x} \right)^{n_x-1} \cdot \text{EXP} \left(-\frac{t-\tau}{\tau_x} \right) h(\tau) d\tau$ (8)

2.3. Xây dựng chỉ tiêu đánh giá tác động tương hỗ giữa Mekong và Biển Hồ

Chỉ tiêu Z cho biết khi nào nước từ Mekong chảy vào Biển Hồ và ngược lại. Đại diện cho lượng nước trên Mekong lấy lưu lượng tại Phnom Penh $Q_{ppm}(t)$. Lượng nước trong Biển Hồ là $W(t)$, K là hệ số chuyển đổi đơn vị.

Chỉ tiêu tương tác giữa Mekong và Biển Hồ: $Z = [W(t) - K \cdot Q_{ppm}(t)]$ (9)

Giai đoạn lũ đang lên trên sông Mekong $Z < 0 \rightarrow$ nước từ Mekong vào Biển Hồ

Giai đoạn lũ đang rút trên sông Mekong $Z > 0 \rightarrow$ nước từ Biển Hồ chảy ra biển

2.4. Sơ đồ hình thái của khu vực

Sơ đồ hình thái của khu vực được trình bày trên hình 1, gồm 7 đoạn lòng dẫn, 1 đoạn lưu vực, 1 khu giữa kiểu mưa mô tả dòng bổ sung từ mưa trên lưu vực Biển Hồ được chuyển đổi từ mưa Châu Đốc, 2 đập tràn đỉnh rộng đặt tại Phnom Penh và Neak Luong, 3 điểm phân lưu trong đó có 1 điểm phân lưu giả định mô phỏng hiện tượng tràn mất nước từ Phnom Penh sang Tonle Sap, 1 điểm hợp lưu mô tả sự gia nhập nước từ Biển Hồ qua Tonle Sap vào Mekong, một bể chứa tượng trưng có một cửa ra ở thành bên với ngưỡng di động và một cửa ra ở đáy có cửa van. Hoạt động của bể chứa như sau "khi nước trong bể chứa đạt đến ngưỡng di động, nước chỉ thoát khỏi bể bằng cửa ra ở đáy, đây là biểu tượng dòng chảy Mekong vào Biển Hồ. Khi mực nước đạt đến ngưỡng di động, van đáy đóng lại, nước bắt đầu chảy từ bể chứa qua cửa bên. Đây là biểu tượng nước chảy từ Biển Hồ về phía biển. Cao trình ngưỡng di động thay đổi tùy thuộc vào mực nước trong Biển Hồ và Mekong" [4].

2.5. Các hệ thức cơ bản của mô hình

Mô phỏng hàm truyền từ Mekong đến Bassac	$f_1(a, v, L, k, t)$
Phân dòng sang Bassac, k_2 là thông số	$Q(t) = k_2 \cdot Q_{ppm}(t)$
Dòng chảy tại Phnom Penh trên Bassac	$Q_{ppb}(t) = \int_0^t Q(t-\tau) \cdot f_1(a, v, L, k, t) d\tau$
Phân dòng sang Neak Luong, k_1 là thông số	$Q(t) = k_1 \cdot Q_{ppm}(t)$
Chuyển động trên đoạn Phnom Penh - Neak Luong	$q(t) = \int_0^t Q(t-\tau) \cdot f_1(a, v, L, k, t) d\tau$
Lưu lượng trung bình đoạn sông	$q(t) = 0,5 [O(t) + q(t)]$

Dòng chảy tràn tại Neak Luong

$$R_2(t) = \begin{cases} m_1 \cdot b [q(t) - Q_0]^{m_2}, & q(t) > Q_0 \\ 0, & q(t) < Q_0 \end{cases}$$

Diễn toán dòng tràn từ Neak Luong

$$dq(t) = \int_0^t R_2(t-\tau) \cdot f_3(a, v, L, k, \gamma, t) dt$$

Dòng bổ sung thêm từ Biển Hồ nếu $Q_{prk}(t) > 0$

$$q_{prk}(t) = \int_0^t k q_1 [Q_{ppm}(t-\tau) + Q_{prk}(t-\tau)] f_4(a, v, L, k, t) dt$$

Dòng chảy tại Neak Luong

$$Q_{nu}(t) = \begin{cases} q(t) - dq, & Q_{prk}(t) < 0 \\ q(t) - dq + q_{prk}(t), & Q_{prk}(t) > 0 \end{cases}$$

Phân dòng sang Tonle Sap, k_8, k_9 là hai thông số

$$Q(t) = -k_9 [Q_{ppm}(t) - k_8 \cdot Q_{nu}(t) + Q_{ppb}(t)]$$

Dòng chảy từ Mekong vào Prek Kdam (-)

$$Q_{prk}(t) = \int_0^t Q(t-\tau) \cdot f(a, v, L, k, t) dt$$

Khản trừ tổn thất trên lưu vực Biển Hồ

$$h(t) = \alpha \cdot P(t)$$

Hàm truyền trên lưu vực Biển Hồ, n, τ là thông số

$$f(n, \tau, t) = [1/\tau \cdot \Gamma(n)] \cdot (t/\tau)^{n-1} \cdot \text{EXP}(-t/\tau)$$

Diễn toán dòng chảy trên lưu vực Biển Hồ

$$y(t) = \int_0^t h(t-\tau) \cdot f(n, \tau, t) dt$$

Lượng nước chảy từ lưu vực vào Biển Hồ, F là diện tích lưu vực Biển Hồ, K_f là hệ số đổi đơn vị

$$W_x = y(t) \cdot K_f \cdot F$$

Tính lượng tràn từ Phnom Penh

$$R_{ppm}(t) = \begin{cases} m_1 b [Q_{ppm}(t) - Q_0]^{m_2}, & Q_{ppm} > 0 \\ 0, & Q_{ppm}(t) \leq 0 \end{cases}$$

Diễn toán dòng tràn từ Phnom Penh lần thứ nhất

$$dR_1(t) = \int_0^t R_{ppm}(t-\tau) \cdot f(n, \tau, t) dt$$

Diễn toán dòng tràn từ Phnom Penh lần thứ hai

$$dR_2(t) = \int_0^t R_1(t-\tau) \cdot f(n, \tau, t) dt$$

Tính lượng nước trong Biển Hồ cuối thời đoạn

$$W(t) = W_0 + W_x + dR_2(t) + Q_{prk}(t)$$

Kiểm tra chỉ tiêu tương tác giữa Mekong-Biển Hồ

$$Z = [W(t) - K(Q_{ppm}(t) - dR_1(t))]$$

Tính lưu lượng chảy từ Biển Hồ, m_1, m_2, K_w thông số

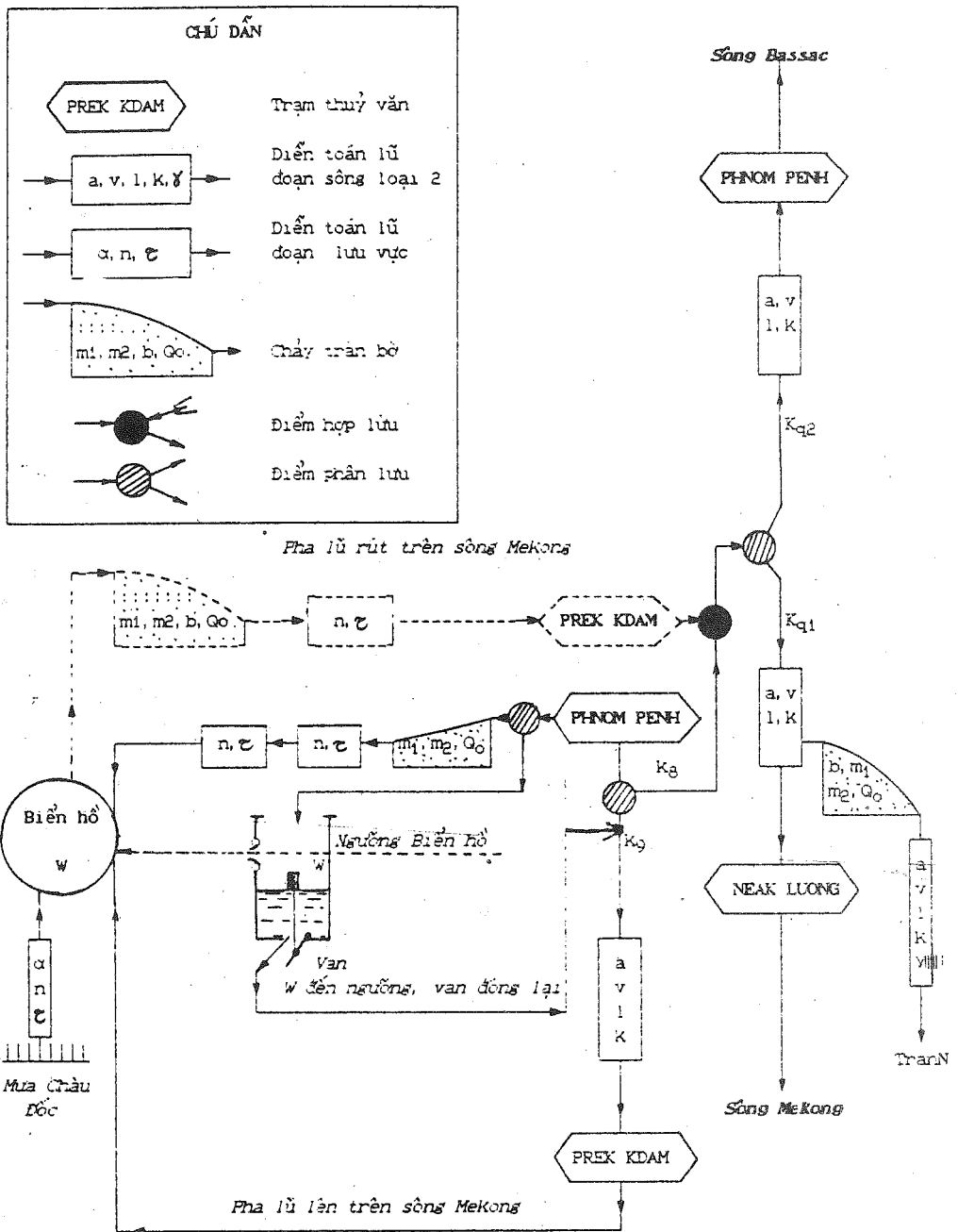
$$Q_{Lak}(t) = m_1 [W(t) - K_w(Q_{ppm}(t))]^{m_2}$$

Dòng chảy tại Prek Kdam (+)

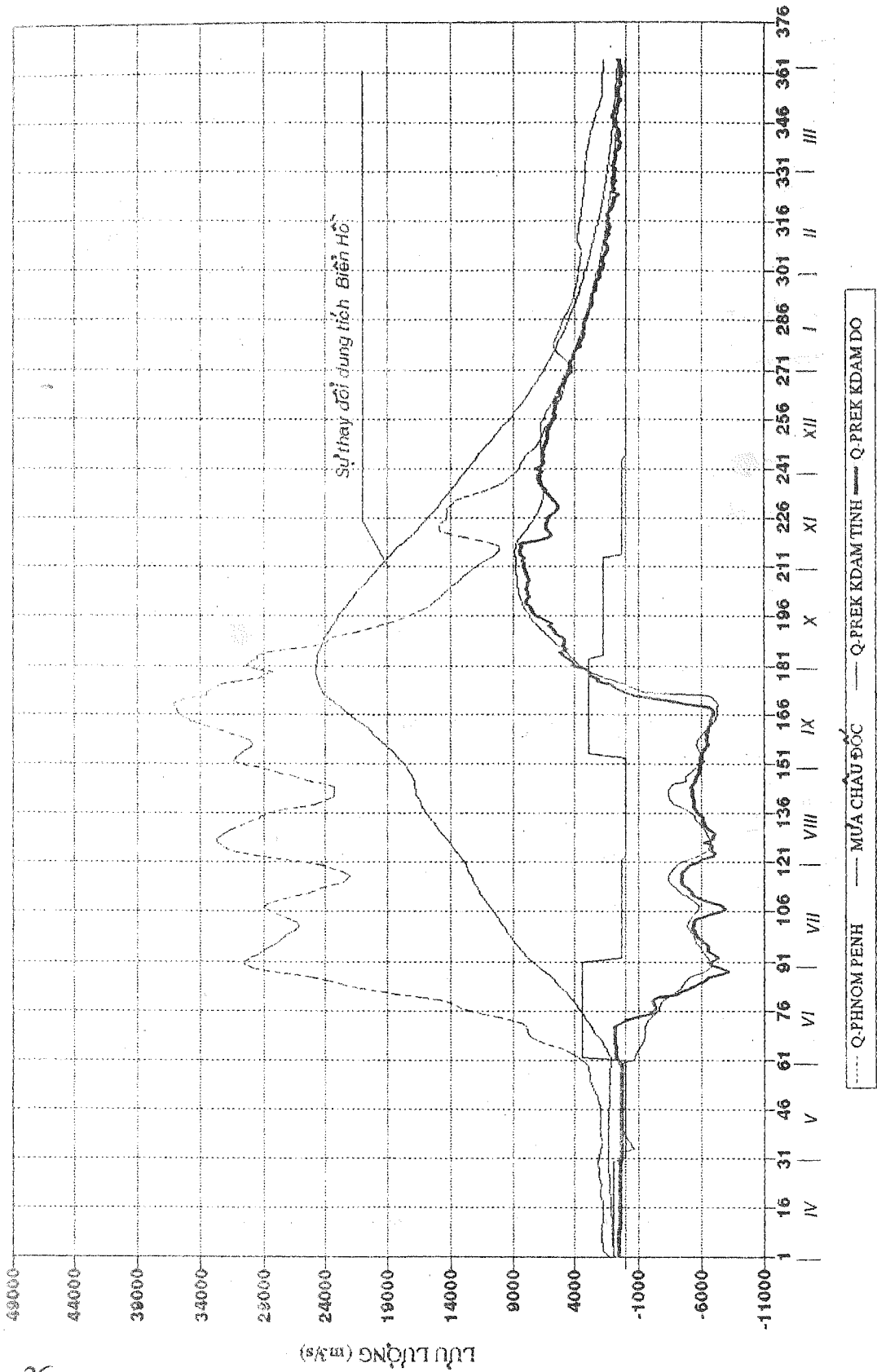
$$Q_{prk}(t) = \int_0^t Q_{Lak}(t-\tau) \cdot f(n, \tau, t) dt$$

Hợp lưu với Mekong

$$Q_{ppm}(t) + Q_{prk}(t)$$



Hình 1 SƠ ĐỒ HÌNH THÁI ĐOẠN SÔNG CHỊU ẢNH HƯỞNG ĐIỀU TIẾT CỦA BIỂN HỒ



hình 2 HOẠT ĐỘNG ĐIỀU TIẾT BIỂN HỒ 1965-1966

2.6. Kiểm định mô hình

Mô hình được kiểm định cho cả một thời kỳ 1961 - 1972, các thông số được xác định theo thuật toán tối ưu hoá Rosenbroc trên nguyên lý phức tạp hóa dần mô hình mà thực chất là tối ưu hoá theo từng giai đoạn. Thoạt đầu, thử nghiệm mô hình đơn giản, bao gồm các thông số tối thiểu. Trên cơ sở đã tối ưu được các thông số đó, mô hình được chính xác hoá nhờ việc đưa dần thêm các thông số mới cho đến khi đạt độ chính xác cần thiết.

Hàm mục tiêu của quá trình tối ưu như sau:

$$K = \sum_0^{N T} [Q_{đo}(t) - Q_{tính\ toán}(t, A)]^2 \cdot Q_{đo} \cdot dt = f(A) \rightarrow \min \quad (10)$$

trong đó N - tổng số trận lũ đưa vào tối ưu, T - thời gian một trận lũ, A - véctơ thông số mô hình A.

Một trong những kết quả kiểm định cho trên hình 2.

Tài liệu tham khảo

1. J.P. Carbonnel, J. Guiscafre. Le Grand Lac du Cambodge. Sédimentologie et Hydrologie. Publication de l'ORSTOM, 1965.
2. Mekong Master Model. - Delft Hydraulics, Volume 1,2,3,4 August 1991.
3. Lower Mekong Hydrologic Yearbook. Volume 1,2 (1961-1992).
4. Trịnh Quang Hòa. Mô hình hoá dòng chảy hạ lưu Mekong. - Tập bài giảng cho các lớp cao học ngành Thủy văn môi trường. Đại học Thủy lợi, 1994.

(tiếp theo trang 7)

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Hữu Nhân (1995). Mô hình dự báo mực nước tổng hợp trên các cửa sông Cửu Long. Dự án dự báo xâm nhập mặn vùng ĐBSCL giai đoạn 3. Ban thư ký sông Mekong. Bangkok, Thailand.
2. Nguyễn Hữu Nhân, Hồ Ngọc Diệp (1997). SALOWIN (Phần mềm dự báo xâm nhập mặn và lan truyền dầu, báo cáo kỹ thuật và bản hướng dẫn sử dụng). Sở KHCN và MT, tp. Hồ Chí Minh.
3. Nguyễn Tất Đắc (1996). Mô hình TLUC 96 để tính lũ ĐBSCL. Báo cáo tại hội thảo mô hình tính lũ ĐBSCL. Tháng 6-1996, tp. Hồ Chí Minh.
4. Nguyen Nhu Khue (1986). Modelling of tidal propagation and salinity intrusion in Mekong main estuarine system. Technical Paper. Mekong Secretariat.
5. Nguyễn Ân Niên (1996). Mô hình KOD để tính lũ vùng ĐBSCL. Báo cáo tại hội thảo mô hình tính lũ ĐBSCL. Tháng 6-1996, tp. Hồ Chí Minh.
6. SOGREAH (1972). Les modeles mathematiques du delta Mekong. Publ. de l'UNESCO, Paris.
7. Mekong master model (1991). Delft Hydraulics. Vol.: 1,2,3,4.