

MÔ HÌNH VANDEWIELE

TÍNH CÂN BẰNG NƯỚC CHO LƯU VỰC THEO THỜI ĐOẠN THÁNG

KS. Bùi Đạt Trâm

Trạm Dự báo và Phục vụ KTTV An Giang

I. TỔNG QUÁT

Do tầm quan trọng đặc biệt đối với sản xuất và cuộc sống, nên mô hình cân bằng nước cho các lưu vực sông đã và đang được nhiều nhà khoa học, nhiều cơ quan nghiên cứu của nhiều nước trên thế giới quan tâm.

Tổng quát, xét theo thời đoạn cân bằng, có thể phân ra các loại mô hình sau:

- + Cân bằng nước theo năm hoặc mùa, điển hình có mô hình SEMOD.
- + Cân bằng nước theo tháng, điển hình có mô hình TANK.
- + Cân bằng nước theo thời đoạn ngắn hơn có các mô hình toán triều.

Đó là các mô hình cân bằng nước tự nhiên, ngày nay thế giới cũng đang chú ý đến các dạng mô hình cân bằng nước thủy lợi, mô hình cân bằng nước trong các hệ sinh thái.

Nhìn chung, các mô hình cân bằng nước, dù là tự nhiên, hay thủy lợi, hoặc sinh thái đều là các mô hình toán rất công kênh và cực kỳ phức tạp bao gồm một hệ thống nhiều biến số, thông số thông qua các logic toán học để đi đến diễn đạt logic hóa học, vật lý học... của các biến số.

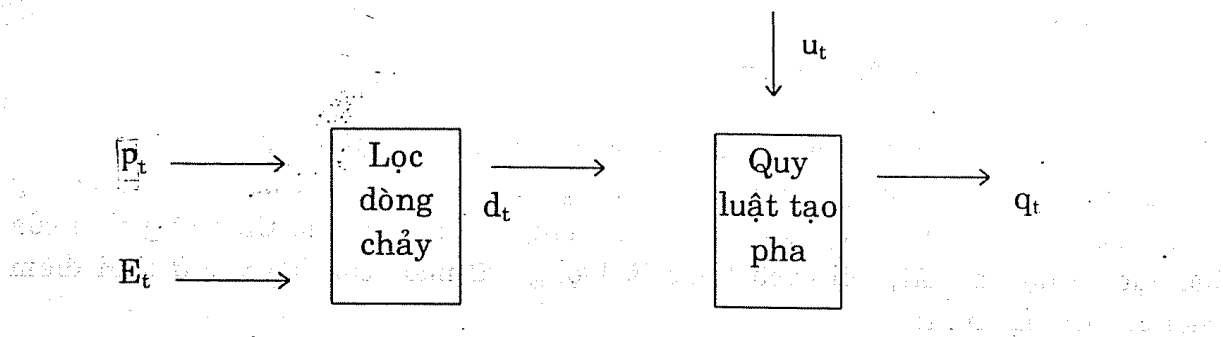
Sau đây xin giới thiệu mô hình cân bằng dòng chảy tháng VANDEWIELE mà chúng tôi đã ứng dụng và tiến hành thành lập chương trình tính toán (theo ngôn ngữ FORTRAN IV) cân bằng nước cho lưu vực sông Niger (Mali - Châu Phi) và lưu vực suối Ô Túc Xa (Vùng Bảy Núi, An Giang - Việt Nam) trong thời gian công tác tại WAR - DEDOC Italia - Mô hình này mang tên tác giả được công bố vào cuối năm 1991 không có chương trình tính cho máy tính kèm theo.

II. CẤU TRÚC MÔ HÌNH

1- Cấu trúc tổng quát

Cấu trúc tổng quát của mô hình cho một lưu vực kín được biểu thị ở hình 1, trong đó:

- Tổng hợp hai yếu tố lượng mưa tháng P_t và lượng bốc hơi khả năng E_t được xem là "input", ngược lại lượng dòng chảy tại mặt cắt xuất lưu được xem là "output" của mô hình còn t là thời gian (tháng).



Hình 1. Mô hình dòng chảy tổng quát

- Lượng mưa P_t và lượng bốc hơi khả năng E_t chịu sự ảnh hưởng trực tiếp của nhiều hiện tượng thời tiết, địa hình, sai số đo đạc và tính không đồng nhất của lượng mưa trong suốt tháng. Bởi vậy q_t được xem như một biến số ngẫu nhiên. Nó chính là kết quả của một hàm số xác định P_t , và của độ lệch ngẫu nhiên u_t . Hàm số xác định này được gọi là hàm lọc dòng chảy mà output của nó được gọi là d_t . Mỗi liên hệ giữa output d_t của hàm lọc dòng chảy và output q_t của mặt xuất-lưu, theo hình 1 ta có thể biểu thị bằng công thức (1)

$$\sqrt[q]{q_t} = \sqrt[q]{d_t} + u_t \quad (1)$$

Ở đây α là tham số biến đổi. Rõ ràng từ (1) thấy rằng $\alpha = 1$ thì không có sự biến đổi nào cả. Trong toán học đã xác nhận các giá trị tần suất (P) của các độ lệch không đồng nhất của một yếu tố quan trắc nào đó (X) tuân theo quy luật biến đổi logarit tỏ ra không phù hợp khi biến số (X) quá nhỏ. Trong trường hợp này khi q_t quá nhỏ như vào đầu mùa khô chẳng hạn. Do đó để giải quyết mâu thuẫn vừa nêu ra, sẽ nhận được một giá trị trong khoảng (0,1) là thỏa hiệp giữa hai cực trị của (1). Và như thế độ lệch ngẫu nhiên u_t được biểu diễn như sau:

$$U_t \sim N(0, \delta^2) \quad (2)$$

nghĩa là U_t sẽ nhận hai giá trị trung bình 0 và phương sai là δ^2

Tổng hợp lại ta có cấu trúc mô hình tổng quát như sau

$$\sqrt[q]{q_t} = \sqrt[q]{d_t} + u_t$$

$$U_t \sim N(0, \delta^2) \quad (A)$$

2- Cấu trúc lọc tổng quát

Output d_t được xem là một hàm số của lượng mưa hiện tại và quá khứ:

$$P_t, P_{t-1}, P_{t-2}, P_{t-3}, \dots$$

Và lượng bốc hơi khả năng

$$e_t, e_{t-1}, e_{t-2}, e_{t-3} \dots$$

Vì vậy lọc dòng chảy ở hình 1, tạm gọi là "lọc nhiễu về phía sau".

Từ lượng mưa và lượng bốc hơi khả năng của hiện tại và của quá khứ, chúng ta có thể xác định được trị số m , một đại lượng dùng để biểu thị trạng thái của lưu vực về độ ẩm đất, nói cách khác là lượng trữ nước của lưu vực ở thời điểm cuối của tháng thứ t :

$$m_t = m_{t-1} + P_t - r_t - d_t \quad (3)$$

Ở đây:

r_t là lượng bốc hơi thực tế của tháng thứ t , còn lượng d_t được tách làm hai thành phần:

+ Lượng tháo chậm S_t

+ Lượng tháo nhanh f_t

và ta có:

$$d_t = S_t + f_t \quad (4)$$

Lượng tháo chậm có thể xem là dòng chảy cơ bản (base flow) và lượng tháo nhanh là dòng chảy trực tiếp (direct flow). Sự phân biệt này có thể cho thấy rõ trong các mô hình dòng chảy tháng. Và rõ ràng r_t, s_t, f_t đều là hàm số của p_t, e_t và m_{t-1} .

$$r_t = r(p_t, e_t, m_{t-1}) \quad (5)$$

$$s_t = s(p_t, e_t, m_{t-1}) \quad (6)$$

$$f_t = f(p_t, e_t, m_{t-1}) \quad (7)$$

Tổng hợp lại ta có hệ thống cấu trúc hàm lọc như sau:

$$\begin{aligned} m_t &= m_{t-1} + p_t - r_t - d_t \\ d_t &= s_t + f_t \\ r_t &= r(p_t, e_t, m_{t-1}) \\ s_t &= s(p_t, e_t, m_{t-1}) \\ f_t &= f(p_t, e_t, m_{t-1}) \end{aligned} \quad (B)$$

3- Các hàm số bốc hơi

Để tính được lượng bốc hơi thực tế r_t , có hai trị số quan trọng cần thật sự lưu ý:

$$W_t = P_t + m_{t-1}^+ \quad (8)$$

Trong đó:

W_t : lượng nước sẵn có của lưu vực trong tháng thứ t -

m_{t-1}^+ : lượng nước trữ sẵn có của tháng trước được nhận hai giá trị hoặc là bằng lượng trữ nước sẵn có tháng trước (nếu có) hoặc là bằng 0, tức là:

$$m_{t-1}^+ = \max (m_{t-1}, 0) \quad (9)$$

Hiển nhiên ta có:

r_t tăng theo e_t và w_t

$r_t = 0$ khi $w_t = 0$ hoặc $e_t = 0$

$r_t < e_t$ và $r_t < w_t$

$r_t \rightarrow e_t$ khi $w_t \rightarrow \infty$

Hai phương trình tính lượng bốc hơi thực tế được dùng trong mô hình là:

- Phương trình thứ nhất

$$r_t = \min [e_t (1 - a_1 \frac{w_t}{e_t}), w_t] \quad (10)$$

Ở đây a_1 là một thông số (rõ hơn là một hằng số không biến đổi theo thời gian sẽ được ước lượng trong quá trình điều chỉnh mô hình) và từ (10), để bảo đảm ý nghĩa vật lý của r_t , giới hạn ước lượng của a_1 là:

$$0 < a_1 < 1$$

- Phương trình thứ hai:

$$r_t = \min [w_t (1 - e^{-\frac{e_t}{a_1}}), e_t] \quad (11)$$

Và cũng để đảm bảo ý nghĩa vật lý của r_t , từ (11) ta có giới hạn ước lượng của a_1 là:

$$a_1 > 0$$

4- Phương trình dòng chảy chậm

Dòng chảy cơ bản - dòng chảy chậm - có tác dụng làm gia tăng lượng trữ nước của lưu vực và được biểu thị:

$$s_t = a_2 (m_{t-1}^+)^{b_1} \quad (12)$$

Ở đây: a_2 và b_1 là tham số. Trong thực hành a_2 và b_1 có tương quan với nhau. Song quan hệ đó khó ước lượng và xác định. Bởi vậy, b_1 thường sử dụng 4 trị số:

$$b_1 = 0, b_1 = 1/2, b_1 = 1, \text{ và } b_1 = 2$$

và a_2 trở thành tham số phối hợp trong quá trình điều chỉnh mô hình.

5- Dòng chảy nhanh

Dòng chảy nhanh phụ thuộc vào lượng mưa p_t và các yếu tố khí tượng khác như e_t , độ ẩm lưu vực, lượng trữ, địa hình, thảm phủ thực vật cùng với các tính chất lý học của lưu vực. Nó được tính toán thông qua một số tham số:

$$n_t = p_t - r_t (1 - e^{-p_t / r_t}) \quad (13)$$

Hàm này chỉ rõ lượng mưa hiệu quả giảm khi lượng bốc hơi khả năng tăng, và nó đồng biến với p_t . Trong những trận mưa lớn thì:

$$n_t = p_t - r_t$$

Qua quá trình nghiên cứu ứng dụng, chúng tôi thấy phương trình hiệu quả nhất để mô tả dòng chảy chậm là:

$$f_t = a_3 (m_{t-1}^+)^{b_2} \cdot n_t \quad (14)$$

ở đây a_3 và b_2 là các tham số.

Phương trình (14) thể hiện sự biến đổi tổng hợp của lượng trữ m_{t-1}^+ , độ ẩm tiềm tàng của lưu vực là nguồn gốc của dòng chảy trực tiếp, một bộ phận của lượng nước đi ra ngoài lưu vực mau lẹ.

Một lần nữa chúng ta thấy a_3 và b_2 hầu như tương quan nhau. Riêng b_2 , trong thực hành cho được bởi 4 trị số sau:

$$b_2 = 0 ; b_2 = 1/2 ; b_2 = 1 \text{ và } b_2 = 2$$

còn a_3 trở thành tham số phối hợp trong quá trình điều chỉnh mô hình.

Tổng hợp lại ta có hệ thống các phương trình lọc chi tiết như sau:

$$r_t = \min [e_t 1 - a_1^{w_t/e}, w_t] \quad (C)$$

$$r_t = \min [w_t (1 - e^{-c/a_1}), e_t]$$

$$s_t = a_2 (m_{t-1}^+)^{b_1}$$

$$n_t = P_t - r_t (1 - e^{-p_t / r_t})$$

$$f_t = a_3 (m_{t-1}^+)^{b_2} \cdot n_t$$

Từ hệ thống phương trình lọc chi tiết này, thấy có 3 tham số liên tục a_1, a_2, a_3 , và có 2 tham số rời rạc là b_1 và b_2 .

Trong thực hành, bằng cách cho b_1 và b_2 những giá trị cụ thể, với hệ thống phương trình (C) chúng ta tìm được cái gọi là "lọc chi tiết".

Từ 4 trị số tương ứng của b_1 và b_2 ta thu được 32 "lọc chi tiết" (filters),

$$2 \times 4 \times 4 = 32$$

Tiếp tục kết hợp một trong những "lọc chi tiết" với một giá trị chi tiết của tham số biến đổi α , chúng ta sẽ nhận được "một mô hình chi tiết".

Vấn đề cốt lõi ở đây là kỹ thuật mô hình, tức cần phải tìm ra được "một mô hình chi tiết" tốt nhất với các giá trị hợp lý nhất của các tham số liên tục a_1 , a_2 , và a_3 để cho giá trị nhỏ nhất của tổng bình phương sau:

$$\sum_t (\alpha \sqrt{q_t} - \alpha \sqrt{d_t})^2 \quad (15)$$

III. CHƯƠNG TRÌNH MÁY TÍNH

Căn cứ vào cấu trúc toán học của mô hình vừa trình bày trên, chúng tôi tiến hành viết chương trình tính theo ngôn ngữ FORTRAN IV. Toàn bộ chương trình gồm một chương trình chính (main program) và chương trình con (subroutine).

Đã ứng dụng cấu trúc mô hình và chương trình tính đó để cân bằng dòng chảy tháng cho lưu vực đã nêu ở phần I. Kết quả tính toán sát thực tế, cho phép triển khai ứng dụng vào lưu vực vùng nhiệt đới Châu Á, Châu Phi..... Ưu điểm lớn của mô hình này là không quá cồng kềnh, có hệ thống cấu trúc toán học và vật lý chặt chẽ. Nhờ sử dụng hệ thống tham số rời rạc (b và α) và liên tục (a) nên quá trình điều chỉnh mô hình dễ dàng, ít tốn thời gian, mà chọn được các kết quả tối ưu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vandewiele, G.L, C.Y Xu and Ni-lar-win. - Monthly water balance models on basin scale V.U.B hydrologic (20), Brussels, 1991.
2. Sals, J.D. ; J.W. Dellsur, V. Yevjevich and W.L.Lane. "Applied modeling of hydrologic time series". Water resources publications, Colorado, USA, 1990.
3. Flood frequency, AN - MATII model, FAO, 1990.
4. IBM fortran/4 computer language series (I, II, III, IV) New York, USA, 1990.