PHƯƠNG PHÁP PHÂN KIỆN TỰ ĐỘNG DÙNG TRONG CÁC MÔ HÌNH TỔNG LƯỢNG

K.S VŨ TUẤN
Vụ Khoa học Kỹ thuật

Kỹ thuật phân chia sự kiện (gọi tắt là phân kiện) được sử dụng rộng rãi trong thủy văn, có liên quan tới việc cắt nước ngầm, tính toán mưa hữu hiệu, tính hệ số dòng chảy... đặc biệt là trong các mô hình toán có thành phần tổng lượng. Kết quả phân kiện có thể khác nhau do sử dụng những giả thiết và chỉ tiêu khác nhau. Ở đây, xin giới thiệu phương pháp phân kiện tự động thực hiện trên máy tính đã được xây dựng trong quá trình phát triển mô hình SMARt thuộc họ các mô hình Galway là các mô hình có sử dụng thành phần tổng lượng.

Để bạn đọc có cơ sở theo dõi vấn đề, chúng tôi xin trình bày qua 3 nội dung chính:

— Về họ các mô hình Galway, để biết cấu trúc của những mô hình sử dụng kỹ thuật phân kiện.

— Về phương pháp phân kiện tự động: trình bầy những giả thiết, cơ sở toán và nội dung cụ thể của phương pháp.

— Giới thiệu một kết quả thử nghiệm.

I. — VỀ HỌ CÁC MÔ HÌNH GALWAY.

Chúng tôi tạm gọi họ các mô hình Galway là nhóm các mô hình dùng trong tính toán và dự báo thủy văn có cơ sở bắt nguồn từ 2 hệ mô hình SMAR được đề xuất bởi Khoa Thủy văn Kỹ thuật, trường Đại học Tổng hợp quốc gia Galway, thực hiện bởi các cộng tác viên và học trò của giáo sư J.E.Nash.

1. Hệ mô hình LPM. Mô hình nhiễu tuyến tính (Linear PerturbationModel) gọi tắt là LPM có nguồn gốc từ một kết luận trong bài báo của Nash và Foley [1]. Việc mô hình hóa tuyến tính của những độ lệch so với các giá trị trung bình mùa trong các chuỗi input và output là một khả năng hấp dẫn và có thể cung cấp một cơ sở cho dự báo, đặc biệt là đối với những lưu vực mà dòng chảy có tính mùa rõ rệt.

Trên cơ sở cấu trúc của mô hình Lai (Hybrid Model). Nash và Barsi đã đề xuất mô hình LPM (1983). Thực chất mô hình này là một tổ hợp của hai phép phân tích: Phân tích chuỗi thời gian (hay phép đồng nhất thành

phần mùa) và phân tích hệ tất định (hay phép đồng nhất theo đường đơn vị cổ điển).

Có thể tóm tắt cấu trúc của mô hình LPM như sau:

a) Phân tích chuỗi thời gian:

Gọi q_d là giá trị trung bình ngày trong nhiều năm quan trắc của chuỗi output:

$$q_d = \frac{1}{n}(q_{d,1} + \cdots + q_{d,n}) = \frac{1}{n}\sum_{r=1}^{n} q_{d,r}$$

trong đó n — số năm quan trắc trong thời kỳ xác định. Chuỗi q_d tính toán trong thực hành được làm trơn bởi chuỗi Fourier:

$$q_d = a_o + \sum_{j=1}^{h} A_j \cos\frac{2\pi jd}{n} + B_j \sin\frac{2\pi jd}{n}$$

trong đó a_o — trung bình của q_d, A_j và B_j — các hệ số Fourier với j là bậc điều hòa, h — số điều hòa cực đại (bằng $\frac{n}{2}$ hoặc $\frac{n-1}{2}$ tùy theo n là chẵn hay lẻ: n bằng 365 cho năm thường và 366 cho năm nhuận với chuỗi số liệu tháng). Phương sai của q_d tính cho điều hòa thứ j là:

$$C_j = \mathrm{Var}(j) = \frac{1}{2}\left(A_j^2 + B_j^2\right)$$

Các hệ số A_j, B_j được xác định theo:

$$A_j = \frac{2}{n}\sum_{d=1}^{n} q_d \cos\frac{2\pi jd}{2};\ j = 1,2,\ldots,\ h$$

$$B_j = \frac{2}{n}\sum_{d=1}^{n} q_d \sin\frac{2\pi jd}{n};\qquad J = 1,2,\ldots,\ h$$

Nếu n chẵn (366 hoặc 12) thì các hệ số A_j và B_j cuối được tính theo:

$$A_j = \frac{1}{n}\sum_{d=1}^{n} q_d \cos\frac{2\pi jd}{n};\ B_j = 0$$

Chuỗi q_d sau khi được làm trơn cho ta giá trị dự báo Q_s theo mô hình mùa (Seasonal Model).

b) Phân tích hệ tất định.

Chuỗi độ lệch output Q_D được xác định theo:

$$Q_D = (Q_T - Q_S)$$

Với Q_T – Chuỗi output quan trắc thực.

Cũng thực hiện những phân tích tương tự cho chuỗi input (mưa trong mô hình mưa – dòng chảy hoặc các dòng chảy nhập lưu trong mô hình diễn toán), chúng ta cũng thu được chuỗi độ lệch input I_D.

Theo giả thiết của hệ mô hình LPM, quan hệ giữa I_D và Q_D là có liên hệ tuyến tính thông qua tích chập rời rạc (sử dụng trong đường đơn vị cổ điển). Như vậy, giả thiết này là gần thực tế hơn so với giả thiết tồn tại mối quan hệ tuyến tính trực tiếp giữa input và output. Điều này thỏa mãn không những với các hệ tuyến tính thực sự mà còn thỏa mãn trong phạm vi cho phép cả với những hệ phi tuyến có mức độ nữa. Cũng có thể nhận thấy rằng, khi không có thành phần mùa hoặc các thành phần mùa của chuỗi input – output là quan hệ tuyến tính thì mô hình LPM suy biến thành mô hình tuyến tính phản ứng tổng hợp (Total Response Linear Model, gọi tắt là TRLM).

2. Hệ mô hình SMAR

Mô hình LPM là tương đối thỏa mãn cho những lưu vực lớn (trên 1000km²) và dòng chảy thể hiện tính mùa rõ rệt. Tuy nhiên, đối với những lưu vực nhỏ mà phản ứng của dòng chảy đối với mưa tương đối nhạy thông qua sự biến động của độ ẩm đất trên lưu vực thì loại mô hình nhận thức dựa trên cơ sở phương trình cân bằng tỏ ra là thích hợp hơn. Đó chính là xuất phát điểm của sự ra đời hệ mô hình SMAR. Một trong những mô hình thuộc hệ SMAR là mô hình SMARt đã được giới thiệu chi tiết trong [1].

II – VỀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN KIỆN TỰ ĐỘNG

Kỹ thuật phân kiện đóng một vai trò quan trọng trong các mô hình tổng lượng, nhất là trong họ các mô hình Galway vì nó quyết định mức ý nghĩa của hệ số hữu hiệu R của mô hình.

1. Giả thiết và cơ sở toán của phương pháp

Với giả thiết cơ bản là quan hệ lưu lượng – lượng trữ được coi là tuyến tính:

$$S(t) = K \cdot Q(t) \qquad (1)$$

trong đó: $S(t)$ – quá trình lượng trữ, $Q(t)$ – quá trình lưu lượng và K – hệ số lượng trữ, $I(t)$ – quá trình lượng vào.

Xuất phát từ phương trình liên tục, ta có:

$$I(t) - Q(t) = \frac{dS(t)}{dt} = \frac{dQ(t)}{dt} \cdot K \qquad (2)$$

Nhân cả hai vế với $\frac{1}{K} \exp\left(\frac{t}{K}\right)$, ta có vế phải của (2) sau khi chuyển thành phần Q(t) sang sẽ là: $\frac{d}{dt} Q(t) \exp(\frac{t}{K})$.

Do đó:

$$\frac{1}{K} \exp\ (\frac{t}{K})\ I(t) = [\frac{d}{dt} Q(t)] \exp\ (\frac{t}{K}) \qquad (3)$$

Tích phân hai vế và nhân đồng thời với đại lượng $\exp\ (-\frac{t}{K})$, ta có:

$$Q(t) = \frac{1}{K} \exp\ (-\frac{t}{K}) [\int_0^t \exp\ (\frac{t}{K})\ I(t)\ dt + C] \qquad (4)$$

Nếu mưa ngừng tại thời điểm T thì $Q(t) = \frac{C}{K} \exp\ (-\frac{t}{K})$ với $t \geqslant T$ với $Q(T) = \frac{C}{K} \exp\ (-\frac{T}{K})$. Ta được kết quả cuối cùng là:

$$Q(t) = Q(T) \exp\ (\frac{T-t}{K}) \text{ với } t \geqslant T \qquad (5)$$

Đây chính là phương trình triết giảm của một hệ thống trữ tuyến tính khi mưa ngừng cung cấp ở thời điểm T. Phương trình triết giảm theo dạng hàm mũ này là cơ sở để xác định các thông số cần thiết cho subroutine bổ trợ của chương trình theo phương pháp phần kiện tự động.

2. Công thức tính và các tham số kiểm soát

Công thức được dùng để tính toán tổng lượng dòng chảy của sự kiện thứ k là như sau:

$$V_k = V_t + S_j - S_i$$

trong đó: V_t – tổng lượng dòng chảy giữa thời điểm t_j và t_i; S_j – là lượng trữ tại thời điểm t_j; S_i lượng trữ tại thời điểm t_i; V_k – tổng lượng dòng chảy hiệu chỉnh của sự kiện thứ k. Giá trị của S_j, S_i được xác định trên cơ sở thừa nhận giả thiết tuyến tính và phương trình triết giảm dạng mũ (5) nêu trên.

Phương pháp này có hai đặc điểm:

– Điểm kết thúc của sự kiện thứ i là điểm bắt đầu của sự kiện thứ (i + 1).

Khi các sự kiện mưa có liên hệ chặt chẽ, không phân tách được thì có thể gộp lại trong một sự kiện dòng chảy chung.

Chương trình tính theo phương pháp phân kiện tự động, ngoài một subroutine dựa trên phương trình (5) còn cần đến 3 tham số kiểm soát.

– Tham số kiểm soát cường suất: tham số này được dùng để phân cắt thủy đồ khi đạt tới mức tăng đáng kể: khi cường suất tăng vượt quá giá trị ngưỡng kiểm soát này thì coi như hình thành một sự kiện mới.

– Tham số kiểm soát mức giảm: Một sự kiện được giới hạn nếu đường triết giảm (5) xuống dưới một giá trị ngưỡng.

– Tham số kiểm soát thời gian trễ: tham số này được dùng để kiểm soát khoảng thời gian trôi qua từ lúc bắt đầu mưa tới lúc xuất hiện cường suất tăng đáng kể trên thủy đồ.

Cả ba tham số này có quan hệ ràng buộc lẫn nhau và một sự kiện mới chỉ hình thành khi thỏa mãn đồng thời cả ba tham số đó. Chúng được xác định bằng phương pháp thử sai, tính lặp nhiều lần trên máy khi thay đổi giá trị của từng tham số. Về nguyên lý, có thể bắt đầu từ các giá trị bất kỳ, tuy nhiên, qua mức độ hiểu biết về tính chất dòng chảy trên lưu vực (thời gian chảy tập trung, cường suất...) mà có thể bắt đầu từ những giá trị xấp xỉ, có ý nghĩa vật lý nhất định. Như vậy, thời gian tính sẽ giảm đi đáng kể.

3. Kết quả thử nghiệm: Chúng tôi đã thử nghiệm phương pháp phân kiện tự động đối với quá trình dòng chảy tại mặt cắt cửa ra của lưu vực Trạm Nghiên cứu thực nghiệm dòng chảy (diện tích lưu vực là 125km²) trong thời gian 6 năm (1971 — 1976). Ở đây chúng tôi đưa ra một đoạn kết quả gồm 99 ngày được phân thành 8 sự kiện trong năm 1971 (hình 1, bảng 1)

Bảng 1 — Kết quả phân kiện quá trình dòng chảy (trích)

Số thứ tự sự kiện	Ngày bắt đầu	Ngày kết thúc	Tổng lượng sự kiện (mm)
3	151	170	27,9
4	171	136	46,1
5	187	192	10,7
6	193	202	166,8
7	203	213	168,9
8	214	224	128,9
9	225	235	250,7
10	236	249	65,1

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Vũ Tuấn «Mô hình SMARt — Dự báo, tính toán dòng chảy từ mưa» Tuyển tập báo cáo của Hội thảo quốc gia về ứng dụng mô hình toán thủy văn — thủy lực trong phát triển và quản lý tài nguyên nước, Hà Nội (1988). Tập 1

[2] Nash,J.E and Foley,J.J. — «Linear Models of Rainfall—Runoff Systems «in Rainfall — Runoff Relationship», Water Resouroes Publications, Littleton, Colorade, U. S. A. 1982