

# KHẢ NĂNG DỰ BÁO ĐỈNH LŨ NĂM BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ĐIỀU HÒA

PTS. BÙI VĂN ĐỨC

Cục Dự báo KTTV

## MỞ ĐẦU

Dự báo thủy văn hạn dài đỉnh lũ năm luôn là nhu cầu cấp thiết cho nhiều ngành kinh tế quốc dân, nhất là đối với công tác phòng chống lũ lụt, bảo vệ và khai thác các công trình thủy lợi – thủy điện. Nhưng cho tới nay không chỉ ở nước ta mà nhiều nước khác có nền khoa học tiên tiến, vẫn đề này vẫn chưa được giải quyết một cách thỏa đáng, chưa có một phương pháp nào trở thành «chính thống» cho phép dự báo hạn dài đỉnh lũ năm ( $Q_{max}$ ) với mức bảo đảm mong muốn. Những phương pháp được sử dụng trong nghiệp vụ dự báo hạn dài đỉnh lũ năm hiện nay ở nước ta mới chỉ có mức đảm bảo từ 65 đến 70%.

Để có thêm một phương án dự báo đỉnh lũ năm, chúng tôi đã nghiên cứu ứng dụng phương pháp phân tích điều hòa vào dự báo đỉnh lũ năm, với giả thiết rằng, sự dao động của chuỗi đỉnh lũ năm ( $Q_{max}$ ) là tổ hợp của nhiều điều hòa thành phần (sóng thành phần) có các đặc trưng chu kỳ và biên độ khác nhau.

Sơ đồ được thử nghiệm tính toán và dự báo cho chuỗi đỉnh lũ năm ( $Q_{max}$ ) trên sông Đà tại trạm thủy văn Hòa Bình. Kết quả bước đầu cho thấy mô hình điều hòa mô phỏng xu thế của quá trình đỉnh lũ năm ( $Q_{max}$ ) tương đối tốt (mức bảo đảm đạt trên 80%). Mức bảo đảm dự báo thử trên chuỗi độc lập đạt 75%.

### 1. Cơ sở lý luận

Sự hình thành đỉnh lũ năm ( $Q_{max}$ ) cũng như một số yếu tố khí tượng thủy văn khác mang tính quy luật. Vì vậy, muốn dự báo được sự biến đổi của chúng trong tương lai cần phải nghiên cứu các quy luật biến đổi của chúng trong chuỗi quan trắc quá khứ và hiện tại. Một trong những công cụ toán học thông dụng được dùng trong việc khám phá các quy luật biến đổi của chuỗi là phân tích điều hòa [2].

Nội dung cơ bản của phân tích điều hòa ở đây là sự biểu diễn chuỗi đỉnh lũ năm ( $Q_{max}$ ) bằng tổng hữu hạn ( $m$ ) các cặp hàm lượng giác sin và cos

$$Q_{max,t} = \bar{Q}_{max} + \sum_{i=1}^m \left[ A_i \sin\left(2\pi \frac{i}{p} t\right) + B_i \cos\left(2\pi \frac{i}{p} t\right) \right] \quad (1)$$

với  $A(i=m) = 0$ .

Trong phương trình (1):

$\bar{Q}_{max}$  – giá trị trung bình của chuỗi đỉnh lũ;

$A_i$  và  $B_i$  – biên độ;  $p$  – chu kỳ cơ bản;  $i$  – bậc của hàm điều hòa thành phần.

$t$  – thời điểm quan trắc ( $t$  biến đổi từ 1 đến  $N$ ,  $N$  – số quan trắc).

Mỗi cặp hàm lượng giác  $[A_i \sin(2\pi \frac{i}{p} t) \text{ và } B_i \cos(2\pi \frac{i}{p} t)]$  tạo thành một điều

hòa. Điều hòa đầu tiên (với  $i=1$ ) được gọi là điều hòa cơ bản, và chu kỳ của nó được gọi là chu kỳ cơ bản ( $p$ ). Điều hòa thứ hai ( $i = 2$ ) có chu kỳ bằng  $1/2$  chu kỳ cơ bản, điều hòa thứ ba ( $i = 3$ ) có chu kỳ bằng  $1/3$  chu kỳ cơ bản. Tương tự như vậy, điều hòa bậc thứ  $m$  sẽ có chu kỳ bằng  $1/m$  chu kỳ cơ bản.

Trong phân tích chuỗi đỉnh lũ ( $Q_{max}$ ) theo các hàm điều hòa, mỗi điều hòa thành phần đều mang một ý nghĩa vật lý nhất định. Tuy nhiên, việc lý giải chúng còn đang gặp nhiều khó khăn, đòi hỏi có sự nghiên cứu tương đồng với các mô hình căn nguyên [5].

## 2. Thuật toán và sơ đồ tính

Phân tích điều hòa bắt đầu bằng việc xác định các tham số của chúng ( $A_i$  và  $B_i$ ). Nhập cả hai hai vế của phương trình (1) với hàm  $\sin(2\pi \frac{i}{p} t)$  và qua một số biến đổi toán học đơn giản ta nhận được:

$$A_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N [Q_{max} t \sin(2\pi \frac{i}{p} t)] \quad (2)$$

Khi nhảy  $\cos(2\pi \frac{i}{p} t)$  vào hai vế phương trình (1) và biến đổi tương tự ta nhận được:

$$B_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N [Q_{max} t \cos(2\pi \frac{i}{p} t)] \quad (3)$$

Sau mỗi lần xác định được cặp tham số  $A_i$  và  $B_i$ , phải tiến hành tách tổng thành phần điều hòa còn lại. Phương trình tách chúng được viết dưới dạng sau:

$$\Delta Q_{max}^{[i]} = Q_{max} - \left\{ \bar{Q}_{max} + \sum_{k=1}^i [A_k \sin(2\pi \frac{k}{p} t) + B_k \cos(2\pi \frac{k}{p} t)] \right\} \quad (4)$$

Ở đây  $[i]$  là chỉ số, chỉ rằng phương trình (4) đã loại đi  $i$  điều hòa thành phần đầu tiên.

Lượng thông tin của từng điều hòa thành phần được đánh giá qua độ phân tán Di. Độ phân tán càng lớn thì sóng điều hòa tương ứng càng giữ vai trò quan trọng trong tổng điều hòa (1)

$$Di = \frac{1}{2} (A_i^2 + B_i^2) / \sum_{k=1}^{N/2} (A_k^2 + B_k^2) \quad (5)$$

Số lượng điều hòa thành phần ( $m$ ) được xác định theo giá trị hiệu lũy tích độ phân tán (6).

$$\sum_{k=1}^{i+1} D_k - \sum_{k=1}^i D_k \leq \infty \quad (6)$$

Ở đây  $\infty_0$  là số cho trước, để khi hiệu (6) nhỏ hơn hoặc bằng  $\infty_0$ , thì lúc đó  $m$  sẽ nhận giá trị bằng  $i$ .

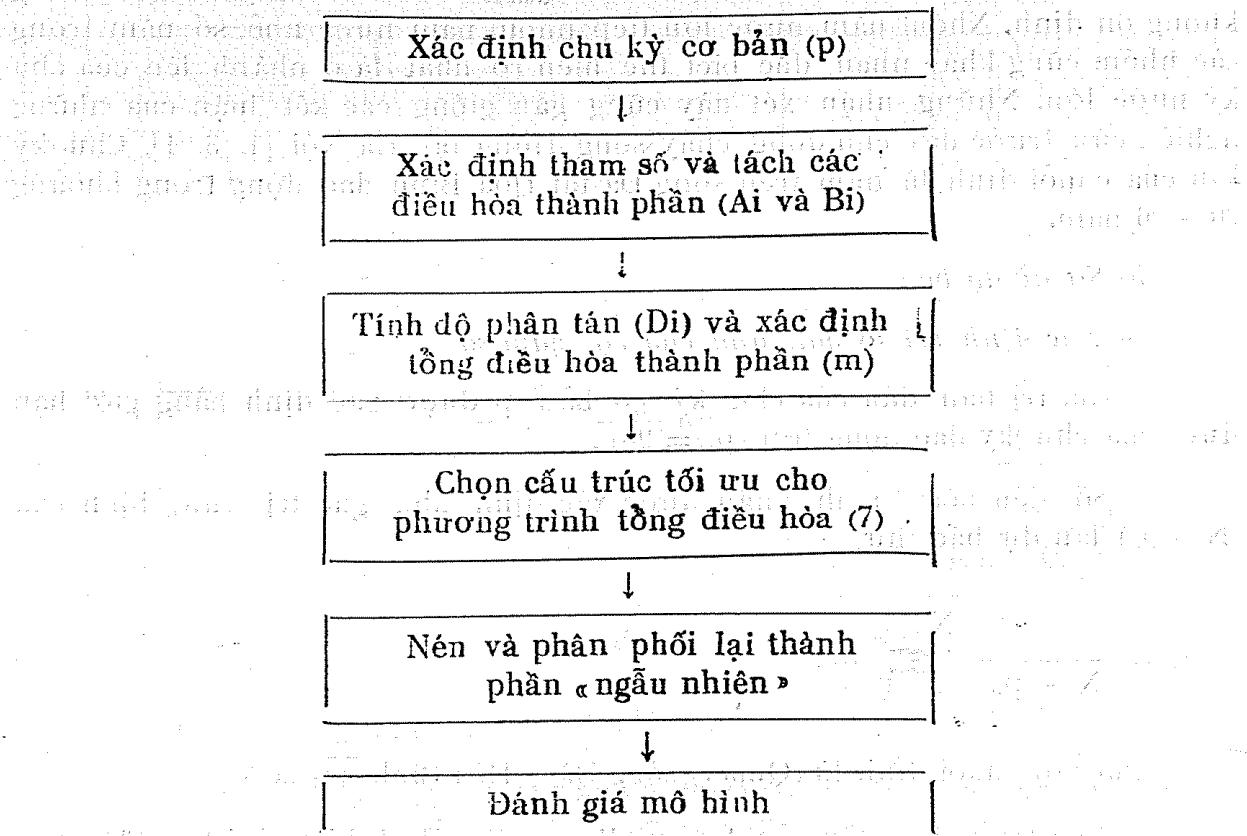
Trên cơ sở phân tích dãy độ phân tán ( $D_m$ ), ta chọn một cấu trúc thành phần tối ưu của phương trình tổng điều hòa:

$$Q_{\max t} = Q_{\max} + \sum_{k=1}^{m_1} \left[ A_{i(k)} \sin \left( 2\pi \frac{i(k)}{p} t \right) + \cos \left( 2\pi \frac{i(k)}{p} t \right) \right] \quad (7)$$

trong đó  $m_1 < m_2 < N/2$ ;  $i(k)$  – bậc điều hòa thành phần được sắp xếp theo trật tự mới.

Trên cơ sở cấu trúc phương trình (7), tiến hành dồn (nén lại) thông tin vào các thành phần được lựa chọn  $i(k)$ .

Quá trình tính toán được tiến hành theo sơ đồ khối (hình 1).



### 3. Dự báo lưu lượng nước lớn nhất năm trên sông Đà tại trạm thủy văn Hòa Bình

#### a) Sơ bộ về chuỗi số liệu

— Sự quan trắc dòng chảy trên sông Đà tại trạm thủy văn Hòa Bình bắt đầu từ năm 1902, nhưng chuỗi lưu lượng bị gián đoạn nhiều năm. Thời gian không có số liệu dài nhất là từ năm 1946 đến năm 1955, và từ năm 1982 trở lại đây, chuỗi lưu lượng thực đo tại Hòa Bình chịu ảnh hưởng trực tiếp của sự điều tiết hồ. Do vậy từ năm 1982 cho tới nay buộc chúng tôi phải sử dụng chuỗi lưu lượng phục hồi.

Toàn bộ chuỗi số liệu (từ 1902 – 1945 và 1956 – 1988) được dùng nghiên cứu phân tích tính chu kỳ của dòng chảy. Nhưng trong tính toán, xác định tham số và dự báo thử nghiệm, do đòi hỏi tính liên tục của chuỗi dòng chảy, nên chỉ có thể sử dụng chuỗi số liệu đỉnh lũ ( $Q_{\max}$ ) từ năm 1956 trở lại đây. Trước khi đưa vào tính toán và dự báo thử nghiệm, chuỗi đỉnh lũ năm đã được kiểm tra tính hợp lý qua dòng chảy các trạm lân cận phía trên, phía dưới và số liệu mưa tương ứng trên khu vực.

— Tính chu kỳ của chuỗi đỉnh lũ năm trên sông Đà tại Hòa Bình:

Diễn biến chuỗi lưu lượng lớn nhất năm trên sông Đà tại Hòa Bình vô cùng phức tạp. Qua phân tích số liệu nhiều năm ( $Q_{\max}$ ) có thể đưa ra một số nhận xét sau:

Sự dao động của chuỗi đỉnh lũ năm ( $Q_{\max}$ ) có tính chu kỳ rõ rệt, nhưng không ổn định. Nhóm năm nước lớn tiếp nhau năm nước nhỏ, số năm trong các nhóm cũng khác nhau, đặc biệt thể hiện rõ nhất là ở nhánh lên của chu kỳ nước lớn. Những nhận xét này cũng gần giống các kết luận của những nghiên cứu trước đây cho dòng chảy sông Hồng tại Hà Nội [1, 3, 4]. Chu kỳ lũn của chuỗi đỉnh lũ năm trên sông Đà tại Hòa Bình dao động trong khoảng 20 – 26 năm.

#### b) Sơ đồ dự báo

##### + Xác định trị số ban đầu của bộ tham số

— Giá trị ban đầu của chu kỳ cơ bản  $p$  được xác định bằng giới hạn dưới của chu kỳ dao động lớn ( $p_0 = 20$ ).

— Số điều hòa thành phần được xác định như giá trị trung bình của  $(N - p_0)$  lần dự báo thử.

$$m_1 = \frac{1}{N - p_0} \sum_{i=1}^{N-p_0} m_i, \quad (8)$$

Đối với chuỗi đỉnh lũ ( $Q_{\max}$ ) sông Đà – Hòa Bình ( $\bar{m}_1 = 6$ )

— Các trị số ban đầu của  $A_{i(k)}$  và  $B_{i(k)}$  (trong đó  $k$  biến đổi từ 1 đến  $\bar{m}_1$ ) trong phương trình (7) được xác định theo sơ đồ hình 1.

+ Thích nghi tham số

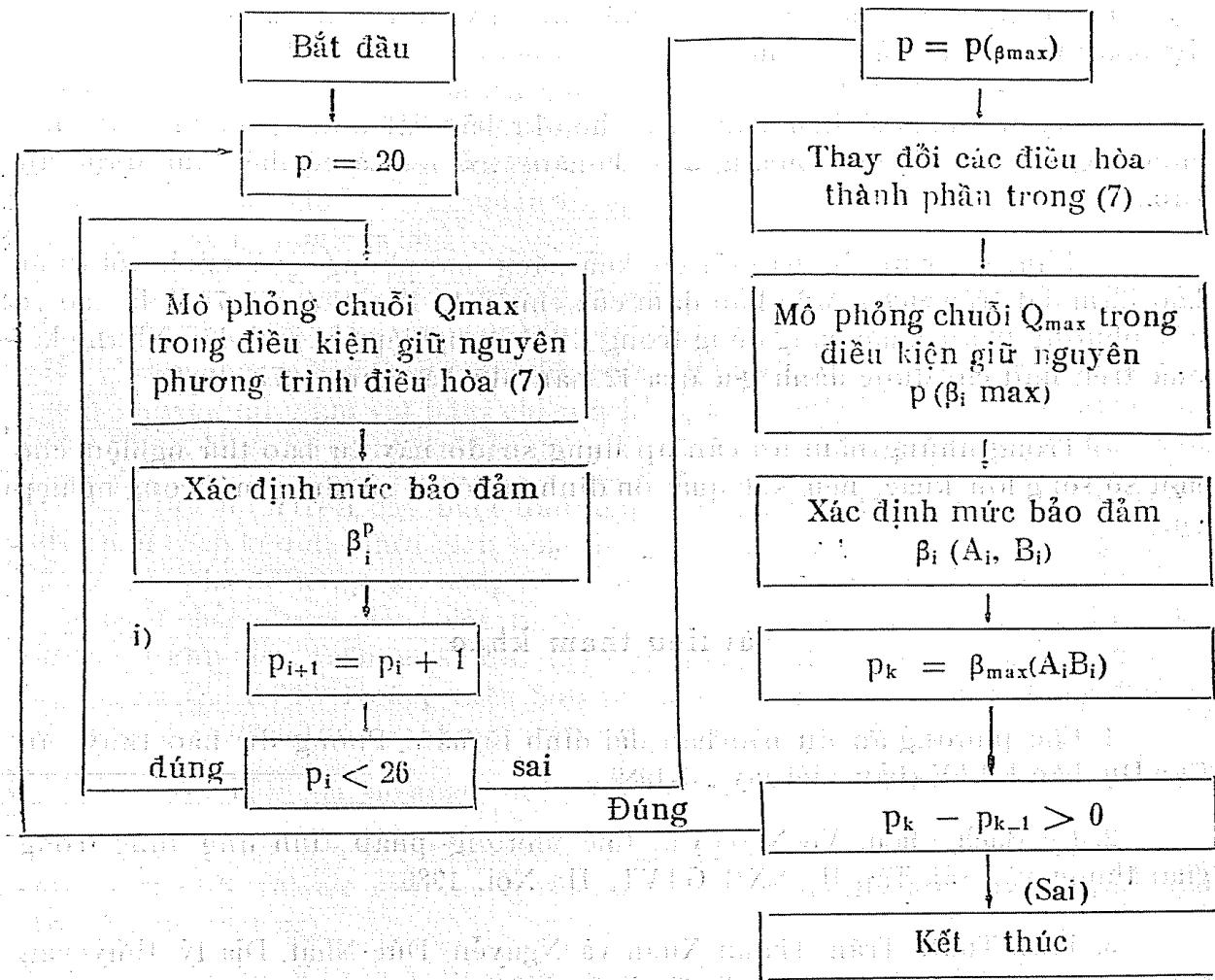
– Thay đổi dần giá trị của chu kỳ cơ bản ( $p$ ) từ 20 đến 26 để chọn lấy một giá trị tối ưu ứng với mức bảo đảm của phương án lớn nhất.

– Trên cơ sở chu kỳ cơ bản ( $p$ ) đã chọn được, loại ra và lấy vào (sàng lọc) các điều hòa thành phần trên nguyên tắc giữ nguyên số lượng điều hòa thành phần trong (7), sao cho mức bảo đảm của phương án cao nhất.

Việc thích nghi được tiến hành theo sơ đồ hình 2.

+ Dự báo

Theo phương trình (7) với bộ tham số đã được thích nghi ta tiến hành ngoại suy cho giá trị  $Q_{\max, t_0+1}$ . Trong đó  $t_0$  là thời điểm xuất phát dự báo.



Hình 2 – Sơ đồ thích nghi tham số

c) Kết quả thử nghiệm

Bằng cách trượt dần từ đầu chuỗi  $Q_{\max}$  (1956) với độ dài chuỗi phụ thuộc bằng độ dài chu kỳ cơ bản ( $p_0=20$ ), tạo ra chuỗi độc lập có độ dài là 12 năm. Ứng với mỗi năm dự báo thử chúng tôi có một bộ tham số thích nghi. Các

điều hòa thành phần được giữ ổn định trong tổng điều hòa (7) có chu kỳ tương ứng là 2, 6, 10. Các phương trình trên mô phỏng tương đối tốt chuỗi đỉnh lũ năm (Qmax). Mức bảo đảm trên các chuỗi phụ thuộc thường đạt trên 80%, cá biệt đạt 90%. Trong 12 lần dự báo thử nghiệm mức bảo đảm đạt 75%.

Chúng tôi cũng đã sử dụng sơ đồ dự báo này dự báo lưu lượng lớn nhất trong năm 1989 trên sông Đà-Hòa Bình, trị số dự báo là 9000m<sup>3</sup>/s.

### Kết luận

Sơ đồ dự báo đỉnh lũ năm (Qmax) trên sông Đà - Hòa Bình bằng phương pháp phân tích điều hòa có một số ưu nhược điểm sau:

– Khối lượng tính toán cho mỗi lần dự báo tương đối lớn, nên chỉ ứng dụng thuận tiện trên các máy tính. Đối với máy tính Comimador-64, một lần dự báo thử chiếm mất 15 phút.

– Sự đòi hỏi số liệu ban đầu cho dự báo rất đơn giản, chỉ cần một chuỗi (Qmax) có độ dài khoảng 28 – 30 năm trở lên là có thể làm được dự báo.

– Phương trình dự báo (7) có khả năng mô phỏng quá trình tốt (mức bảo đảm đạt trên 80%). Mức bảo đảm của chuỗi dự báo thử đạt 75% là cao so với phương pháp khác đang dùng trong dự báo nghiệp vụ hạn dài. Nhưng kết quả trên mới chỉ được đánh giá qua 12 năm dự báo thử (1977-1988).

– Trong những năm tới cần áp dụng sơ đồ này dự báo thử nghiệm cho một số sông lớn khác, nếu kết quả ổn định ta có thể sử dụng nó trong nghiệp vụ.

### Tài liệu tham khảo

1. Các phương án dự báo hạn dài đỉnh lũ năm. Phòng dự báo thủy văn Cục Dự báo KTTV (bản viết tay), 3-1989.
2. Lý Bách Chẩn, Vũ Ngọc Cử. Các phương pháp tính ứng dụng trong giao thông vận tải. Tập II, NXB GTVT, Hà Nội, 1986.
3. Trần Tuất, Trần Thành Xuân và Nguyễn Đức Nhật. Địa lý thủy văn sông ngòi Việt Nam. NXB KHKT, Hà Nội, 1987.
4. Tổng kết chuyên đề nghiên cứu đặc điểm thống kê toán lý của dòng chảy năm và dòng chảy lũ trên sông Hồng tại Hà Nội, Cục Thủy văn, Bộ Thủy lợi, 1970.
5. Rozdextvenxki A.B. Trebotarev A. I. Các phương pháp thống kê trong thủy văn. NXB KTTV, Leningrat, 1974 (tiếng Nga).