

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐƯỜNG QUAN HỆ MỰC NƯỚC LƯU LƯỢNG ỔN ĐỊNH VÙNG KHÔNG ẢNH HƯỞNG TRIỀU BẰNG HÀM SPLINE 3

PTS. Nguyễn Hữu Khải

KS. Lê Xuân Cầu

Trường cán bộ KTTV Hà Nội

Trong chỉnh biên tài liệu thủy văn, việc xác định quan hệ mực nước lưu lượng nước là rất quan trọng, nó liên quan chi phối tất cả các tính toán thủy văn sau này. Trong đó, đường $Q = f(H)$ được coi là ổn định nếu nó là quan hệ đơn nhất và phải cong trơn. Quy phạm quan trắc quy định : "Khi chấm các điểm thực đo lên biểu đồ ba yếu tố ta thấy các điểm phân bố trên hình vẽ thành một dải. Các điểm lưu lượng nước thực đo phân bố trên một dải hẹp, chiều rộng không quá 10% (so với đường trung bình) khi đo bằng lưu tốc kế và 10 - 20% khi đo bằng phao, các điểm phân bố cả bên trái lẫn bên phải đường quan hệ $Q = f(H)$ không theo một quy luật nào, như vậy quan hệ mực nước lưu lượng nước được coi là ổn định" (Tr 65) [1].

Trong [1] cũng quy định là đạo hàm bậc 2 của $Q = f(H)$ không âm tức là $\Delta Q / \Delta H$ không giảm. Khi chỉnh biên bằng tay (tức là bằng cách vẽ đồ thị) quy định này là cần thiết vì nó giúp cho việc kiểm tra khống chế xác định đường $Q = f(H)$. Tuy nhiên, trong thực tế các quá trình thủy văn rất phức tạp. Trong tự nhiên có trường hợp đường $Q = f(H)$ gần "ổn định" theo quy định trên. Khi $(\Delta^2 Q / \Delta H^2 < 0)$ nhưng giá trị tuyệt đối của nó nhỏ tức là đường cong $Q = f(H)$ hơi lõm thì quy định $\Delta Q / \Delta H$ không giảm, bắt buộc người chỉnh biên phải vẽ gượng ép đường cong theo các điểm thực đo và do đó một số điểm nằm xa đường về một phía nào đó. Nhiều khi thực tế là có vòng lũ nhưng rất hẹp, nếu ta không coi quan hệ này là vòng lũ thì quy định trên chỉ làm tăng thêm sai số khi xác định quan hệ $Q = f(H)$.Thêm vào đó, các tài liệu về chỉnh biên đường $Q = f(H)$ như HYMOS [2] hay HYDSYS [3] cũng không bắt buộc đường $Q = f(H)$ phải thỏa mãn điều kiện $(\Delta^2 Q / \Delta H^2 \geq 0)$ trên toàn khoảng dao động mực nước. Chúng tôi cho rằng phải tôn trọng các quy luật khách quan khi chưa có thể làm sáng tỏ các quy luật thì tốt nhất nên công nhận thực tế của nó.

I. Đánh giá sự phân tán và điều kiện đơn trị của $Q = f(H)$

Trước hết, sự phân tán quan hệ $Q = f(H)$ là do sai số đo lưu lượng. Nếu sai số này mang tính ngẫu nhiên khi quan hệ $Q = f(H)$ là đơn trị. Trong nhiều

trường hợp, khả năng thoát nước của sông bị ảnh hưởng của các yếu tố thủy lực và kích thước hình dạng mặt cắt, khi đó các điểm thực nghiệm (H, Q) sẽ làm quan hệ $Q = f(H)$ đa trị.

Sự phân tán quan hệ $Q = f(H)$ được đặc trưng bởi sai số quân phương sicma δ , nó được xác định bởi công thức sau [4]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{L-K} \sum_{i=1}^L \left(\frac{Q_0 - Q_1}{Q_1} \right)^2} \quad (1)$$

L - số điểm thực nghiệm (Q, H),

K - số tham số trong phương trình hồi quy,

Q_0, Q_1 - lưu lượng đo được và tính theo $Q = f(H)$.

Quan hệ $Q = f(H)$ là đơn trị nếu :

$$\sigma < \sigma_Q$$

ở đây σ_Q là sai số đo lưu lượng xác định bằng thống kê độc lập.

Sai số đo lưu lượng σ_Q bao gồm các sai số đo diện tích mặt cắt và đo vận tốc [4]

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{B}{N} (\sigma_f^2 + \sigma_v^2)^{1/2}}$$

σ_f, σ_v - sai số đo diện tích và sai số đo vận tốc

B - tham số phụ thuộc vào cấu trúc thủy lực của dòng nước và mức độ phân chia các đường thủy trực đo.

N - số các đường thủy trực.

Sai số xác định diện tích phụ thuộc vào sai số máy đo sâu và độ tin cậy của mốc trắc địa. Sai số đo vận tốc phụ thuộc số điểm đo trên đường thủy trực cùng với sai số máy lưu tốc. Trên cơ sở này người ta đưa ra khái niệm sai số cơ sở [4] để xác định σ_Q , đó là sai số quân phương đo lưu lượng trong điều kiện bình thường ở 1 trạm cho trước với đường thủy trực bằng 10. σ_Q đối với các sông khác nhau có giá trị khác nhau. Thực tế cũng thấy rõ ràng là σ_Q của sông có bãi bồi phải khác sông không có bãi bồi và đối với cả những sông có mặt cắt biến đổi cũng vậy. Lưu lượng nước trong sông phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Chúng ta xét dòng chảy trong tự nhiên, khi quan hệ $Q = f(H)$ là đơn trị có đường cong trơn biến đổi dần với bờ lồi hướng về phía trực mực nước. Độ cong lớn nhất của đường $Q = f(H)$ thường đạt ở mức trung bình. Độ thoái của đường $Q = f(H)$ ở phần nước cao phụ thuộc vào độ cong và độ nhám của bờ.

Đường cong $V = f(H)$ phức tạp hơn nhiều, nó có dạng cong trơn lồi về hướng trục nằm ngang (trục V), khi bờ sông không có cây và các điều kiện thủy lực không biến đổi đột ngột.

Những tính chất trên đây của đường $Q = f(H)$ không phải là bắt buộc với tất cả các sông trong tự nhiên, bởi vì dòng nước chảy trong sông phức tạp hơn nhiều. Khi nước tràn bờ (mặt cắt biến đổi) trực động lực dòng trên bãi bồi và dòng trong lòng dẫn sẽ tương tác lẫn nhau, các trực động lực này thường thay đổi theo mực nước. Khi nước tràn bờ là lúc xuất hiện các vòng xoáy chuyển động về phía dòng có vận tốc lớn hơn. Để những xoáy đó hình thành và làm cho một lượng nước trên bãi tràn chuyển dịch và đạt được vận tốc dòng trong sông, nó phải cần một năng lượng. Điều đó làm giảm khả năng thoát dòng khoảng 10%. Ngoài ra, các yếu tố kích thước, hình dạng của sông thay đổi theo chiều dài sông cũng tác động lên khả năng thoát dòng. Thật vậy, khi nước dâng nó sẽ chảy qua những điểm tràn ở phía dưới vùng bãi tràn tạo thành những dòng trên bãi tràn hướng ngược với hướng dòng trong sông và lấp dần các chỗ trũng trên bãi. Khi mực nước trên bãi tràn đạt giá trị trung bình, nó có thể chảy qua những điểm tràn, xuất hiện các dòng chảy chậm hoặc hầu như đứng yên. Khi mực nước trên bãi tràn đạt giá trị ở mức bão đảm 1% thì có thể xuất hiện hiệu ứng động học dòng trong lòng sông và trên bãi tràn. Khi nước xuống cũng tương tự. Trong tự nhiên, sự chênh lệch giữa độ dốc mặt nước khi nước lên và nước xuống rất nhỏ, nó nằm trong giới hạn độ chính xác đo đặc. Vì vậy, nếu vẫn coi đường cong $Q = f(H)$ là lồi trên toàn phạm vi dao động mực nước thì có thể dẫn tới một điều là một số các điểm đo được trong tự nhiên bị loại bỏ, trong khi chưa phân tích được đầy đủ các hiện tượng và làm sáng tỏ bản chất vật lý của nó.

Vậy khả năng thoát dòng phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có α là góc giữa trực động lực của dòng trong sông và dòng trên bãi tràn cũng như kích thước hình dạng của sông. Do đó, đường cong $Q = f(H)$ không thể bằng một phép toán đơn giản chứng minh nó phải bắt buộc lồi trong suốt phạm vi biến đổi của mực nước H. Điều đó cũng được chứng tỏ qua kết quả tính của chúng tôi.

II. Về xác định đường cong $Q = f(H)$ ổn định

Do điều kiện ($\Delta^2 Q / \Delta H^2 \geq 0$) ngày nay trong [2,4,5,7], người ta thường dùng các hàm sau để xác định gần đúng quan hệ $Q = f(H)$.

$$Q = a(H - H_0)^m \quad (2)$$

a, m - các tham số,

H_0 - mực nước ứng với lưu lượng bằng 0.

Hoặc

$$Q = a_0 + a_1 H + a_2 H^2 \quad (3)$$

a_0, a_1, a_2 - hệ số của phương trình hồi quy.

Trong [9] chúng tôi đã trình bày một số quan điểm về vấn đề này. Cả hai loại hàm trên không đạt yêu cầu $\sigma_{\text{sicma}} < 5\%$ trên toàn khoảng dao động của mực nước H. Do vậy, người ta chia biên độ dao động ra làm 2 hoặc 3 khoảng, trên mỗi khoảng gần đúng bằng hàm dạng (2) hoặc (3) sao cho $\sigma_{\text{sicma}} < 5\%$ và đạt được $\Delta^2 Q / \Delta H^2 \gg 0$. Tuy các hàm dạng (2) và (3) có ưu điểm là ít tham số và phần nào mang tính thủy lực, nhưng việc xác định H_0 còn có nhiều bàn cãi và kết quả phụ thuộc vào kinh nghiệm riêng của người sử dụng. Thêm nữa, sẽ có năm vấn đề đặt ra như sau:

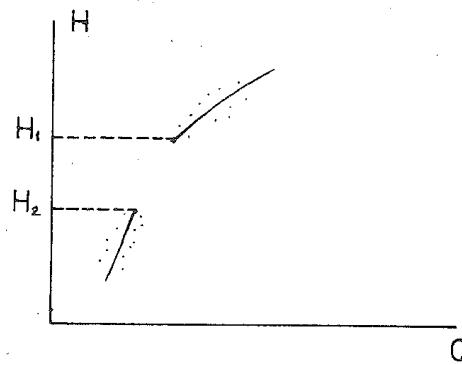
- 1- Điểm phân chia để nối các hàm đó ở đâu ?
- 2- Tại điểm phân chia hàm có liên tục và trơn trì đạo hàm bậc 2 không ?
- 3- Mức độ tin cậy của từng đoạn là như thế nào ?
- 4- Số đoạn chia là bao nhiêu ?
- 5- Liệu có thể giải quyết bài toán giảm điểm đo không ?

Chúng ta sẽ lần lượt xét các vấn đề đó

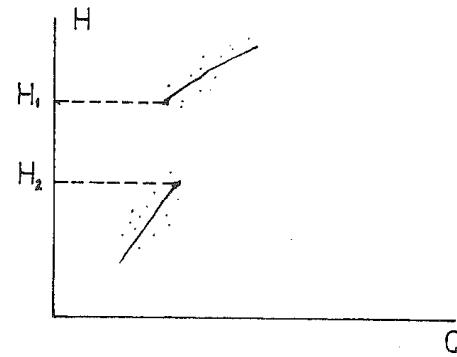
1. Về việc xác định điểm nối các hàm

a - Việc chọn điểm để nối hàm là rất khó khăn theo một quy tắc chung nào đó. Thực vậy, nếu lấy điểm để nối ở độ cao mà tại đó nước vượt qua bãi tràn thì theo [6] có những sông không phải như vậy mà nó còn nằm cao hơn một chút. Việc xác định H_0 và các đoạn phân chia không thống nhất.

b - Nếu từ hai dải điểm thực nghiệm của hai đoạn phân chia ta xác định hai đường cong mà chúng cắt nhau tại điểm nằm ngoài trường các điểm thực nghiệm thì việc chọn điểm chia để nối hai hàm trong khoảng này không đảm bảo khách quan. Nếu nối H_1 với H_2 bằng đường thẳng thì chỉ để thỏa mãn $\delta < 5\%$ (hình 1 và hình 2).



Hình 1



Hình 2

2- Tại điểm để nối các hàm thường gãy khúc và không trơn vì muốn liên tục thì đạo hàm bên trái phải bằng đạo hàm bên phải:

$$\left. \frac{dQ}{dH} \right|_- = \left. \frac{dQ}{dH} \right|_+ \quad (4)$$

Trong khi đó tính cong trơn là một yêu cầu quan trọng trong khi xác định các quan hệ hồi quy có dạng đường cong bằng các phương trình hay vẽ bằng tay. Không phải ngẫu nhiên mà khi chỉnh biên bằng tay người vẽ cố gắng vẽ đường cong sao cho trơn nhất, nếu nối các hàm (2) thì không thể trơn được.

3- Mức độ tin cậy của từng đường trong từng đoạn không cao

Thực vậy, số điểm thực nghiệm để xác định đường phia dưới là bao nhiêu? Và phia trên là bao nhiêu? Thường thì số điểm thực nghiệm này không nhiều nên độ tin cậy xác định đường sẽ không cao, khuynh hướng của đường dưới không phụ thuộc vào khuynh hướng của đường phia trên cho nên sẽ tùy tiện khi xác định các đường cong.

4- Việc chọn số đoạn phân chia là bao nhiêu cũng rất khó khăn vì không đơn giản là tăng số đoạn phân chia thì sai số quân phương nhỏ đi.

5- Cách làm trên khó có thể giải quyết được bài toán giảm số điểm khi xác định đường cong.

Do những tồn tại như vậy chúng tôi đề nghị dùng hàm spline 3 [7,8,9] để xác định đường hồi quy $Q = f(H)$ khách quan với độ tin cậy cao hơn. Các hàm spline 3 giải quyết được năm vấn đề tồn tại đã nêu ở trên về mặt lý thuyết cũng như được chứng tỏ bằng các kết quả khi xác định cho các đường cong $Q = f(H)$ tại một loạt các trạm thủy văn (Bảng 1). Các kết quả của chúng tôi được so sánh với kết quả chỉnh biên bằng tay, trong đó có sai số sicma δ , tổng âm dương, số điểm lệch âm dương và sai số lớn nhất trong bảng 1 là các kết quả tính sai số xác định đường $Q = f(H)$ theo 3 cách sau:

a. Theo tập chỉnh biên tài liệu thủy văn bằng thủ công đã duyệt của Cục KTDTCB - TC KTTV.

b. Theo hàm (2) do các chuyên gia của Cục KTDTCB tính toán.

c. Theo hàm hồi quy spline 3 của chúng tôi.

Chúng tôi xác định đường $Q = f(H)$ ổn định cho 23 trạm - năm trên 19 sông khác nhau theo số liệu của Cục KTDTCB cung cấp. Từ các kết quả nhận được rút ra những nhận xét sau:

1. Các đường $Q = f(H)$ được xác định bằng hàm spline 3 đều thỏa mãn các yêu cầu cơ bản:

a- Sai số quân phương nhỏ hơn 5% đối với hầu hết các trạm. Tại một số trạm (Thác Bưởi, 1981, KonTum, 1989) nếu ta xác định $Q = f(H)$ theo tất cả các điểm thực đo thì có $5\% \leq \delta \leq 10\%$. Ở một số trạm sai số lớn nhất tính theo hàm spline 3 lớn hơn chỉnh biên bằng tay. Đó là do khi tính chúng tôi đã lấy tất cả những điểm thực đo. Nếu bỏ bớt một số điểm như trong chỉnh biên thủ công đã làm thì kết quả nhận được bằng spline 3 sẽ tương đương với kết quả tính bằng thủ công (bảng 1).

Bảng 1. Bảng so sánh kết quả tính sai số đường Q = f (H)

STT	Sông tram	năm	Spline 3				a (H-Ho) ^m				Theo TLCB thủy văn Cục KTDTCB			
			$\sigma\%$	$\Sigma\pm$	n/n_+	Max $\Delta Q/Q\%$	$\sigma\%$	$\Sigma\pm$	n/n_+	Max $\Delta Q/Q\%$	$\sigma\%$	$\Sigma\pm$	n/n_+	Max $\Delta Q/Q\%$
1	Daknông	1986	3,73	0,03	17/16	8,11	8,53	4,0	19/14	15,9	3,52	3,0	15/16	6,87
	Daknông	1989	1,67	0,006	16/15	-4,15	6,51	-0,7	16/15	18,3	1,34	2,9	14/11	4,1
2	EaKrông	1982	3,15	0,0004	16/15	-7,94	3,36	9,4	13/18	-7,69	3,24	-2,22	14/15	-8,22
	Cầu 14	1987					1,29	1,0	13/17	3,66	1,07	1,04	9/10	3,66
3	Tiên Yên	1989	3,28	-0,07	17/20	-8,74	3,59	-10,8	15/22	-9,57		0,22	19/17	3,81
	Bình Liêu													
4	Cầu	1981	8,72	0,15	18/18	34,0	7,78	-4,0	20/17	34,7	4,42	1,53	17/17	10,0
	Thác Bưởi	1982	4,36	0,039	15/19	-11,38	4,16	6,2	16/19	-12,25	3,39	-3,56	17/15	-8,57
5	Đà	1981	3,38	0,047	24/27	7,8	3,1	5,76	26/26	7,5	2,97	2,16	24/24	6,66
	Lai Châu	1986	2,03	0,02	23/20	4,5	2,01	5,2	22/22	-4,5	2,02	0,30	21/19	4,6
6	Nậm Mức	1985	2,2	-0,009	21/25	7,99					1,88	0,43	21/23	5,92
	Nậm Mức	1986	3,37	0,04	14/16	6,10								
7	Krông Kno	1986	3,35	0,01	26/24	9,58	6,55	4,30	29/22	12,6	2,92	4,79	24/23	-6,13
	Đức Xuyên	1987					3,33	0,36	22/20	9,18				
8	Chu	1989	3,60	0,03	28/32	7,77	4,30	-3,70	30/30	13,27	3,36	-1,33	28/29	-6,47
	Cửa Đạt													
9	Nghĩa Đô	1989	2,99	0,009	14/19	6,28	4,20	-6,2	19/14	-8,91	2,77	-0,05	14/15	-5,29
	Vĩnh Yên													
10	Hiếu	1989	3,77	0,002	19/18	11,31	3,75	2,9	18/19	10,62	4,01	8,36	18/17	12,72
	Quỳ Châu													
11	Krông Ana	1986	3,90	0,023	18/19	12,97	8,8	17,0	23/15	21,89	2,59	0,301	13/12	7,57
	Giang Sơn													
12	Nậm Nưa	1981	3,82	0,006	23/23	9,11	4,47	-2,30	23/23	-9,1	3,41	0,24	20/22	-8,52
	Bản Yên	1987					4,49	-1,89	16/20	-12,2				
13	Bến Hải	1989	8,65	0,001	18/15	23,4	9,39	7,4	17/16	16,67	5,51	15,1	13/13	17,2
	Gia Vòng													
14	Lô	1989	4,41	0,04	23/22	-11,6	4,27	17,3	21/24	-10,0	3,82	0,06	21/20	8,03
	Đạo Đức													
15	Bé	1989	3,17	-0,003	34/27	10,2	3,11	-5,0	31/30	9,48	4,40	19,0	27/28	24,4
	Phước Long													
16	Serepoc	1985	3,14	-0,003	17/15	7,5	3,52	-6,4	17/16	9,04	3,21	5,79	16/15	8,48
	Bản Đôn	1986					4,79	-1,80	14/11	-9,0				
17	Dakbla	1989	6,43	0,016	12/14	12,06	6,25	2,6	13/13	11,4	5,94	1,26	11/11	10,7
	Kon Tum	1989	5,27	0,003	11/13	8,0								
18	Tài Chi	1989	5,29	0,03	12/15	18,82	17,1	-83,0	14/14		1,55	1,19	8/9	3,92
	Tài Chi													
19	Tá Trạch	1989	6,46	4,23	23/18	-27,0					5,12	-3,5	21/20	16,4
	Thượng Nhật													

- b. Tính cong trơn thể hiện bằng đồ thị.
- c. Số các điểm lệch âm và lệch dương gần bằng không chứng tỏ đường cong đi qua trung tâm trường các điểm.
- e. Sai số lớn nhất khi xác định spline 3 cùng đại lượng với sai số lớn nhất xác định bằng thủ công.
- f. Các bảng khai toán theo spline 3 tương đương với các bảng khai toán bằng thủ công thể hiện ở chỗ nếu tính lưu lượng trung bình tháng hoặc năm theo hai bảng khai toán trên thì chúng sẽ lệch trong khoảng cho phép.

g. Bảo đảm tính khách quan của kết quả tính. Kết quả nhận được là như nhau, ít phụ thuộc vào kinh nghiệm của từng người sử dụng.

2. Các đường $Q = f(H)$ được xác định bằng thủ công có những tồn tại sau:

a. Tổng sai số âm dương lớn hơn rất nhiều so với kết quả theo spline3. Điều đó chứng tỏ đường cong không đi qua trung tâm các điểm thực nghiệm tốt nhất.

b. Vì quy định đường $Q = f(H)$ phải lồi nên khi chỉnh biên phải bỏ một số điểm thực nghiệm.

c. Tính khách quan không cao.

3. Các đường $Q = f(H)$ được xác định theo (2) cho những kết quả sau:

a. Chỉ tiêu về σ theo (2) thường kém hơn một chút so với spline 3, tuy nhiên, tại các trạm Đăk Nông, 1989, Vĩnh Yên, 1989- kết quả theo spline 3 tốt hơn hẳn.

b. Các kết quả nhận được như tổng sai số âm dương ở hầu hết các trạm và sai số lớn nhất tại một số trạm kém hơn kết quả theo spline3, đặc biệt như tại các trạm Đăk Nông, 1989, Cửa Đạt, 1989.

c. Các kết quả sẽ cho bảng khai toán với ΔQ không giảm nhưng mức độ xác định sẽ không cao vì không có một nguyên tắc thống nhất khi xác định các tham số của (2).

4. Khi khai toán bằng spline 3 thì cũng có một số bảng khai toán cho thấy $\Delta^2 Q / \Delta H^2 \leq 0$ ở một khoảng mực nước nào đó nhưng giá trị tuyệt đối của nó tương đối nhỏ. Chúng tôi cho rằng điều đó hoàn toàn hợp với tự nhiên. Đường $Q = f(H)$ hơi lõm trên một khoảng mực nước khi khai toán cũng trùng hợp với các kết quả của HYMOS và HYDSYS. Như vậy, thấy rằng nếu không quy định bắt buộc đường cong phải lồi trên toàn bộ phạm vi dao động mực nước thì điều đó có thể chấp nhận được.

Trên đây là một số kết quả mà chúng tôi nhận được khi nghiên cứu xác định đường cong $Q=f(H)$ ổn định. Các kết quả đó chứng tỏ tính hiệu quả của hàm spline3 trong chỉnh biên đường $Q=f(H)$. Chúng tôi đề nghị xét lại tiêu chuẩn đường cong $Q=f(H)$ của các trạm ổn định vùng không ảnh hưởng triều phái lồi trên toàn phạm vi dao động của mực nước. Song để sửa đổi qui phạm cần được sự đóng góp ý kiến của các chuyên gia. Còn về

lý thuyết và thực tế chúng tôi cho rằng các kết quả nhận được bằng spline3 có độ tin cậy cao và hoàn toàn khách quan.

Tài liệu tham khảo

1. Quy phạm quan trắc lưu lượng nước sông lớn và sông vừa vùng sông không ảnh hưởng triều. 94 TCN 3-90
2. Mekong secretariat.Hymos. Delft Hydraulic. 1989.
3. Hydsys Pty Ltd. Hydsys. Product and services overseas Edition. Australian,1993.
4. Karaxev I.F. Đo đạc thủy văn sông ngòi và tính toán tài nguyên nước. NXB KTTV, Leningrat, 1980. (Tiếng Nga).
5. Karaxev I.F., Sumkov I.G. Đo đạc thủy văn. NXB KTTV, Leningrat, 1985. (Tiếng Nga).
6. Stastarosolszky O. Applied surfase hydrology. Research centre for water resources Development VITUKI, Budapest, Hungary. Water resources publication. 1987.
7. Constanchinov A.P. Ứng dụng spline và phương pháp độ lệch dư trong KTTV. NXB KTTV, Leningrat, 1983. (Tiếng Nga).
8. Schoenberg I.J. Spline function and the problem of graduation. Pro. Nat. USA.1964.
9. Nguyễn Hữu Hải, Lê Xuân Cầu. Ứng dụng hàm spline để xử lý các quan hệ tương quan trong khí tượng thủy văn. Tập san Khí tượng Thủy văn 10(406)/1994.