

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN TRONG DỰ BÁO LŨ SÔNG CẦU

ThS. Trần Bích Liên

Trung tâm quốc gia dự báo KTTV

Sông Cầu là con sông lớn nhất trong hệ thống sông Thái Bình chảy qua nhiều trung tâm kinh tế chính trị quan trọng, nhiều vùng dân cư đông đúc đặc biệt ở vùng hạ lưu. Hàng năm vào mùa lũ công tác dự báo lũ phòng chống lũ lụt được đặt lên hàng đầu. Việc nâng cao độ chính xác và kéo dài thời gian dự kiến trong dự báo lũ là yêu cầu cấp bách của thực tế.

Bài này tập trung trình bày công nghệ dự báo lũ sông Cầu nhằm kéo dài thời gian dự kiến cho Phả Lại góp phần chống lũ lụt cho hạ du hệ thống sông Thái Bình.

1. Khái quát các hình thế thời tiết gây mưa, lũ ở thượng lưu sông Cầu

Đã sử dụng số liệu mưa lũ của 38 trận lũ thời kỳ 1962 - 1992 để nghiên cứu tình hình thời tiết - mưa - lũ ở thượng lưu sông Cầu.

a. Sự phân bố các đợt mưa

Trong số 38 đợt mưa xảy ra trên lưu vực, trong tháng VII và tháng VIII xảy ra nhiều nhất (bảng 1): 12 đợt, sau đó đến tháng IX.

Bảng 1. Sự phân bố các đợt mưa theo cấp lượng mưa trong các tháng mùa lũ ở thượng lưu sông Cầu 1962-1992

Lượng mưa (mm)	Tháng VI	Tháng VII	Tháng VIII	Tháng IX	Tháng X	Tổng số đợt
< 50	0	1	1	1	0	3
50 — 100	2	3	6	5	1	17
100 — 200	3	7	3	0	0	13
200 — 300	0	0	2	1	1	4
> 300	0	1	0	0	0	1
Tổng số đợt	5	12	12	7	2	38

Cấp mưa 50 - 100 mm xảy ra nhiều hơn cả (17 đợt), rồi đến cấp mưa 100 - 200 mm (13 đợt). Những trận mưa lớn 200 - 300 mm (4 đợt) và đặc biệt lớn (> 300 mm) xảy ra không nhiều. Trong 38 đợt chỉ có một đợt mưa ở cấp > 300 mm (với $X_{TBLV} = 326$ mm ngày 1-VIII-1983). Những trận mưa lớn hơn 150 mm thường gây lũ lớn trên thượng lưu sông Cầu.

b. Phân loại hình thế gây mưa lũ ở thượng lưu sông Cầu

Chế độ mưa gây lũ trên lưu vực sông Cầu có liên quan mật thiết với các hoạt động của các loại hình thế thời tiết: bão, áp thấp nhiệt đới chiếm 45%; không khí lạnh 28,6%, xoáy thấp 9,6%, cao áp Thái Bình Dương 7,2%, rãnh thấp nóng 4,8%, dải hội tụ nhiệt đới 4,8% (bảng 2).

Bảng 2. Tần suất xuất hiện các hình thể gây mưa lũ trên sông Cầu

Các hình thể thời tiết.	Tần suất, %					Tổng số
	Tháng VI	Tháng VII	Tháng VIII	Tháng IX	Tháng X	
Bão, ATNĐ	7,1	19,0	9,5	7,1	2,4	45,0
KK Lạnh	9,5	9,5	2,4	4,8	2,4	28,6
Xoáy thấp	0	4,8	2,4	2,4	0	9,6
CATBD	0	2,4	4,8	0	0	7,2
RTN	0	2,4	2,4	0	0	4,8
DHTNĐ	0	0	2,4	2,4	0	4,8
Tổng số	16,6	38,1	23,9	16,7	4,8	100,0

2. Ứng dụng mô hình TANK vào dự báo lũ sông Cầu

Trước đây đã có nghiên cứu ứng dụng mô hình TANK để tính toán lũ cho Trạm Thái Nguyên - sông Cầu. Để hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình đã chọn một số trận lũ và hiệu chỉnh cho từng trận lũ một. Mỗi trận lũ riêng biệt như vậy có mức độ trữ nước trước lũ trên lưu vực khác nhau. Việc lựa chọn các thông số để mô tả độ ẩm này khó chính xác. Khi tính toán dự báo kiểm tra dùng bộ thông số với các giá trị trung bình, dẫn đến kết quả tính toán có sai số lớn.

Trong nghiên cứu này không tính riêng từng trận lũ mà tính liên tục cho 3 tháng mùa lũ, làm như vậy tránh được sai số do chọn thông số mô tả độ ẩm lưu vực của các con lũ giữa và cuối mùa lũ. Việc mô tả độ ẩm lưu vực ở con lũ đầu mùa dễ dàng hơn vì trước đó là mùa khô. Đã chọn 2 năm 1995 và 1996 để tính toán dò tìm thông số.

Trong liệt số liệu trên có đầy đủ các đợt lũ ở mức lớn, trung bình và nhỏ.

Lượng mưa

Chọn lượng mưa 6h của các trạm Bắc Cạn, Chợ Mới, Chợ Chu, Thái Nguyên là các trạm có số liệu điện báo về Trung tâm Quốc gia Dự báo KTTV. Bắc Cạn là trạm nằm ở thượng nguồn trên sông nhánh đổ vào sông Cầu phía trên Trạm thủy văn Chợ Mới.

Bốc hơi

Thu thập số liệu bốc hơi mặt đất trung bình nhiều năm quan trắc tại Trạm khí tượng Thái Nguyên, chia đều ta được bốc hơi thời đoạn 6h cho từng tháng.

	VI	VII	VIII	IX
Bốc hơi tháng (mm)	94,6	93,5	77,8	84,2
Bốc hơi 6h (mm)	0,8	0,75	0,63	0,7

Tương tự đối với trạm Bắc Cạn

	VI	VII	VIII	IX
Bốc hơi tháng (mm)	66,5	61,3	55,8	61,1
Bốc hơi 6h (mm)	0,55	0,50	0,45	0,51

Một số nhận xét trong việc ứng dụng mô hình TANK

- Đã ứng dụng mô hình TANK đơn có 4 bể chứa với 32 thông số trong đó bể A có 16 thông số, bể B, C, D có 12 thông số, bể CH có 4 thông số. Các thông số của mô hình được hiệu chỉnh bằng liệt số liệu 3 tháng VI, VII, VIII năm 1995 và 1996.

- Kết quả mô phỏng lũ trên liệt số liệu phụ thuộc được đánh giá là đạt yêu cầu với chỉ tiêu chất lượng Nash 74%.

- Kết quả tính toán thử nghiệm trên liệt số liệu độc lập cho 2 tháng VI, VII năm 1999 cho kết quả tốt với chỉ tiêu chất lượng Nash 85%.

- Với bộ thông số đã hiệu chỉnh cho lưu vực Trạm Thái Nguyên - sông Cầu, mô hình có thể ứng dụng trong nghiệp vụ dự báo quá trình lũ Trạm Thái nguyên với thời gian dự kiến là 6h. Với thời gian dự kiến là 12h hoặc 18h phải dùng lượng mưa dự báo 6h và 12h.

3. Ứng dụng mô hình tương quan trong dự báo lũ sông Cầu

Trên cơ sở phương pháp mực nước tương ứng và phương pháp hồi qui bội đã xây dựng phương trình dự báo mực nước Trạm Thái Nguyên và Trạm Đáp Cầu - s.Cầu.

Phương pháp dự báo mực nước tương ứng được quy về hai vấn đề cơ bản:

- Xác định thời gian truyền lũ τ
- Lập quan hệ mực nước tương ứng trạm trên - trạm dưới, nghĩa là tìm mối quan hệ:

$$H_{\text{dưới}}, t + \tau = f(H_{\text{trên}}, t).$$

Phương pháp hồi qui bội

Đã sử dụng phương pháp hồi qui bội để xây dựng các quan hệ mực nước tương ứng giữa trạm trên và trạm dưới. Những mối quan hệ này được coi là tuyến tính và được biểu diễn dưới dạng phương trình hồi qui:

$$H_{t+\tau} = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j X_{j,t} + \varepsilon_j \quad (3.1)$$

Trong đó: a_j ($j = 0 - m$): Các tham số chưa biết,

ε_j : Sai số ngẫu nhiên,

$H_{t+\tau}$: Yếu tố cần dự báo, biểu diễn mực nước ở trạm dưới tại thời điểm $(t + \tau)$,

$X_{j,t}$: Các nhân tố ảnh hưởng $X_{1,t}$, H_t : mực nước trạm dưới ở thời điểm dự báo t ,

t : Thời điểm phát báo,

τ : Thời gian dự kiến.

Dựa trên tập số liệu thực đo của yếu tố dự báo và các nhân tố ảnh hưởng đến yếu tố dự báo để xác định các hệ số a_0, a_j bằng phương pháp tối thiểu hàm mục tiêu.

a. Xây dựng các phương trình dự báo

Xét sự truyền lũ trên đoạn sông:

Để xây dựng phương trình dự báo cho Trạm Thái Nguyên-sông Cầu cần nghiên cứu sự truyền lũ của các trạm ở thượng nguồn sông về đến Trạm Thái Nguyên.

Dựa vào kết quả phân tích qui luật truyền lũ (theo phương pháp điểm đặc trưng) trên từng đoạn sông và kiểm tra bằng hệ số tương quan đã nhận được thời gian truyền lũ trên các đoạn sông như sau:

Bảng 3. Thời gian truyền lũ trên từng đoạn sông

Sông	Đoạn sông	Chiều dài (km)	Thời gian truyền lũ (h)
Cầu	Th.Riêng- Thái Nguyên	78	12
	Bắc Cạn-Thái Nguyên	98	12 -18
	Chợ Chu-Thái Nguyên	74	12
	Chợ Mới-Thái Nguyên	41	6

Từ bảng 3 cho thấy thời gian chảy truyền từ Thác Riêng, Chợ Mới về Thái Nguyên 6 - 12h, như vậy chúng ta chỉ có thể xây dựng phương trình dự báo mực nước Thái Nguyên khi biết mực nước Chợ Mới, Thác Riêng với thời gian dự kiến 6 - 12h.

Xây dựng các phương trình dự báo:

- Trước tiên dùng mô hình hồi qui để đánh giá mức độ tương quan giữa yếu tố cần dự báo là mực nước Thái Nguyên với các yếu tố ảnh hưởng như mực nước Thác Riêng, Chợ Mới, mưa Bắc Cạn, Chợ Mới, Chợ Chu, Thái Nguyên với các thời gian chảy truyền khác nhau, từ đó tìm ra những yếu tố ảnh hưởng chính đưa vào phương trình dự báo
- Sau đó dùng mô hình hồi qui để xác định các hệ hồi qui của phương trình dự báo. Kết quả trong bảng 4 và 5 cho thấy:
- Hệ số tương quan giữa liệt mực nước Trạm Thái Nguyên tại thời điểm t với liệt mực nước H_{TN} và H_{CM} lệch một thời đoạn 6h khá chặt: 0,96 và 0,9; với liệt H_{TN} và H_{CM} lệch 2 thời đoạn 12h là 0,88 và 0,87.

Bảng 4. Hệ số tương quan giữa mực nước Trạm Thái Nguyên với các yếu tố mực nước và mưa theo thời gian chảy truyền

		H_{TN}^{t-6}	H_{TN}^{t-12}	H_{CM}^{t-6}	H_{CM}^{t-12}	X_{t-18}^{BC}	X_{t-12}^{BC}
Năm 1995	H_{TN}^t	0,96	0,88	0,91	0,88	0,28	0,24
Năm 1996	H_{TN}^t	0,96	0,88	0,9	0,86	0,3	0,3
		X_{t-12}^{CM}	X_{t-6}^{CM}	X_{t-12}^{CC}	X_{t-6}^{CC}	X_{t-6}^{TN}	X_t^{TN}
Năm 1995	H_{TN}^t	0,47	0,38	0,31	0,24	0,18	0,29
Năm 1996	H_{TN}^t	0,38	0,29	0,26	0,17	0,28	0,2

Bảng 5. Hệ số tương quan giữa mực nước Trạm Chợ Mới với các yếu tố mực nước và lưu lượng

	H_{t-6}^{CM}	H_{t-12}^{CM}	Q_{t-6}^{BC}	Q_{t-12}^{BC}	X_{t-6}^{BC}	X_{t-12}^{BC}	H_{t-6}^{TR}
H_{t-6}^{CM} năm 1995	0,89	0,76	0,65	0,56	0,34	0,36	0,90
H_{t-6}^{CM} năm 1996	0,9	0,79	0,68	0,61	0,35	0,37	0,91

Hệ số tương quan giữa mực nước Trạm Thái Nguyên với lượng mưa các trạm thượng nguồn đều nhỏ, nhỏ hơn 0,3, chỉ có hệ số tương quan với Trạm Chợ Mới là cao hơn cả 0,38 - 0,47.

Điều đó khẳng định sự tương quan chặt chẽ giữa mực nước Trạm Thái Nguyên và mực nước, lượng mưa Trạm Chợ Mới:

- a) *Xây dựng phương trình dự báo mực nước Thái Nguyên với thời gian dự kiến $\tau = 6h$.* Dùng mô hình hồi qui ta xây dựng được các phương trình dự báo H^{TN}_{t+6} (bảng 6).

Phương trình dự báo gồm các thành phần sau:

- Lượng nước hiện có trong đoạn sông: đại biểu là mực nước Trạm Thái Nguyên (H^{TN}) tại thời điểm phát báo t.
- Lượng nước từ thượng nguồn sẽ bổ sung vào đoạn sông: đại biểu bằng mực nước Trạm Chợ Mới (H^{CM}) tại thời điểm phát báo t.

Chỉ tiêu chất lượng s/ σ của phương trình dự báo nhỏ hơn 0,3, đạt loại tốt. Các hệ số của phương trình khá ổn định qua các năm tính.

- b) *Xây dựng phương trình dự báo mực nước Thái Nguyên với thời gian dự kiến $\tau = 12 h$*

Phương trình dự báo gồm các thành phần sau:

- Lượng nước hiện có trong đoạn sông: đại biểu là mực nước Trạm Thái Nguyên (H^{TN}_t) tại thời điểm phát báo t.
- Lượng nước từ thượng nguồn sẽ bổ sung vào đoạn sông: đại biểu bằng mực nước trạm Chợ Mới (H^{CM}_t) tại thời điểm phát báo t.
- Lượng gia nhập trong thời gian dự kiến: lượng mưa của các Trạm Bắc Cạn, Chợ Mới, Chợ Chu, Thái Nguyên trong thời gian dự kiến theo thời gian chảy truyền.

Bảng 6. Phương trình dự báo Trạm Thái Nguyên - sông Cầu

Thời gian dự kiến	Phương trình dự báo	Chỉ tiêu chất lượng s/ σ	Mức đảm bảo P %
$\tau = 6 h$	$H^{TN}_{t+6} = 617 + 0,69 H^{TN}_t + 0,36 H^{CM}_t$	0,24	78
$\tau = 12 h$	$H^{TN}_{t+12} = 932 + 0,55 H^{TN}_t + 0,36 H^{CM}_t + 0,84 X^{BC}_{t-6} + 1,4 X^{CM}_t + 0,68 X^{CC}_t + 1,2 X^{TN}_{t+6}$	0,33	82

Chỉ tiêu chất lượng s/ σ của phương trình dự báo đều đạt yêu cầu, dao động từ 0,33 đến 0,35.

- c) *Xây dựng phương trình dự báo mực nước Trạm Chợ Mới với thời gian dự kiến $\tau = 6 h$.*

Dùng mô hình hồi qui ta xây dựng được các phương trình dự báo H^{CM}_{t+6} (bảng 7).

Phương trình dự báo gồm các thành phần:

- Lượng nước trữ tại trạm dự báo: mực nước Trạm Chợ Mới (H^{CM}) tại thời điểm phát báo.
- Lượng nước thượng nguồn: lưu lượng Trạm Bắc Cạn (Q^{BC}) tại thời điểm phát báo, Mực nước Trạm Thác Riềng (H^{THR}) tại thời điểm phát báo.

Bảng 7. Phương trình dự báo Trạm Chợ Mới - sông Cầu ($\tau = 6$ h)

Năm	Phương trình dự báo	Chỉ tiêu chất lượng s/σ	Mức đảm bảo P %
1995-96	$H_{t+6}^{CM} = 24 + 0,81 H_t^{CM} + 0,47 Q_t^{BC}$ $H_{t+6}^{CM} = 4 + 0,31 H_t^{CM} + 0,98 H_t^{THR} + 0,31 X_{t,6}^{BC}$	0,44 0,32	79 89

Qua bảng 7 ta thấy: các hệ số của phương trình dự báo khá ổn định và chỉ tiêu chất lượng s/σ của phương trình dự báo nhỏ hơn 0,5 đạt yêu cầu.

b. Kết quả mô phỏng mực nước Thái Nguyên bằng phương trình hồi qui bội

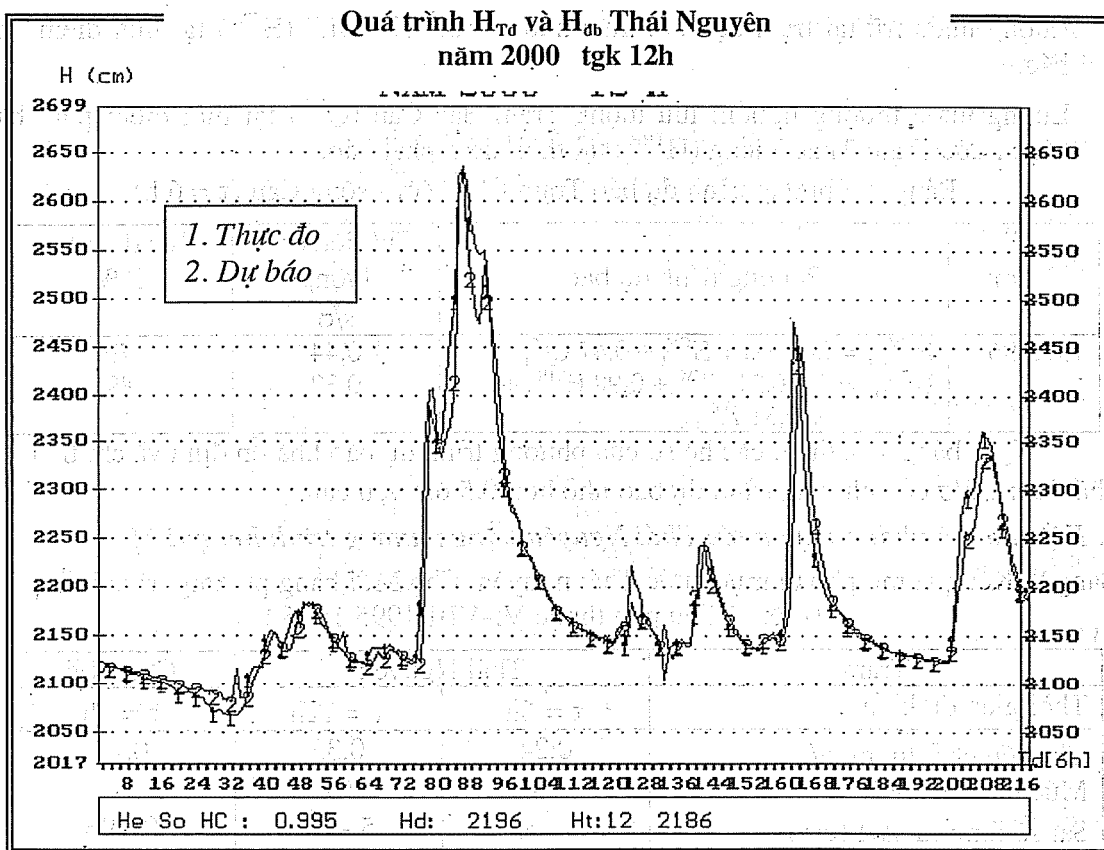
Bảng 8. Kết quả mô phỏng mực nước Thái nguyên, Chợ Mới bằng phương trình hồi qui (Liệt số liệu phụ thuộc VI-VIII/1995,1996)

Trạm	Thái Nguyên		Chợ Mới
Thời gian dự kiến	$\tau = 6h$	$\tau = 12h$	$\tau = 6h$
Chỉ tiêu chất lượng S/σ	0,24	0,33	0,44
Mức đảm bảo P%	78	82	79
Sai số đỉnh lũ ΔH (cm)	1 - 35	5 - 80	0 - 96
Sai số đỉnh lũ TB ΔH_{TB} (cm)	15	43	23

c. Kết quả dự báo thử nghiệm mực nước Thái Nguyên bằng phương trình hồi qui

Bảng 9. Kết quả dự báo thử nghiệm mực nước Thái Nguyên - sông Cầu năm 1999, 2000 bằng phương trình hồi qui

Thời gian dự kiến	$\tau = 6h$	$\tau = 12h$	$\tau = 18h$
Mức đảm bảo P% 1999	92	87	84
2000	85	87	81
S.số đ.lũ ΔH (cm) 1999	4 — 24	5 - 35	8 — 46
2000	4 — 13	12 - 28	8 — 35
S.số đ.lũ TB ΔH_{TB} (cm) 1999	16	21	28
2000	9	22	29



Bảng 10. Kết quả dự báo đỉnh lũ Trạm Thái Nguyên- sông Cầu năm 2000
bằng phương trình hồi qui

TT	Thời gian Thời gian dự kiến	H_{db}^{max} (cm)	H_{Td}^{max} (cm)	Sai số (cm)
1	$\tau = 6h$	2626	2635	-9
2	13h/22/VII $\tau = 12h$	2613	2635	-22
3	$\tau = 18h$	2600	2635	-35

Từ những kết quả nghiên cứu và thử nghiệm có thể rút ra những nhận xét sau.

Chọn phương pháp tương quan - mực nước tương ứng cho phép khai thác hết các thông tin nhận được trong mùa lũ. Kết quả dự báo thử nghiệm trong mùa lũ 1999, 2000 cho thấy đều đạt yêu cầu, mức đảm bảo đạt 81 - 92%. Các phương trình hồi qui nhiều biến trên có thể ứng dụng trong nghiệp vụ dự báo quá trình lũ Trạm Thái Nguyên với thời gian dự kiến 6giờ, 12giờ, 18giờ.

4. Xây dựng chương trình tính toán điều khiển quá trình dự báo lũ sông Cầu

Các chương trình tính toán dự báo mực nước Chợ Mới với thời gian dự kiến 6h, dự báo mực nước Thái Nguyên với thời gian dự kiến 6h, 12h và 18h được viết bằng ngôn ngữ Quick basic, đó là các chương trình DBCM.bas, DBTN.bas, DBTN 12.bas

Trên cơ sở có các chương trình tính toán dự báo, các chương trình vẽ, hiệu chỉnh dự báo và một số chương trình phụ trợ khác đã xây dựng chương trình điều khiển quá trình dự báo lũ sông Cầu.

Menu "Dự báo lũ sông Cầu" bao gồm các mục sau:

- ◆ Dự báo mực nước Trạm Thái Nguyên,
- ◆ Dự báo mực nước Trạm Đáp Cầu,
- ◆ Kết thúc.

Trong đó:

Lựa chọn 1: Dự báo mực nước Thái Nguyên theo 2 mô hình:

- Mô hình TANK
- Mô hình hồi qui - "Dự báo Chợ Mới"
- "Dự báo Thái Nguyên"

Thứ tự thực hiện trong menu con như sau:

- ◆ Chuẩn bị số liệu,
- ◆ Chạy chương trình dự báo,
- ◆ Hiệu chỉnh mực nước dự báo,
- ◆ In kết quả dự báo.

Một số nhận xét

- Các kết quả nghiên cứu trên đã được ứng dụng dự báo thử nghiệm cho 2 mùa lũ 1999, 2000 cho kết quả khả quan, đáp ứng được yêu cầu của dự báo nghiệp vụ.
- Chương trình điều khiển quá trình dự báo lũ sông Cầu biểu diễn dưới dạng Menu, thứ tự thực hiện rõ ràng. Menu dễ sử dụng thuận tiện trong dự báo tác nghiệp, tránh được sai sót và giảm thời gian thao tác, góp phần hiện đại hoá công tác dự báo lũ.

Tài liệu tham khảo

1. Đặng Văn Bảng. Giáo trình Dự báo thủy văn. - Trường Đại học Thủy lợi. Hà Nội, 1998.
2. Nguyễn Lan Châu, Trần Bích Liên, Nguyễn Nội. Xây dựng công nghệ dự báo lũ sông Thái Bình bằng mô hình hồi quy nhiều biến. - Chương trình tiến bộ kỹ thuật thuộc Cục Dự báo KTTV. Hà Nội, 1993.
3. Nguyễn Lan Châu - Trần Bích Liên. Ứng dụng một số mô hình thích hợp để dự báo lũ thượng lưu hệ thống sông Thái Bình. - Đề tài nghiên cứu cấp Tổng cục, Hà Nội, 1997.
4. Đỗ Cao Đàm, Hà Văn Khôi, Trịnh Quang Hoà, Đoàn Trung Lưu, Nguyễn Năng Minh, Lê Đình Thành, Dương Văn Tuấn. Thủy văn Công trình - NXB Nông nghiệp Hà Nội, 1993.
5. Ngô Đình Tuấn. Phân tích thống kê trong thủy văn. - NXB Nông nghiệp. Hà Nội, 1998.