

# Ứng dụng mô hình NAM khôi phục số liệu dòng chảy lưu vực sông Cầu

Nguyễn Phương Nhung\*, Nguyễn Thanh Sơn

*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 11 tháng 8 năm 2010

**Tóm tắt.** Đứng trước nhu cầu đánh giá tài nguyên nước phục vụ quy hoạch lưu vực sông Cầu, tuy đã có số liệu đo đạc dòng chảy nhưng chưa đáp ứng được yêu cầu của bài toán, vì thế việc khôi phục số liệu quá trình dòng chảy từ mưa là cần thiết. Có nhiều cách để khôi phục số liệu dòng chảy như xây dựng tương quan mưa - dòng chảy, hoặc sử dụng các mô hình NLRRM, TANK... các tác giả đã lựa chọn mô hình NAM để áp dụng cho lưu vực này, phục vụ trực tiếp bài toán cân bằng nước hệ thống bằng MIKE BASIN - trong cùng bộ mô hình MIKE. Bài báo giới thiệu kết quả ứng dụng mô hình NAM khôi phục số liệu dòng chảy cho 16 tiểu vùng trong lưu vực sông Cầu.

*Từ khóa:* Dòng chảy, khôi phục, lưu vực sông Cầu.

## 1. Mở đầu

Số liệu dòng chảy phục vụ trực tiếp cho việc đánh giá tài nguyên nước của lưu vực, làm cơ sở cho việc quản lý và sử dụng nước hiệu quả là điều kiện cần cho bất kể kế hoạch phát triển kinh tế xã hội nào. Có rất nhiều mô hình được sử dụng để khôi phục số liệu dòng chảy từ mưa, trong đó NAM (*Nedbor-Afstromnings-Model*) là mô hình hiện đang được sử dụng thành công và kết quả liên kết trực tiếp được với các mô hình cân bằng nước hệ thống như MIKE BASIN đang được sử dụng để cân bằng nước hệ thống lưu vực sông Cầu.

Lưu vực sông Cầu cũng có một số trạm thủy văn có đo số liệu dòng chảy nhưng số liệu chưa đầy đủ - giai đoạn đo không liên tục hoặc

chưa đủ dài và không đồng bộ về mặt thời gian. Do vậy, không đáp ứng đủ số liệu để tính toán cân bằng nước hệ thống lưu vực sông Cầu bằng MIKE BASIN cũng như để đánh giá đầy đủ và kỹ lưỡng về tài nguyên nước của lưu vực.

## 2. Giới thiệu về mô hình NAM

Mô hình NAM mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy xảy ra trong phạm vi lưu vực sông. Mô đun mưa - dòng chảy NAM của MIKE 11 do DHI (Viện Thủy lực Đan Mạch) xây dựng. Mô đun mưa - dòng chảy có thể được áp dụng độc lập cho một hoặc nhiều lưu vực tạo ra dòng chảy kể bên vào một mạng lưới sông [2]. Các ưu điểm của mô hình NAM là số liệu đầu vào dễ thu thập, giao diện và thuật toán của NAM cho phép thay đổi dữ liệu và các phương án tính toán một cách linh hoạt, thời gian tính toán của

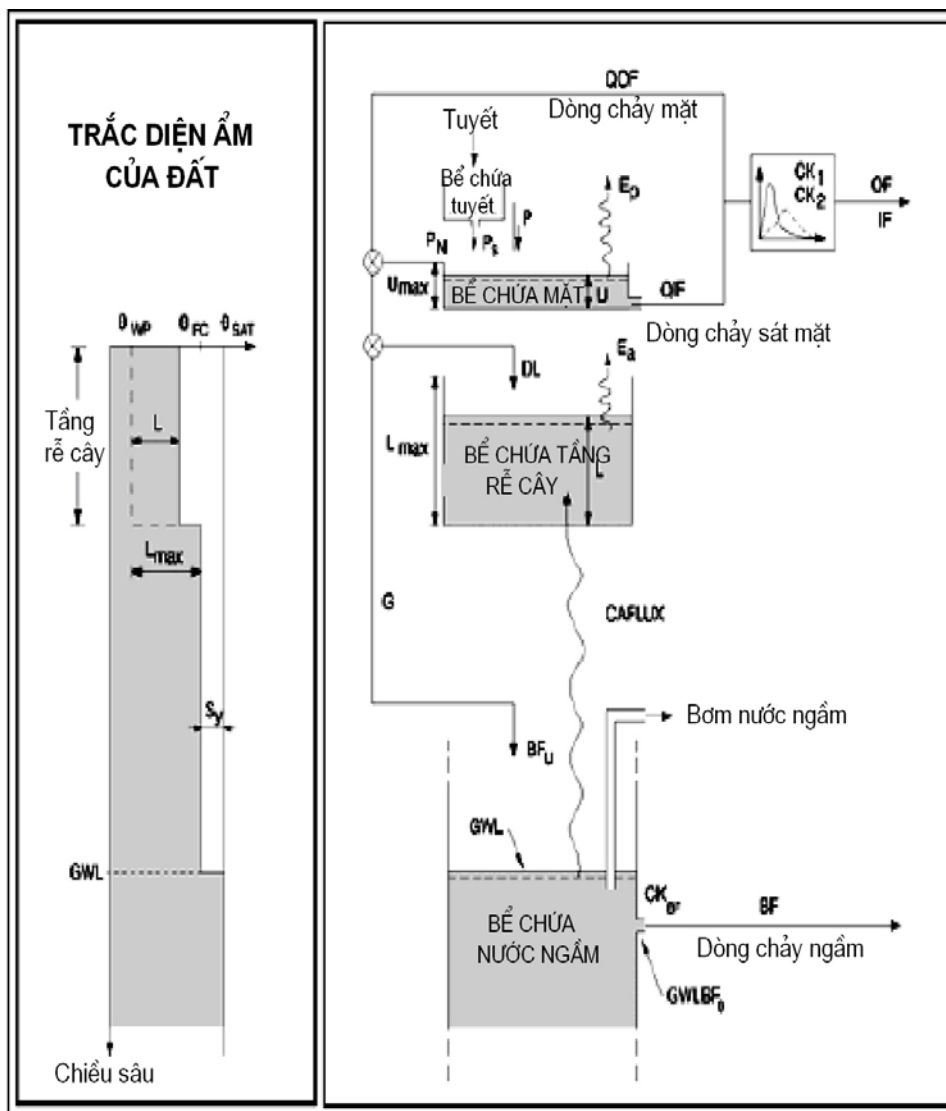
\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-38584943.  
E-mail: passion0302@yahoo.com

mô hình nhanh kèm theo công cụ hiệu chỉnh tự động (*autocalibration*) và tính năng tính trọng số bằng phương pháp đa giác Thiessen giúp tiết kiệm tối đa thời gian với một khối lượng công việc lớn. Không những vậy, NAM còn có thể dùng để mô phỏng và khôi phục dòng chảy lũ cho kết quả tốt, xuất dữ liệu dòng chảy theo các bước thời gian linh hoạt tháng, ngày, giờ... dưới dạng bảng hay biểu đồ theo yêu cầu của người sử dụng. Cấu trúc mô hình NAM được xây dựng trên nguyên tắc các hồ chứa theo chiều

thẳng đứng và các hồ chứa tuyến tính, gồm có 5 bể chứa theo chiều thẳng đứng [2]:

- Bể chứa tuyết tan
- Bể chứa mặt
- Bể chứa tầng dưới
- Bể chứa nước ngầm tầng trên
- Bể chứa nước ngầm tầng dưới.

Cấu trúc của mô hình NAM được minh họa trong hình 1.



Hình 1. Cấu trúc của mô hình NAM.

Để áp dụng mô hình NAM khôi phục số liệu dòng chảy cần có số liệu đầu vào là mưa và bốc hơi cùng với bộ thông số của mô hình tìm được thông qua hiệu chỉnh và kiểm nghiệm. Đối với chạy hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình cần có thêm số liệu dòng chảy thực đo để NAM so sánh với kết quả dòng chảy tính toán và tự động đưa ra độ hữu hiệu của mô hình.

\* Các thông số cơ bản mô hình [3]

- CQOF: Hệ số dòng chảy tràn
- CKIF: Hệ số dòng chảy sát mặt
- $U_{max}$ ,  $L_{max}$ : Thông số khả năng chứa tối đa của các bể chứa tầng trên và tầng dưới
- TOF, TIF: Các ngưỡng dưới của các bể chứa để sinh dòng chảy tràn, dòng chảy sát mặt
- TG: là thông số dòng chảy ngầm
- CK1,2, CKBF: là các hằng số thời gian về thời gian tập trung nước.

\* Điều kiện ban đầu của mô hình [3]

1. U - lượng nước chứa trong bể chứa mặt (mm)
2. L - lượng nước chứa trong bể chứa tầng dưới (mm)
3. QOF - cường suất dòng chảy mặt sau khi diễn toán qua bể chứa tuyến tính (mm/h)
4. QIF - cường suất dòng chảy sát mặt khi qua bể chứa tuyến tính (mm/h)
5. BF - cường suất dòng chảy ngầm (mm/h)

### 3. Khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Cầu thuộc địa phận 5 tỉnh Bắc Cạn, Thái Nguyên, Vĩnh Phúc, Bắc Ninh, Bắc Giang và thành phố Hà Nội. Sông Cầu có các nhánh chính cấp 1 là: sông Đu, sông Chợ Chu, sông Công, sông Cà Lồ và sông Nghinh Tường.

Lưu vực sông Cầu có tổng diện tích là 4680 km<sup>2</sup> được phân thành 4 khu lớn là: Khu Thượng Sông Cầu, Khu Sông Công, Khu Sông Cà Lồ và Khu Nam Sông Cầu và được chia nhỏ tiếp thành 16 tiểu vùng được thể hiện trong hình 2.

Cơ sở để phân khu cân bằng nước là dựa vào điều kiện tự nhiên, địa hình, khí tượng thủy văn, hệ thống sông suối, hệ thống các công trình thủy lợi, sự phân bố đất đai canh tác và điều kiện kinh tế-xã hội [1]. Để thuận tiện cho việc tính toán cân bằng nước trên toàn hệ thống, mỗi khu cân bằng nước lại được phân chia thành một số tiểu vùng nhỏ hơn.

### 4. Số liệu

Lưu vực sông Cầu có rất nhiều trạm khí tượng và thủy văn có đo mưa, tác giả đã lựa chọn những trạm có vị trí chính yếu, bao quát được các tiểu bộ phận trong lưu vực sông Cầu với số liệu mưa đầy đủ để làm dữ liệu đầu vào cho mô hình NAM.

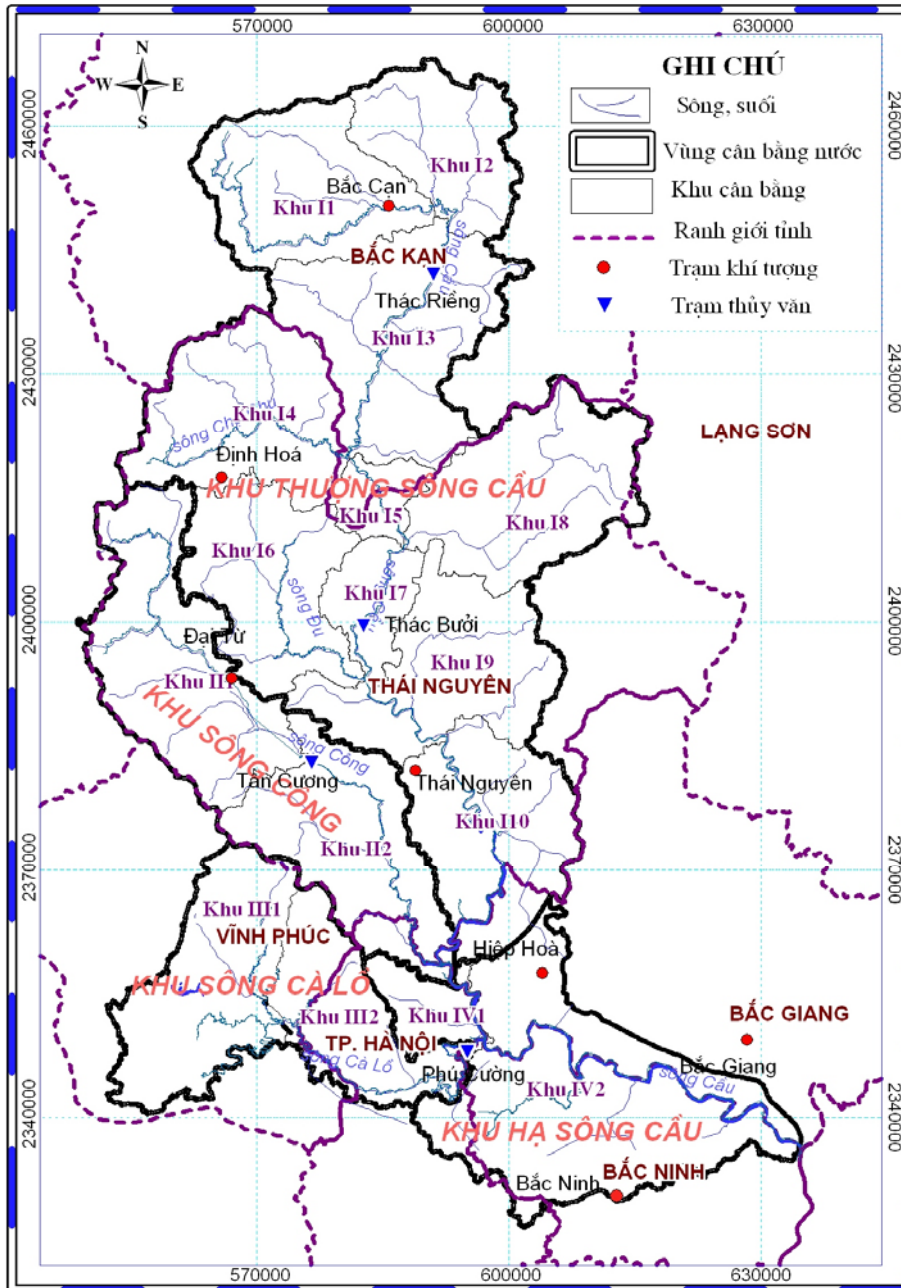
Các số liệu khí tượng thủy văn đã thu thập để áp dụng mô hình NAM khôi phục số liệu dòng chảy cho lưu vực sông Cầu được thể hiện trong bảng 1.

### 5. Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình

Trên lưu vực sông Cầu có một số trạm thủy văn có đo lưu lượng nằm rải rác trên lưu vực với chuỗi số liệu dài ngắn khác nhau. Để tận dụng số liệu thực đo và đưa ra bộ thông số mô hình thích ứng, áp dụng được cho các lưu vực sông trên hệ thống sông Cầu, tác giả đã lựa chọn bốn trạm thủy văn có vị trí chính yếu, không chế diện tích lưu vực lớn và bao quát được lưu vực sông Cầu, đồng thời có chuỗi số liệu đo lưu lượng dài và đồng bộ với số liệu mưa và bốc hơi để hiệu chỉnh và kiểm nghiệm tìm ra bốn bộ thông số mô hình tối ưu. Mỗi bộ

thông số này sẽ được sử dụng để khôi phục số liệu dòng chảy cho các tiểu lưu vực lân cận vị trí của trạm thủy văn đó, mục đích để giảm sự sai khác về các điều kiện tự nhiên và mật độ, qua đó cải thiện kết quả khôi phục.

+ Bộ thông số mô hình hiệu chỉnh và kiểm nghiệm từ số liệu thực đo của lưu vực sông Cầu tính đến trạm thủy văn Thác Riêng sẽ sử dụng để khôi phục số liệu dòng chảy từ số liệu mưa và bốc hơi bằng mô hình NAM cho các lưu vực sông: I1, I2, I3, I4.



Hình 2. Bản đồ phân khu cân bằng nước lưu vực sông Cầu.

+ Bộ thông số mô hình hiệu chỉnh, kiểm nghiệm từ số liệu thực đo của lưu vực sông Cầu tính đến trạm Thác Bưởi sẽ sử dụng để khôi phục số liệu dòng chảy cho các lưu vực sông: I5, I6, I7, I8, I9, I10.

+ Bộ thông số mô hình hiệu chỉnh, kiểm nghiệm từ số liệu thực đo của lưu vực sông Công-trạm Tân Cương sử dụng để khôi phục số liệu dòng chảy cho các lưu vực sông: II1, II2.

+ Bộ thông số mô hình hiệu chỉnh, kiểm nghiệm từ số liệu thực đo của lưu vực sông Cà Lò-trạm Phú Cường sẽ sử dụng để khôi phục số liệu dòng chảy cho các lưu vực sông: III1, III2, IV1, IV2.

#### **\* Trạm Thác Bưởi**

##### **\* Hiệu chỉnh**

Để hiệu chỉnh mô hình tìm bộ thông số tối ưu cho lưu vực sông Cầu - trạm Thác Bưởi, tác giả đã sử dụng số liệu dòng chảy thực đo tại trạm Thác Bưởi và số liệu mưa của các trạm khí tượng: Bắc Cạn, Thác Riềng, Định Hóa, Thái Nguyên cùng số liệu bốc hơi trạm Bắc Cạn trong 11 năm đo đạc liên tục từ 1980-1990. Trọng số mưa của các trạm được tính bằng phương pháp đa giác Thiessen.

##### **\* Kiểm nghiệm**

Để kiểm tra độ ổn định của mô hình với bộ thông số đã hiệu chỉnh trạm Thác Bưởi, tác giả đã tiến hành kiểm định mô hình NAM cho lưu vực sông Cầu-trạm Thác Bưởi sử dụng số liệu 5 năm độc lập liên tục (1992- 1996). Khi kiểm nghiệm, tất cả các thông số mô hình vẫn được giữ nguyên như đã xác định được trong phần hiệu chỉnh. Hình 3 và hình 4 thể hiện kết quả

hiệu chỉnh và kiểm nghiệm bộ thông số mô hình cho lưu vực sông Cầu - trạm Thác Bưởi.

Tương tự, các bộ thông số còn lại đều được tiến hành hiệu chỉnh và kiểm nghiệm theo nguyên tắc trên. Các bộ thông số và độ hữu hiệu khi hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình NAM được trình bày trong bảng 2. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm với bốn bộ thông số đều cho thấy đường quá trình dòng chảy tính toán và thực đo là phù hợp với nhau. Độ hữu hiệu mô hình khi hiệu chỉnh và kiểm nghiệm đều đạt loại khá theo tiêu chuẩn của WMO.

## **6. Ứng dụng mô hình khôi phục số liệu**

Sử dụng các bộ thông số đã hiệu chỉnh và kiểm định ở trên, tiến hành khôi phục số liệu dòng chảy tháng giai đoạn 1961-2002 từ số liệu mưa cùng giai đoạn cho 16 lưu vực sông bộ phận với nguyên tắc:

- Số liệu diện tích lưu vực được thay thế bằng số liệu diện tích lưu vực sông tương ứng tính đến trạm tương ứng.

- Số liệu quá trình mưa tháng được thay thế bằng số liệu quá trình mưa tháng của tất cả các trạm mưa sử dụng với các trọng số cho từng trạm mưa tính bằng phương pháp đa giác Thiessen- tính bằng công cụ được trang bị sẵn trong mô hình NAM. Bảng tính trọng số mưa cho các lưu vực bộ phận trình bày trong bảng 3.

Từ kết quả khôi phục dòng chảy xác định được lưu lượng trung bình tháng nhiều năm cho các khu được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 1. Tài liệu khí tượng thủy văn lưu vực sông Cầu phục vụ khôi phục dòng chảy cho mô hình NAM

TT	Tên trạm	Loại trạm	Các yếu tố đo	Tình hình tài liệu đã thu thập			Ghi chú
				Loại tài liệu	Thời kỳ quan trắc	Số năm có tài liệu	
1	Thác Bưởi	Thủy văn	Lưu lượng	Q ngày	1960-1981	22	Liên tục
2	Thác Riêng	Thủy văn	Lưu lượng	Q ngày	1960-1996	36	(thiếu 1991)
3	Phú Cường	Thủy văn	Lưu lượng	Q ngày	1965-1975	10	(thiếu 1976)
4	Tân Cương	Thủy văn	Lưu lượng	Q ngày	1961-1976	16	Liên tục
5	Bắc Cạn	Khí tượng	Mưa, Bốc hơi	Mưa ngày, Bốc hơi ngày	1961-2002	43	Liên tục
6	Định Hoá	Khí tượng	Mưa, Bốc hơi	Mưa ngày	1961-2002	43	Liên tục
7	Thái Nguyên	Khí tượng	Mưa, Bốc hơi	Mưa ngày, Bốc hơi ngày	1961-2002	43	Liên tục
8	Đại Từ	Khí tượng	Mưa, Bốc hơi	Mưa ngày	1961-2002	43	Liên tục
9	Hiệp Hoà	Khí tượng	Mưa, Bốc hơi	Mưa ngày	1961-2002	43	Liên tục
10	Bắc Ninh	Khí tượng	Mưa, Bốc hơi	Mưa ngày	1961-2002	43	Liên tục
11	Bắc Giang	Khí tượng	Mưa, Bốc hơi	Mưa ngày	1961-2002	43	Liên tục

Bảng 2. Các bộ thông số và độ hữu hiệu của mô hình NAM

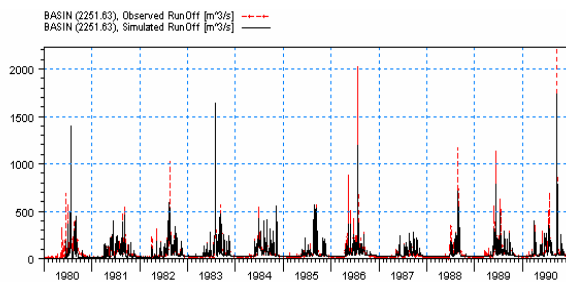
Tên trạm	Giai đoạn tính toán		Bộ thông số									Độ hữu hiệu	
	Hiệu chỉnh	Kiểm nghiệm	Umax	Lmax	CKIF	CQOF	CK 1,2	TOF	TIF	TG	CKBF	Hiệu chỉnh (%)	Kiểm nghiệm (%)
Thác Riêng	1960-1970	1971-1981	18.8	297	511.3	0.306	23.3	0.539	0.51	0.83	1159	72.4	68.1
Thác Bưởi	1980-1990	1992-1996	18.3	267	615	0.618	27.8	0.63	0.9	0.473	2670	78.6	73.2
Tân Cương	1961-1968	1969-1976	16.3	159	301.4	0.675	22	0.169	0.58	0.256	3748	76.2	73.2
Phú Cường	1968-1972	1973-1975	18.3	27	225.7	0.124	50	0.029	0.51	0.452	700	70.4	66.5

Bảng 3. Diện tích và trọng số mưa các lưu vực bộ phận sông Cầu

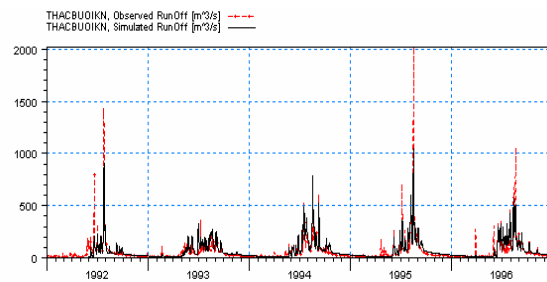
Station	Diện tích lưu vực	Bắc Cạn	Thác Riêng	Định Hóa	Thái Nguyên	Hiệp Hòa	Bắc Ninh	Bắc Giang
I4	430.142	0.0032	0.0235	0.973	0	0	0	0
I3	531.976	0.124	0.799	0.0776	0	0	0	0
I1	392.089	1	0	0	0	0	0	0
I2	285.063	0.864	0.136	0	0	0	0	0
I8	449.931	0	0.674	0.0961	0.23	0	0	0
I9	433.698	0	0	0.00491	0.995	0	0	0
I10	340.606	0	0	0	0.741	0.259	0	0
III2	286.480	0	0	0	0.211	0.789	0	0
III1	428.426	0	0	0	0.775	0.225	0	0
II2	437.465	0	0	0	0.848	0.152	0	0
II1	512.916	0	0	0.662	0.338	0	0	0
I5	87.666	0	0.017	0.983	0	0	0	0
I7	133.383	0	0	0.436	0.564	0	0	0
I6	380.959	0	0	0.813	0.187	0	0	0
IV1	112.501	0	0	0	0	1	0	0
IV2	766.662	0	0	0	0	0.371	0.436	0.193

Bảng 4. Kết quả tính toán lưu lượng trung bình tháng, năm

Tháng Khu	Lưu lượng trung bình tháng, năm (m <sup>3</sup> /s)												TB
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI	
I1	2.16	1.32	1.15	2.44	5.83	15.75	22.77	28.04	21.49	13.37	8.02	3.88	10.52
I2	1.55	0.95	0.81	1.71	4.11	11.04	16.07	20.02	15.40	9.59	5.73	2.77	7.48
I3	2.92	1.78	1.35	2.88	7.20	18.42	28.02	36.85	29.22	18.56	10.73	5.26	13.60
I4	2.94	1.71	1.21	2.16	7.36	18.93	30.02	35.09	27.64	18.60	10.86	5.22	13.48
I5	1.00	0.78	0.62	0.70	1.71	4.14	6.36	6.88	4.72	3.18	2.05	1.28	2.79
I6	4.24	3.25	2.56	2.58	5.97	15.78	25.55	28.07	19.61	12.80	8.19	5.48	11.17
I7	1.66	1.27	1.01	1.06	2.36	6.40	10.22	10.73	7.87	5.06	3.18	2.15	4.41
I8	4.89	3.85	3.23	4.00	8.23	20.86	30.70	35.25	25.03	15.78	9.94	6.34	14.01
I9	6.23	4.78	3.84	4.24	9.29	24.51	37.78	38.14	29.38	18.93	11.81	8.10	16.42
I10	4.59	3.51	2.82	2.97	6.62	17.11	26.59	27.76	21.76	14.32	8.74	5.98	11.90
II1	5.46	4.66	4.33	6.18	14.03	28.19	39.54	39.72	26.64	17.04	10.09	6.56	16.87
II2	5.57	4.71	4.43	6.49	13.68	27.82	38.23	37.01	27.56	17.76	10.09	6.86	16.69
III1	1.72	0.92	1.44	5.76	12.66	27.72	39.05	42.90	34.26	21.49	10.99	4.13	16.92
III2	1.17	0.55	0.80	3.57	8.23	16.32	22.63	25.39	21.30	13.94	7.50	2.78	10.35
IV1	0.44	0.20	0.30	1.34	3.14	5.41	7.26	8.37	7.44	4.99	2.73	1.03	3.55
IV2	2.47	1.13	1.89	8.05	19.17	36.43	46.54	54.87	49.35	31.08	16.23	5.81	22.75



Hình 3. Kết quả hiệu chỉnh trạm Thác Bưởi (1980-1990).



Hình 4. Kết quả kiểm nghiệm trạm Thác Bưởi (1992-1996)

### 7. Kết luận

Việc khôi phục số liệu dòng chảy cho các tiểu vùng sông Cầu sử dụng mô hình NAM đã đưa ra một bức tranh đầy đủ hơn về tài nguyên nước của lưu vực, cho ta cái nhìn tổng quát về lượng và phân bố của dòng chảy vào các thời gian trong năm. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm trên cho thấy sự ổn định của bộ thông số mô hình và mức độ tin cậy của kết quả dòng chảy khôi phục. Các số liệu dòng chảy khôi phục được cùng với các số liệu dòng chảy thực đo có thể dùng làm cơ sở dữ liệu, đầu vào cho

các mô hình và đề tài nghiên cứu sâu hơn về sông Cầu, đặc biệt là nghiên cứu cân bằng nước và quy hoạch sử dụng tài nguyên nước của lưu vực.

### Tài liệu tham khảo

- [1] “Cân bằng nước hệ thống lưu vực sông Cầu bằng mô hình MIKE BASIN”, Hợp đồng kinh tế do TS. Nguyễn Thanh Sơn chủ trì, 2010.
- [2] DHI (2007), MIKE 11 Reference Manual.
- [3] DHI (2007), MIKE 11 User manual.

## Applying NAM model to recover flow process data of Cau river basin

Nguyen Phuong Nhung, Nguyen Thanh Son

*Faculty of Hydro-Meteorology & Oceanography, Hanoi University of Science, VNU,  
334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

Facing needs of evaluating water resources to serve planning Cau river basin, although there are flow data but they haven't met requirements of the problem, so recovering the flow process data is really necessary. There are many ways to recover flow data such as building the interrelation between rainfall and runoff or using models NLRRM, TANK..., the authors have chosen NAM model to apply for this basin, which serves the problem of water balance of system by MIKE BASIN model. This article introduces the results of applying NAM model to recover the flow data of 16 sub-regions in the Cau river basin.

*Keywords:* flow, recover, Cau river basin.