

## MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH MƯA- DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC SÔNG PHAN- CÀ LỒ

ThS. Hoàng Thị Nguyệt Minh

Trường Cao Đẳng Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

**L**ưu vực nghiên cứu gồm toàn bộ lưu vực sông Phan và phần lớn lưu vực Cà Lồ nằm trọn vẹn trong tỉnh Vĩnh Phúc. Do đặc điểm địa hình chuyển tiếp từ vùng núi sang đồng bằng và ảnh hưởng lũ sông Cầu nên hàng năm mùa lũ nhiều vùng trong khu vực bị úng ngập tại chỗ gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự phát triển dân sinh kinh tế trong khu vực.

Việc thoát lũ của sông ra nội đồng là rất khó khăn trong mùa mưa. Một số nơi trong lưu vực phải chấp nhận một mùa nước nổi ảnh hưởng lớn đến nông nghiệp trong vùng. Vì vậy việc mô phỏng quá trình mưa dòng chảy là rất cần thiết, từ đó làm đầu vào cho bài toán thủy lực.

Trong bài báo tác giả ứng dụng mô hình NAM mô phỏng quá trình mưa- dòng chảy trên lưu vực sông Phan- Cà Lồ. Kết quả tính toán thủy văn, thủy lực trên lưu vực sẽ làm cơ sở đưa ra các các gợi ý để giải quyết bài toán tiêu thoát nước trên lưu vực sông Phan – Cà Lồ.

### 1. Giới thiệu lưu vực nghiên cứu

#### a. Phạm vi nghiên cứu

Vùng nghiên cứu gồm lưu vực sông Phan và một phần lưu vực sông Cà Lồ. Sông Cà Lồ được tính từ vị trí Cầu Xuân Phương trên QL2 (tại xã Phúc Thắng, huyện Mê Linh, Hà Nội). Tổng diện tích lưu vực là 732,8 km<sup>2</sup> trong đó lưu vực sông Phan 347,5 km<sup>2</sup>, lưu vực sông Cà Lồ tỉnh Vĩnh Phúc 385,3 km<sup>2</sup>.

#### b. Đặc điểm địa hình

Lưu vực sông Phan, sông Cà Lồ, tỉnh Vĩnh Phúc có điều kiện địa hình phức tạp, hướng dốc từ Tây Bắc xuống Đông Nam, phần lớn diện tích phía Bắc là vùng núi, đồi (huyện Tam Dương, Tam Đảo, Bình Xuyên, Bắc Mê Linh) cao độ phổ biến từ 300 m đến 700 m, phía Nam và Đông Nam là vùng đất thấp, trũng, cao độ phổ biến từ +10,0m đến +12,0m (huyện Vĩnh Tường, Yên Lạc, Nam Mê Linh) và các vùng trũng có cao độ +5,0 đến + 6,0 m.

#### c. Đặc điểm sông ngòi

Trong lưu vực sông Phan, sông Cà Lồ tỉnh Vĩnh

Phúc có nhiều sông nhánh, nhưng có 4 sông có vai trò đáng kể trong việc hình thành dòng chảy là: kênh tiêu Bến Tre, sông Cầu Tôn, sông Tranh - Ba Hành và sông Đồng Đò.

Sông Phan bắt nguồn từ sườn Tây dãy Tam Đảo, chảy qua các huyện Tam Dương, Vĩnh Tường, TP Vĩnh Yên, Yên Lạc và nhập vào sông Cà Lồ tại Hương Canh. Chiều dài sông Phan tính từ cống 3 của An Hạ (xã An Hòa, huyện Tam Dương) đến cửa nhập lưu là 64,5 km. Diện tích lưu vực sông 347,5 km<sup>2</sup>.

Sông Cà Lồ được tính từ Hương Canh, Bình Xuyên, chảy qua thị xã Phúc Yên, huyện Mê Linh, Sóc Sơn, TP Hà Nội và nhập vào sông Cầu tại Phúc Lộc Phương. Chiều dài sông 46,9 km, diện tích lưu vực 694 km<sup>2</sup>. Sông Cà Lồ gồm 2 đoạn:

Đoạn từ Hương Canh đến cầu Xuân Phương xã Phúc Thắng, Mê Linh dài 21,7 km, sông chảy theo hướng Tây - Đông Nam.

Đoạn Cà Lồ cắt dài 25,12 km được tính từ đập phân lũ trước đây trên đê Tả Sông Hồng, thuộc xã

Nguyệt Đức, huyện Yên Lạc đến Tiền Châu, huyện Mê Linh, sông chảy theo hướng Tây Nam- Đông Bắc

#### **d. Mạng lưới trạm khí tượng thủy văn**

##### **+ Mạng lưới trạm đo mưa**

Trên lưu vực sông Phan-Cà Lồ có nhiều trạm đo mưa nhưng phân bố không đều, gây khó khăn cho việc tính lượng mưa bình quân trên lưu vực. Trạm đo mưa Vĩnh Yên và Tam Đảo là hai trạm có đầy đủ số liệu mưa, bốc hơi từ năm 1964 đến năm 2005.

##### **+ Mạng lưới trạm thủy văn**

Trên sông Phan-Cà Lồ đã từng có 4 trạm Thủy văn: Phú Cường, Phù Lỗ, Mạnh Tân và Lương Phúc. Tuy nhiên:

- Số liệu quan trắc tại trạm Lương Phúc gần như đã thất lạc hết chỉ còn lưu giữ được số liệu 3 năm: 1988, 1990, 1992;

- Trạm Mạnh Tân bắt đầu quan trắc mực nước trên sông Cà Lồ từ năm 1993 đến nay;

- Trạm Phù Lỗ có số liệu quan trắc mực nước trên sông Cà Lồ năm 1965, 1966 và nửa năm 1967, sau đó trạm ngừng hoạt động và chuyển đến vị trí mới là trạm Phú Cường;

- Trạm Phú Cường có số liệu quan trắc mực nước và lưu lượng trên sông Cà Lồ 8 năm từ năm 1968 đến năm 1975. Sau năm 1975 trạm thủy văn Phú Cường ngừng hoạt động.

#### **2. Áp dụng mô hình cho lưu vực sông Phan- Cà Lồ**

Trong vòng 10 năm trở lại đây, với sự hỗ trợ của cơ quan hỗ trợ hợp tác phát triển quốc tế Đan Mạch (DANIDA), việc ứng dụng mô hình NAM tính toán quá trình mưa- dòng chảy trên các lưu vực sông ở nước ta trở nên phổ biến và rộng rãi.

Mô hình NAM, mô đun tính toán mưa dòng chảy tích hợp trong bộ mô hình họ MIKE do viện thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng có cơ sở vật lý và toán học rõ ràng, có khả năng mô phỏng đầy đủ các yếu tố trong chu trình thủy văn, có giao diện thân thiện. Điểm mạnh của mô hình là việc sử dụng không hạn

chế lưu vực bộ phận tính toán và tự động dò tìm tối ưu thông số theo một số hàm mục tiêu tiên tiến.

Trong xu hướng chung hiện nay, việc tính toán liên quan đến tài nguyên nước đòi hỏi không chỉ giải quyết đơn lẻ và riêng rẽ bài toán mưa – dòng chảy (bài toán thủy văn) mà cần sự tổ hợp tính toán kết nối giữa bài toán thủy văn, thủy lực .. Trong trường hợp đó việc lựa chọn mô hình NAM trong họ mô hình MIKE là thích hợp và phù hợp nhất. Trong bài báo này tác giả bước đầu áp dụng mô hình MIKE-NAM để tính toán mưa – dòng chảy cho lưu vực sông Phan – Cà Lồ.

##### **a. Chuẩn bị số liệu tính toán**

Số liệu lưu lượng thực đo trên lưu vực hầu như không có. Vì vậy, cần giải bài toán mưa - dòng chảy trong hệ thống sông Cà Lồ, thông qua hai trạm khí tượng nằm trong khu vực là trạm Tam Đảo và trạm Vĩnh Yên. Hai trạm này có chuỗi số liệu mưa ngày và mưa hai ngày lớn nhất từ năm 1960 - 2005.

*Đầu vào của mô hình NAM cho bài toán hiệu chỉnh*

- Số liệu mưa ngày của hai trạm Vĩnh Yên, Tam Đảo năm 2006

- Số liệu bốc hơi trung bình của hai trạm năm 2006

- Số liệu lưu lượng (dùng để hiệu chỉnh) tháng 9 – 2006 tại vị trí cầu An Hạ trên sông Phan và cầu Xuân Phương trên sông Cà Lồ

*Đầu vào của mô hình NAM cho bài toán kiểm định*

- Số liệu mưa ngày của hai trạm Vĩnh Yên, Tam Đảo năm 2008

- Số liệu bốc hơi trung bình của hai trạm năm 2008

- Số liệu lưu lượng (dùng để hiệu chỉnh) tháng 7, 8 năm 2008

*Đầu ra của mô hình*

- Đường quá trình lưu lượng năm 2008

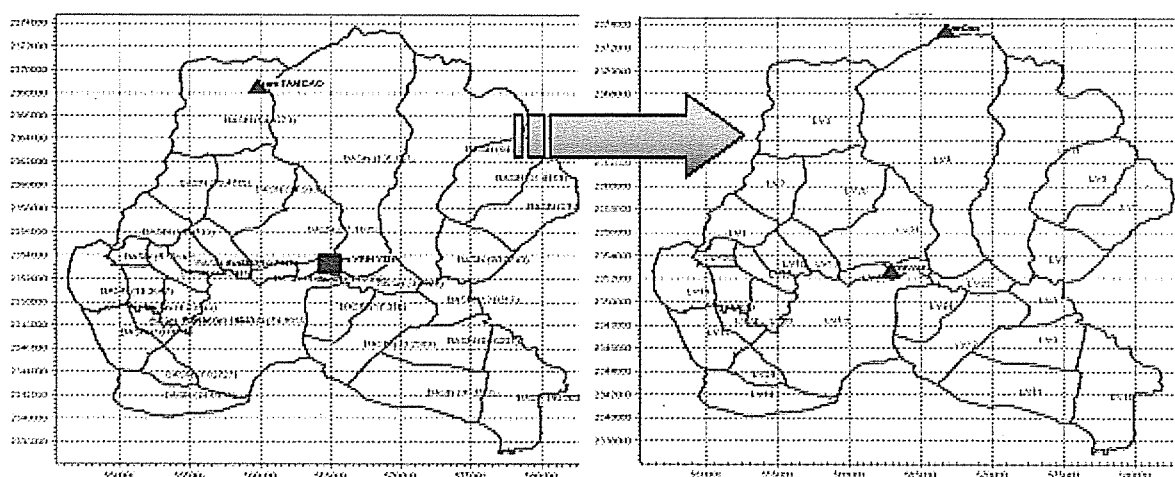
##### **b. Phân chia lưu vực bộ phận tính toán**

Việc phân chia lưu vực bộ phận tính toán trên các nguyên tắc chủ yếu sau:

- Đặc điểm địa hình;
- Đặc điểm hệ thống sông suối, hướng dòng chảy;
- Hệ thống mạng lưới trạm hiện có, công trình đầu mối;
- Yêu cầu dữ liệu đầu vào (biên trên, biên khu giữa) bài toán thủy lực;
- Yêu cầu dữ liệu (số liệu lưu lượng) phục vụ cho các ngành kinh tế ở từng vùng.

Dựa trên nguyên tắc phân chia lưu vực nêu trên, trên file nền bản đồ địa hình 1:50.000, lưu vực sông Phan-Cà Lồ được phân thành 31 lưu vực sông nhỏ (31 mô hình NAM thành phần). Kết quả tính toán sẽ cho 31 lưu lượng thành phần (hình 1), từ đó có thể tính toán diện tích từng lưu vực bộ phận và tìm được tổng lưu lượng nước trong hệ thống sông Phan-Cà Lồ. Sau đó tiến hành thiết lập các thuộc tính và thông số cho từng lưu vực bộ phận.

Thời đoạn tính toán bộ thông số mô hình NAM giới thiệu trong bảng 1



**Hình 1. Sơ đồ phân chia lưu vực bộ phận tính toán trong mô hình NAM (kết quả Import dữ liệu)**

**Bảng 1. Thời đoạn tính toán mô phỏng và kiểm định bộ thông số mô hình NAM**

| TT | Sông  | Vị trí          | Thời đoạn hiệu chỉnh | Thời đoạn kiểm định |
|----|-------|-----------------|----------------------|---------------------|
| 1  | Phan  | Cầu An Hạ       | 03 – 25/9/2006       | 09/7 – 15/8/ 2008   |
| 2  | Cà Lồ | Cầu Xuân Phương | 03 – 25/9/2006       | 09/7 – 15/8/ 2008   |

**c. Kết quả tính toán dòng chảy hệ thống sông Phan-Cà Lồ**

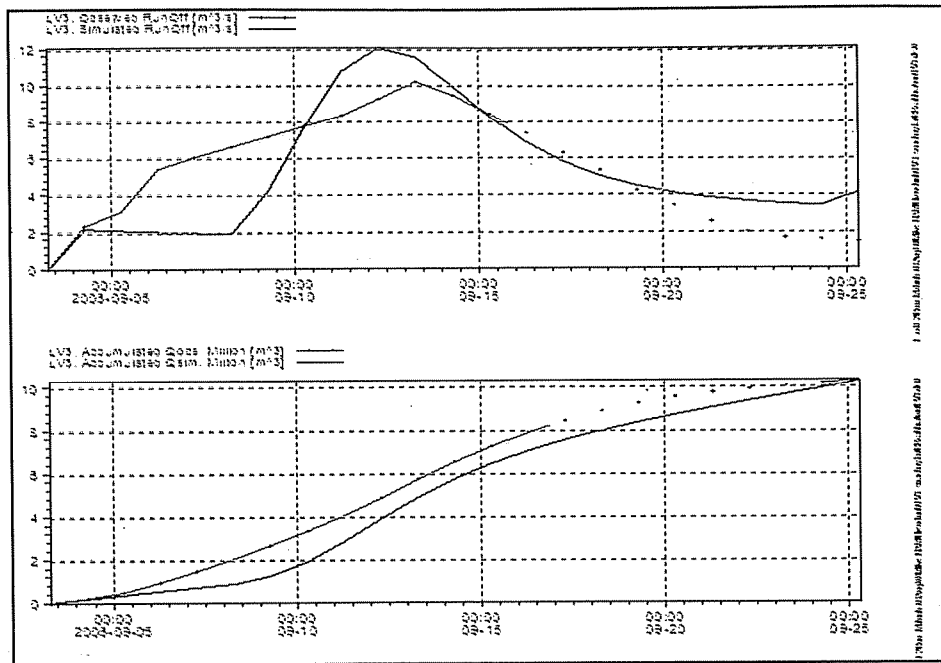
Kết quả tính toán dòng chảy trên hệ thống sông Phan- Cà Lồ sau khi chạy mô hình được thể hiện cụ thể như sau:

**\* Kết quả hiệu chỉnh**

Tại vị trí Cầu An Hạ trên sông Phan kết quả lưu lượng tính toán và thực đo được trình bày trong hình

2 là tương đối phù hợp.

- Chỉ số Nash giữa tính toán và thực đo dòng chảy ngày đạt  $R2 = 0,597$ , tương ứng  $R = 0,79$ ;
- Chỉ tiêu đánh giá độ sai đỉnh lũ tính toán và thực đo: 0,02.
- Chỉ tiêu đánh giá độ sai tổng lượng tính toán và thực đo: 0,012.



**Hình 2. Kết quả tính toán tối ưu dò tìm bộ thông số cho lưu vực tính toán với vị trí cửa ra tại cầu An Hạ**

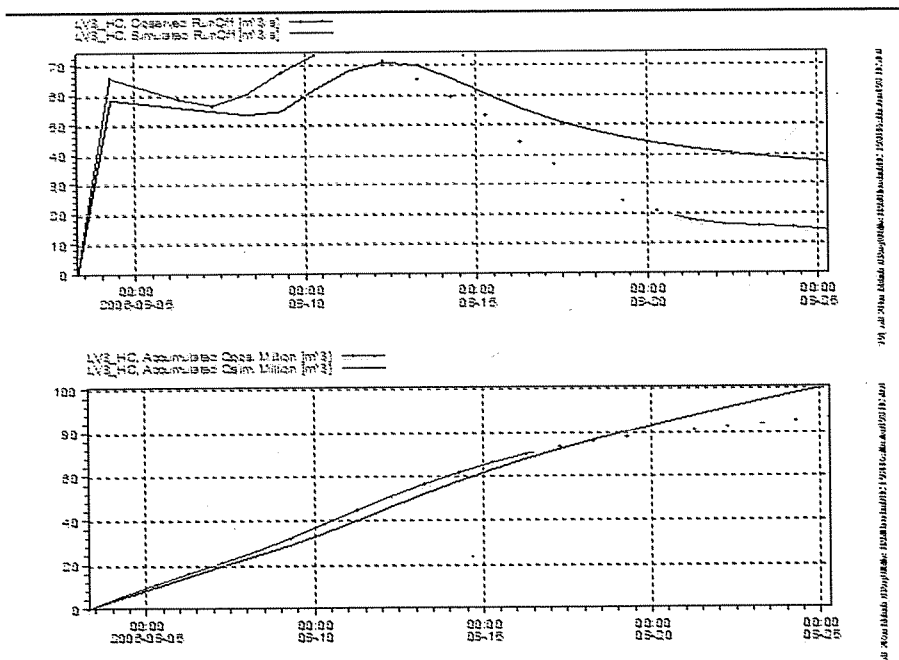
Tại vị trí Cầu Xuân Phương trên sông Cà Lồ kết quả hiệu chỉnh cho thời đoạn từ ngày 5/9/2006 đến ngày 25/9/2006 (hình3) có thể thấy đường lưu lượng tính toán và thực đo được trình bày trong hình dưới đây là tương đối phù hợp.

- Chỉ số Nash giữa tính toán và thực đo dòng

chảy ngày đạt  $R^2 = 0,651$ , tương ứng  $R = 0,81$ ;

- Chỉ tiêu đánh giá độ sai đỉnh lũ tính toán và thực đo : 0,4;

- Chỉ tiêu đánh giá độ sai tổng lượng tính toán và thực đo : 0,6.



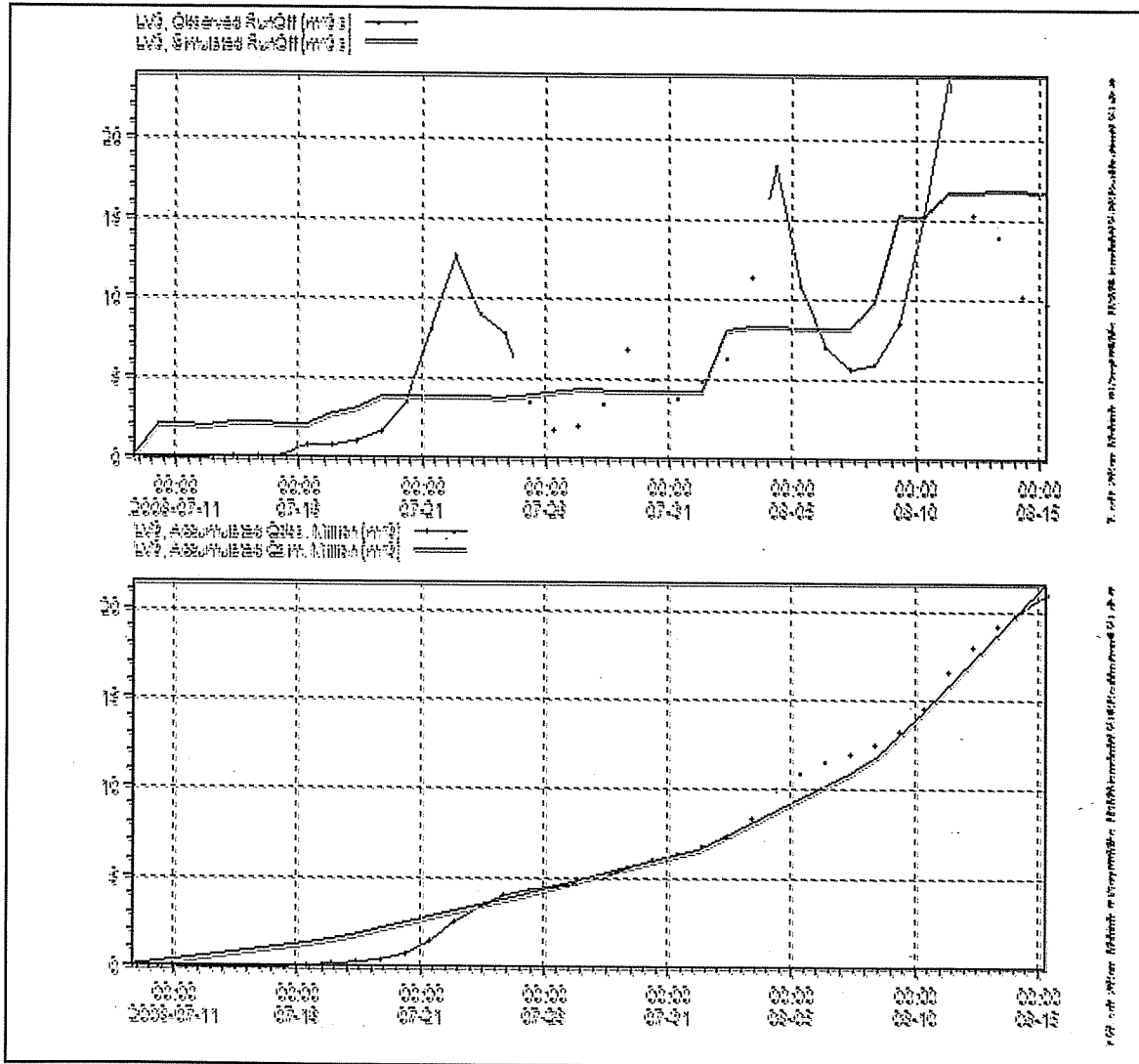
**Hình 3. Kết quả tính toán tối ưu dò tìm bộ thông số cho lưu vực tính toán với vị trí cửa ra tại cầu Xuân Phương**

## \* Kết quả Kiểm định

Kết quả kiểm định bộ thông số của mô hình cho năm 2008 cho thấy dạng đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại hai vị trí kiểm định là tương đối đồng pha và hầu hết bắt đúng các đỉnh của đường quá trình (hình 4). Chỉ số Nash tại hai vị trí cầu An Hạ và Xuân Phương đều lớn hơn 0.7, cụ thể như sau:

## \* Tại cầu An Hạ trên sông Phan:

- Chỉ số Nash : 0.77;
- Chỉ tiêu đánh giá độ sai đỉnh lũ tính toán và thực đo : 0,19;
- Chỉ tiêu đánh giá độ sai tổng lượng tính toán và thực đo : 0,03.



Hình 4. Kết quả tính toán kiểm định với bộ thông số tại vị trí cầu An Hạ trên sông Phan

\* Tại cầu Xuân Phương trên sông Cà Lồ kết quả tính toán như sau:

- Chỉ số Nash := 0.85;
- Chỉ tiêu đánh giá độ sai đỉnh lũ tính toán và thực đo := 0,19;
- Chỉ tiêu đánh giá độ sai tổng lượng tính toán và thực đo := 0,75.

#### d. Đánh giá kết quả

Việc áp dụng mô hình NAM để tính toán dòng chảy từ mưa được tiến hành theo 2 bước: bước 1 là quá trình tính toán hiệu chỉnh để xác định một bộ thông số của mô hình thông quan tính toán hiệu chỉnh tối ưu; bước hai tiến hành chạy kiểm định bộ thông số đã xác định được ở bước một để đánh giá khả năng và hiệu quả của bộ thông số đã chọn.

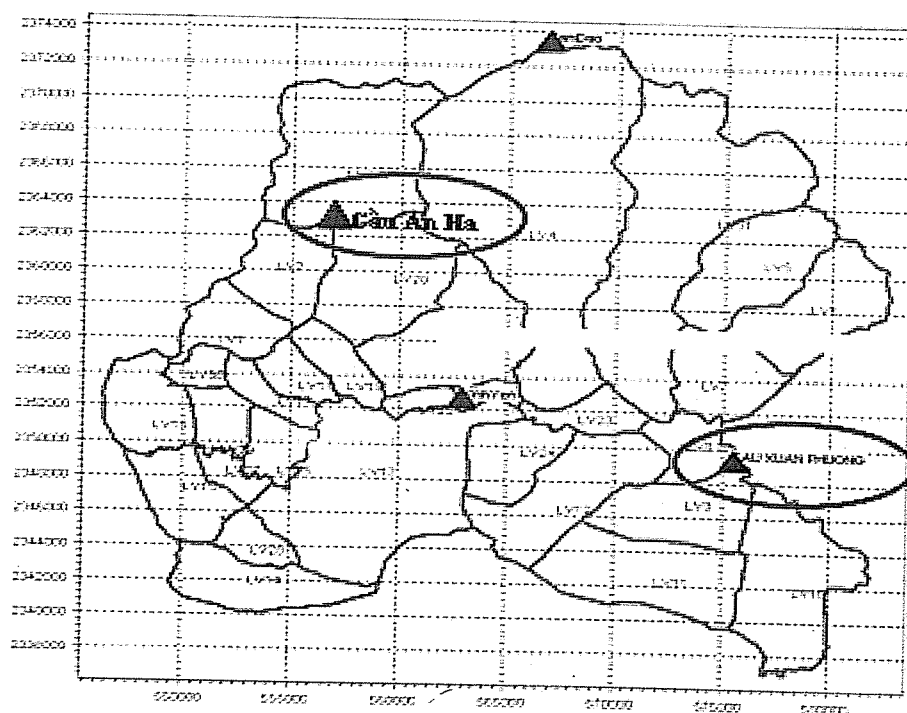
Trong quá trình hiệu chỉnh, các thông số của mô hình được thay đổi, điều chỉnh bằng cách sử dụng phương pháp thử sai để có được giá trị tối ưu. Những giá trị này được coi là tối ưu và là đại diện chung cho bộ thông số của mô hình để tính toán xác định dòng chảy trong lưu vực, đồng thời, thông qua quá trình dò tìm tối ưu bộ thông số cũng cho phép thấy được độ nhạy của một số thông số (bảng 2, 3)

Như đã trình bày ở phần đầu, tài liệu, số liệu thực

đo thủy văn trên lưu vực là rất hạn chế, trong lưu vực tính toán không có trạm đo lưu lượng (một số trạm trước đây có đo lưu lượng nhưng số liệu rời rạc, không đồng bộ và nay đã giải thể). Do vậy, tài liệu hiệu chỉnh sử dụng theo số liệu có đo đặc lưu lượng, mực nước tại vị trí Cầu Xuân Phương năm 2006 với thời gian 23 ngày, từ ngày 3 đến ngày 26 tháng 9 năm 2006.

Dòng chảy 23 ngày trên được tính toán, mô phỏng dựa trên tài liệu mưa ngày với cùng khoảng thời gian trên (3-25/9/2006).

Số liệu mưa được sử dụng từ tài liệu đo mưa tại hai trạm Vĩnh Yên và Tam Đảo thông qua xử lý trong mô hình bằng cách sử dụng phương pháp đa giác Thaison để tìm trọng số tính mưa rơi trên 31 lưu vực bộ phận (hình 6).



Hình 6. Vị trí đo đạc trên lưu vực sông Phan - Cà Lồ

Đánh giá độ nhạy của của tham số mô hình NAM trong quá trình hiệu chỉnh mô hình.

Với lựa chọn 2000 bước thử lặp thay đổi bộ thông số (các thông số cơ bản, có ảnh hưởng rõ rệt tới quá trình hình thành dòng chảy trong mô hình NAM) rút ra một số nhận xét sau.

**Bảng 2. Ảnh hưởng của thay đổi thông số mô hình tới quá trình mô phỏng**

| Thông số        | Thay đổi          | Gây ảnh hưởng                                                                                    |
|-----------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_{Max}$       | thay đổi tăng lên | - Giảm Lưu lượng lớn nhất<br>- Tổng lượng dòng chảy giảm                                         |
| $U_{Max}$       | thay đổi tăng lên | - Giảm Lưu lượng lớn nhất<br>- Tổng lượng dòng chảy giảm                                         |
| $CQ_{OF}$       | thay đổi tăng lên | - Giảm Lưu lượng lớn nhất<br>- Tổng lượng dòng chảy tăng                                         |
| TOF             | thay đổi tăng lên | - Giảm Lưu lượng lớn nhất<br>- Tổng lượng dòng chảy giảm                                         |
| $CK_1$ & $CK_2$ | thay đổi tăng lên | - Giảm Lưu lượng lớn nhất<br>- Thay đổi hình dạng đường quá trình dòng chảy, kéo bệ hình dạng lũ |
| CKBF            | thay đổi tăng lên | - Giảm dòng chảy cơ bản                                                                          |

Dưới đây là kết quả tính toán hiệu chỉnh mô hình NAM tại vị trí cầu An Hạ trên sông Phan và cầu Xuân Phương trên sông Cà Lồ

**Bảng 3 Bộ thông số mô phỏng mô hình Nam sau khi chạy tối ưu cho Lưu Vực**

| Số                       | Thông số    | Cầu Xuân Phương | Cầu An Hạ |
|--------------------------|-------------|-----------------|-----------|
| 1                        | $U_{max}$   | 15,892          | 14,34     |
| 2                        | $L_{max}$   | 233,94          | 280,07    |
| 3                        | $CQ_{OF}$   | 0,786           | 0,56      |
| 4                        | $CK_{IF}$   | 661,947         | 813,25    |
| 5                        | $CK_{1,2}$  | 20,118          | 42,00     |
| 6                        | TOF         | 0,89            | 0,96      |
| 7                        | TIF         | 0,838           | 0,58      |
| 8                        | TG          | 0,966           | 0,81      |
| 9                        | CKBF        | 1087,668        | 3388,16   |
| 10                       | $CQ_{LOW}$  | 59,901          | 94,17     |
| 11                       | $CK_{LOW}$  | 7842,498        | 22606,78  |
| <b>Điều kiện ban đầu</b> |             |                 |           |
| 1                        | $U/U_{max}$ | 0,3             | 0,2       |
| 2                        | $L/L_{max}$ | 0,3             | 0,2       |
| 3                        | $Q_{OF}$    | 0,2             | 0,1       |
| 4                        | $Q_{IF}$    | 0,2             | 0,1       |
| 5                        | BF          | 58              | 2         |

### 3. Kết luận

Bài báo đã nghiên cứu ứng dụng mô hình NAM để tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Phan – Cà Lồ. Việc tính toán hiệu chỉnh dò tìm bộ thông số tối ưu của mô hình đã thực hiện trong năm 2006, với kết quả thu được qua kiểm định tính hiệu quả với chỉ số NASH = 8,1 cho phép áp dụng bộ thông số đó để tính toán mô phỏng dòng chảy trên lưu vực trong

các bài toán tiếp theo, đặc biệt là tính toán dòng chảy trên các lưu vực bộ phận để cung cấp số liệu biên đầu vào (biên trên) cho ứng dụng tính toán thủy lực phần hạ lưu lưu vực sông Phan – Cà Lồ. Tuy nhiên do số liệu còn rất hạn chế, vì vậy bài toán còn cần được nghiên cứu, tính toán bổ sung để có được kết quả tốt hơn.

### Tài liệu tham khảo

1. Using MIKE-NAM, DHI (2004).
2. Rainfall-runoff simulation using Mike\_Nam, Journal of Civil Engineering, Vol, 15 No, 2 2002.
3. NAM, Technical Reference and Model Documentation, DHI, 1999.
4. PGS, TS Đặng Văn Bằng (2000), Giáo trình mô hình toán thủy văn, Trường Đại học Thủy Lợi.
5. ThS. Hoàng Thị Nguyệt Minh, Một số vấn đề cần trao đổi về hiện trạng tiêu úng thoát lũ lưu vực sông Phan- Cà Lồ "Tạp chí Khí tượng thủy văn số 585 tháng 9 năm 2009".
6. Giáo trình thủy văn công trình, Trường Đại học Thủy Lợi, NXB khoa học tự nhiên và công nghệ, 2008,
7. Lương Tuấn Anh, Bùi Văn Đức, Vũ Văn Tuấn – Các mô hình toán về mưa – dòng chảy, Giáo trình chuyên đề tiến sĩ – Hà nội, 2000.
8. Apply Hydrology, Van Te Chow, Mc Graw Hill, 1964.
9. Mike, A Modelling System for River and Channels, User Guide, DHI, 2002.
10. SSARR, Model Streamflow and Reservoir Regulation, User's manual, US Army Corps of Engineering Center, 1998.