

<b>Mục lục</b>	<b>Trang</b>
<b>Lời mở đầu.....</b>	4
<b>Chương 1: Tổng quan các mô hình mô phỏng mưa- dòng chảy .....</b>	5
1.1. Mô hình tất định.....	5
1.2. Giới thiệu một số mô hình mưa – dòng chảy.....	7
1.3. Mô hình phần tử hữu hạn sóng động học một chiều.....	10
1.4. Phương pháp SCS.....	18
<b>Chương 2: Điều kiện địa lý tự nhiên lưu vực sông Tả Trạch – trạm</b>	
<b>Thượng Nhật.....</b>	22
2.1. Vị trí địa lý.....	22
2.2. Địa hình.....	22
2.3. Địa chất, thổ nhưỡng.....	23
2.4. Lớp phủ thực vật.....	24
2.5. Khí hậu.....	30
2.6. Mạng lưới sông suối và tình hình nghiên cứu thủy văn.....	32
<b>Chương 3: Ứng dụng mô hình phần tử hữu hạn sóng động học 1 chiều và</b>	
<b>phương pháp SCS mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy trên</b>	
<b>lưu vực sông Tả Trạch – trạm Thượng Nhật.....</b>	34
3.1. Tình hình số liệu.....	34
3.2. Xử lý số liệu.....	35
3.3. Chương trình tính.....	42
3.4. Kết quả tính.....	45
<b>Kết luận.....</b>	52
<b>Tài liệu tham khảo.....</b>	54
<b>Phụ lục.....</b>	55

# Lời cảm ơn

*Trong gần 4 năm học tập tại trường ĐHKHTN-ĐHQGHN em đã được tiếp cận với kiến thức chuyên ngành mà em ưa thích. Trong hơn ba tháng thực hiện, Khoá luận này được hoàn thành tại Bộ môn Thủy Văn, Khoa Khí Tượng - Thủy Văn - Hải Dương Học dưới sự hướng dẫn trực tiếp của thầy giáo Nguyễn Thanh Sơn.*

*Nhân dịp này em xin cảm ơn các thầy, cô trong bộ môn Thủy Văn nói riêng và trong khoa KT-TV-HD nói chung đã tạo điều kiện giúp đỡ em học tập, tiếp cận và làm quen với công tác nghiên cứu khoa học trong những năm qua.*

**Sinh viên: Cấn Thu Văn**

## MỞ ĐẦU

Hàng năm lũ lụt thường gây ra những tác hại thật khủng khiếp về người và của. Hơn thế nữa nó còn làm biến đổi môi trường trên toàn lưu vực nên việc tìm hiểu và khống chế được các trận lũ luôn luôn là một vấn đề cấp thiết mang tính thời sự và được nhiều ngành nhiều cấp quan tâm, kiểm tra. Tuy nhiên do sự hạn chế về nguồn tư liệu thông tin nhất là về tài liệu khí tượng và mặt đệm nên từ trước đến nay các dự báo về lũ lụt - là một trong những biện pháp phòng chống hữu hiệu nhất, và các biện pháp này thường chỉ mang lại hiệu quả khi mưa đã xuất hiện tạo thành dòng chảy ở trạm thượng nguồn, nghĩa là dựa vào quan hệ mực nước tương ứng và quan hệ của các trạm trên cùng lòng sông (trạm trên và trạm dưới), mà không tính toán được đến sự tác động của các quá trình khác diễn ra trên bề mặt lưu vực. Để khắc phục những hạn chế trên người ta phải dùng mô hình toán.

Ở Việt Nam trước đây cũng đã sử dụng rất nhiều mô hình để dự báo lũ như là mô hình SSARR, mô hình TANK, HEC-1, mô hình mưa - dòng chảy và cho đến nay vẫn dùng thường là các mô hình thông số tập trung do đó không thể hiện được hết sự biến đổi rất đa dạng của mặt đệm và các quá trình diễn ra trên lưu vực. Để thực hiện được việc này thì cần cập nhật chi tiết hơn các thông tin về mặt đệm trên lưu vực, điều mà có thể đáp ứng trong điều kiện công nghệ GIS và công nghệ thông tin phát triển như ngày nay. Kết quả của phương pháp này có thể sử dụng cho việc quy hoạch lưu vực, qua hiện trạng sử dụng đất, và tình hình khai thác quản lý tài nguyên rừng.

Trong khoá luận này có sử dụng một phương pháp mô phỏng dòng chảy dựa trên phương pháp tính SCS tính tổn thất do thấm và phương pháp phân tử hữu hạn để mô phỏng dòng chảy lũ và đưa ra bộ thông số tương đối ổn định để dự báo lũ cho lưu vực. Vì còn nhiều hạn chế về thời lượng và nhiều thông tin khác, nên trong khoá luận này em chưa xét ảnh hưởng của việc sử dụng đất trên lưu vực đến dòng chảy, đến các tác động khác như điều kiện khí tượng, tình hình địa chất, dân sinh xã hội...

Khoá luận được hoàn thành tại Bộ môn Thủy văn Trường Đại học Khoa học Tự nhiên. Đây là những kết quả bước đầu trong nghiên cứu rất mong được sự đóng góp của các thầy cô và các bạn đồng nghiệp để công trình ngày càng hoàn thiện hơn.

## Chương 1

### TỔNG QUAN CÁC MÔ HÌNH MƯA - DÒNG CHẢY

#### 1.1. MÔ HÌNH TẮT ĐỊNH [8,10]

Mô hình toán thủy văn miêu tả hệ thống dưới dạng toán học. Sự vận hành của hệ thống được mô tả bằng một hệ phương trình liên kết giữa các biến vào, ra của hệ thống.

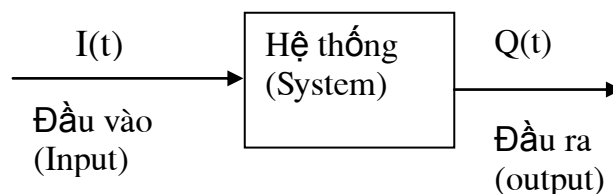
Trong mô hình này người ta không xét đến tính ngẫu nhiên, các biến vào ra không mang tính ngẫu nhiên, không mang một phân bố xác suất nào cả. Các đầu vào như nhau đi qua hệ thống sẽ cho ta cùng một sản phẩm đầu ra. VenteChow(1964) có nêu định nghĩa “Nếu các cơ hội xảy ra của các biến của quá trình thủy văn được bỏ qua trong mô hình toán, mô hình coi như tuân theo qui luật tắt định và có thể gọi là mô hình tắt định”[10].

Về ý nghĩa khái niệm tắt định như trên biểu thị mối quan hệ nhân quả của mô hình toán thủy văn. Việc mô tả hệ thống thủy văn thực theo mô hình tắt định gọi là mô phỏng tắt định (deterministic simulation) hệ thủy văn[10].

Những mô hình toán thủy văn tắt định trong thực tế thường dùng để mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy trên lưu vực, quá trình vận động nước trong sông. Nó cho khả năng xem xét, đánh giá được những phản ứng của hệ thống khi cấu trúc bên trong thay đổi.

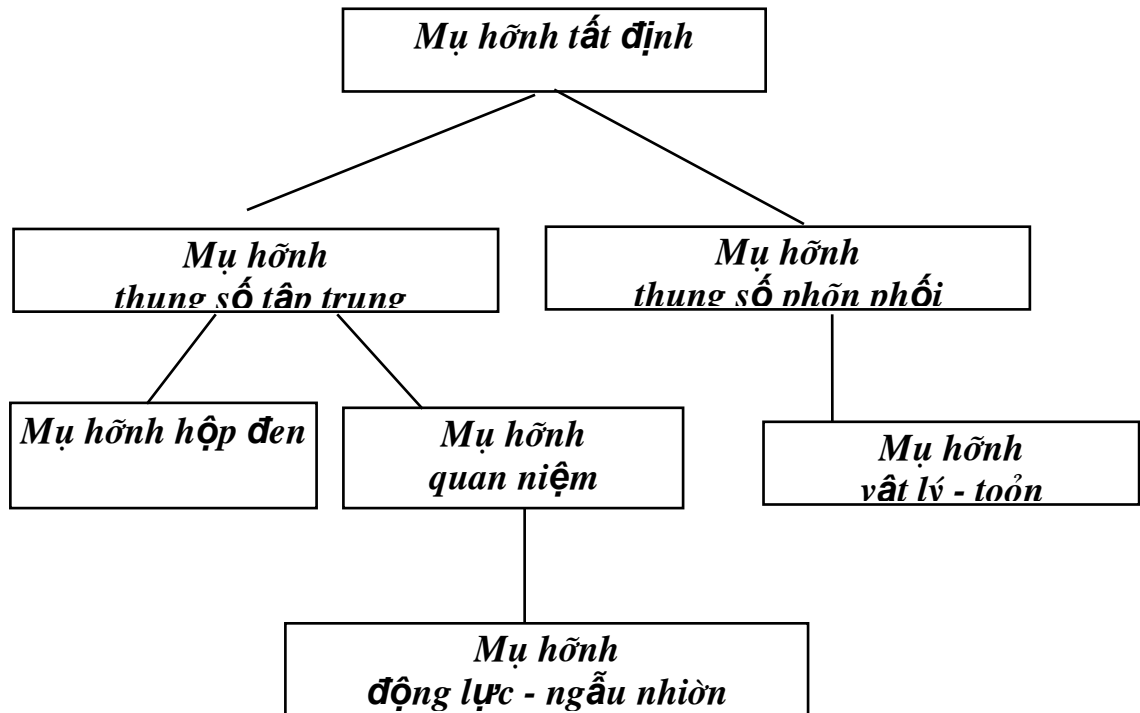
Xét trên quan điểm hệ thống, các mô hình thủy văn tắt định có các thành phần chính sau:

- Đầu vào của hệ thống
- Hệ thống
- Đầu ra của hệ thống



Hỡnh 1.1. Sơ đồ hệ  
tắt định [10]

Dựa trên cơ sở cấu trúc vật lý các mô hình thuỷ văn tất định được phân loại thành các mô hình thuỷ động lực học, mô hình nhận thức và mô hình hộp đen (hình 2.1) . **Dựa vào** sự xấp xỉ không gian, các mô hình thuỷ văn tất định còn được phân loại thành các mô hình thông số phân phối dải và các mô hình thông số tập trung.



**Hình 1.2.** Sơ đồ phân loại mô hình toán đĩnh chảy[10]

### 1.1.1 Mô hình tất định với thông số tập trung (*Lumped parameter model*)[8,10]

Trong mô hình này hệ thống được trung bình hoá trong không gian và các thông số coi như không thay đổi theo không gian mà chỉ nhận một giá trị đặc trưng cho cả hệ thống. Trong mô hình tất định với thông số tập trung, các quan hệ toán học thường biểu đạt bằng các phương trình vi phân thường với các quá trình lượng vào và lượng ra hệ thống chỉ phụ thuộc vào thời gian.

- *Mô hình tất định với thông số tập trung ổn định (Steady lumped parameter model)* Trong mô hình này dòng chuyển động là dòng ổn định, không thay đổi theo thời gian và không gian nghĩa là dòng vào và dòng ra bằng nhau, lượng biến đổi lượng trữ bên trong hệ thống bằng không, mối quan hệ giữa lượng nhất và lượng ra là đơn nhất.

- *Mô hình tất định với thông số tập trung không ổn định (Unsteady lumped parameter model)* Trong mô hình này dòng vào và dòng ra đều biến đổi theo thời gian và không bằng nhau. Từ đó dẫn đến sự thay đổi lượng trữ bên trong hệ thống. Quan hệ giữa lượng trữ và dòng ra có dạng vòng dây. Các mô hình toán thủy văn hiện nay hầu hết thuộc loại này.

### **1.1.2 Mô hình tất định với thông số phân bố (Distributed parameter model)[8,10]**

Các thông số được xem xét theo sự biến đổi không gian của hệ thống. Các phương trình biểu đạt các quan hệ là các phương trình đạo hàm riêng, chứa cả biến không gian và thời gian. Mô hình tất định với thông số phân bố cho phép mô tả sự biến đổi không gian của hiện tượng thủy văn. Nhưng khi đó bài toán xác định các thông số trở nên phức tạp hơn.

- *Mô hình tất định với thông số phân bố ổn định (Steady distributed parameter model)* Trong mô hình xem xét các dòng vào, dòng ra thay đổi theo không gian nhưng lại không thay đổi theo thời gian.

- *Mô hình tất định với thông số phân bố không ổn định (Unsteady distributed parameter model)* Đây là mô hình tổng quát nhất trong mô hình tất định. Dòng ra, dòng vào, các thông số đều thay đổi theo thời gian và không gian.

## **1.2. CÁC MÔ HÌNH MƯA-DÒNG CHẢY [1, 9, 10,13]**

### **1.2.1. Mô hình của Trung tâm khí tượng thủy văn Liên Xô (HMC) [8,9]**

Mô hình này mô phỏng quá trình tổn thất dòng chảy của lưu vực và sau đó ứng dụng cách tiệm cận hệ thống để diễn toán dòng chảy tới mặt cắt cửa ra của nó.

Lượng mưa hiệu quả sinh dòng chảy mặt P được tính từ phương trình:

$$P = h - E - I \quad (1.1)$$

trong đó: h - Cường độ mưa trong thời đoạn tính toán (6h, 12, 24h, ...); E - Lượng bốc thoát hơi nước; I - Cường độ thấm trung bình.

Với mô hình này thì do có liên quan đến lượng bốc hơi mà lượng bốc hơi trên các lưu vực còn thiếu rất nhiều và có những lưu vực không có điều kiện quan

trắc. Ngoài ra cường độ thấm trung bình thì thường được lấy trung bình cho toàn lưu vực với thời gian không xác định nên mô hình này còn nhiều hạn chế.

### 1.2.2. Mô hình SSARR [1,8,9,10, 13 ]

Mô hình SSARR do Rockwood D. xây dựng từ năm 1957, gồm 3 thành phần cơ bản:

- Mô hình lưu vực
- Mô hình điều hoà hồ chứa
- Mô hình hệ thống sông

Trong mô hình lưu vực, phương trình cơ bản của SSARR sử dụng để diễn toán dòng chảy trên lưu vực là luật liên tục trong phương pháp trữ nước áp dụng cho hồ thiên nhiên trên cơ sở phương trình cân bằng nước:

$$\left[ \frac{I_1 + I_2}{2} \right] \Delta t - \left[ \frac{O_1 + O_2}{2} \right] \Delta t = S_2 + S_1 \quad (1.2)$$

Phương trình lượng trữ của hồ chứa là :

$$\frac{dS}{dt} = T_s \frac{dQ}{dt} \quad (1.3)$$

Mô hình SSARR cho phép diễn toán trên toàn bộ lưu vực nhưng bên cạnh đó mô hình SSARR còn hạn chế là chỉ áp dụng được với những lưu vực không lớn, và với những lưu vực có điều kiện ẩm không đồng nhất thì khi tính toán sẽ cho kết quả mô phỏng không chính xác. Mô hình này không thể sử dụng một cách trực tiếp để điều tra (kiểm tra những tác động thủy văn của việc thay đổi đặc điểm lưu vực sông ví dụ như các kiểu thảm thực vật, việc bảo vệ đất và các hoạt động quản lý đất tương tự khác).

### 1.2.3. Mô hình TANK [1,8, 9,10]

Mô hình TANK được phát triển tại Trung tâm Nghiên cứu Quốc gia về phòng chống thiên tai tại Tokyo, Nhật Bản. Theo mô hình này, lưu vực được mô phỏng bằng chuỗi các bể chứa (TANK) theo tầng cái này trên cái kia phù hợp với phẫu diện đất. Nước mưa và do tuyết tan được quy về bể chứa trên cùng. Mỗi bể chứa có một cửa ra ở đáy và một hoặc hai cửa ra ở cuối thành bể, phía trên đáy.

Lượng nước chảy ra khỏi bể chứa qua cửa đáy vào bể chứa tầng sau trừ bể chứa tầng cuối, ở bể này lượng chảy xuống được xác định là tổn thất của hệ thống. Lượng nước qua cửa bên của bể chứa trở thành lượng nhập lưu cho hệ thống lòng dẫn. Số lượng các bể chứa, kích thước cũng như vị trí cửa ra là các thông số của mô hình.

*Hệ thức cơ bản của mô hình*

Mưa bình quân lưu vực (P)

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1.4)$$

Trong đó: n - số điểm đo mưa;  $X_i$  - lượng mưa tại điểm thứ i,  $W_i$  - trọng số của điểm mưa thứ i. Theo M.Sugawara  $W_i$  sẽ được chọn là một trong bốn số sau: 0,25; 0,5; 0,75; 1,0.

Bốc hơi lưu vực (E)

$$E = \begin{cases} 0,8EVT & \text{Khi } XA - PS - E \geq 0 \\ 0,75(0,8EVT - h_f) + h_f & \text{Khi } XA - PS - E < 0 \\ 0,6EVT & \text{va } XA - PS - H_f > 0 \\ & XA < PS \end{cases} \quad (1.5)$$

Cơ cấu truyền ẩm bể chứa trên cùng được chia làm hai phần: trên và dưới, giữa chúng xảy ra sự trao đổi ẩm. Tốc độ truyền ẩm từ dưới lên  $T_1$  và trên xuống  $T_2$  được tính theo công thức:

$$T_1 = TB_0 + \left(1 - \frac{XA}{PS}\right)TB \quad (1.6)$$

$$T_2 = TC_0 + \left(1 - \frac{XS}{SS}\right)TC \quad (1.7)$$

trong đó: XS, SS - lượng ẩm thực và lượng ẩm bão hoà phần dưới bể A,  $TB_0, TB, TC_0, TC$  - các thông số truyền ẩm, theo MSugawar chúng nhận những giá trị:

$$TB = TB_0 = 3 \text{ mm/ngày đêm}$$

$$TC = 1 \text{ mm/ngày đêm}$$



$$TC_0 = 0,5\text{mm/ngày đêm}$$

Dòng chảy từ bể A. Lượng nước đi vào bể A là mưa (P). Dòng chảy qua các cửa bên ( $YA_1, YA_2$ ) và cửa đáy ( $YA_0$ ) được xác định theo các công thức sau:

$$H_f \times A + P - PS \quad (1.8)$$

$$YA_0 = H_f A_0 \quad (1.9)$$

$$YA_1 = \begin{cases} (H_f - HA_1); & \text{khi } H_f > HA_1 \\ 0 & \text{khi } H_f \leq HA_1 \end{cases} \quad (1.10)$$

Trong mô hình, tác dụng điều tiết của sườn dốc đã tự động được xét thông qua các bể chứa xếp theo chiều thẳng đứng. Nhưng hiệu quả của tác động này không đủ mạnh và có thể coi tổng dòng chảy qua các cửa bên của bể  $YA_2 + YA_1 + YB_2 + YC_1 + YD_1$  chỉ là lớp cấp nước tại một điểm. Đây là một yếu điểm của mô hình TANK.

### 1.3. MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN SÓNG ĐỘNG HỌC 1 CHIỀU [1,9, 13]

#### 1.3.1. Giả thiết

Để xấp xỉ lưu vực sông bằng các phần tử hữu hạn, lòng dẫn được chia thành các phần tử lòng dẫn và sườn dốc được chia thành các dải tương ứng với mỗi phần tử lòng dẫn sao cho; trong mỗi dải dòng chảy xảy ra độc lập với dải khác và có hướng vuông góc với hướng dòng chảy lòng dẫn trong phần tử lòng dẫn. Việc chia dải cho phép áp dụng mô hình dòng chảy một chiều cho từng dải sườn dốc. Trong mỗi dải lại chia ra thành các phần tử sườn dốc sao cho độ dốc sườn dốc trong mỗi phần tử tương đối đồng nhất.

Mô hình phần tử hữu hạn sóng động học đánh giá tác động của việc sử dụng đất trên lưu vực đến dòng chảy được xây dựng dựa trên hai phương pháp: phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp SCS.

#### 1.3.2. Phương pháp phần tử hữu hạn [12 ]

Việc áp dụng lý thuyết phần tử hữu hạn để tính toán dòng chảy được *Zienkiewicz và Cheung (1965)* khởi xướng. Các tác giả này đã sử dụng phương pháp này để phân tích vấn đề dòng chảy thấm. Nhiều nhà nghiên cứu khác cũng đã áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn để giải quyết các vấn đề của dòng chảy *Oden và Somogyi (1969), Tong (1971)*.

*Judah (1973)* đã tiến hành việc phân tích dòng chảy mặt bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Tác giả đã sử dụng phương pháp số dư của Galerkin trong việc xây dựng mô hình diễn toán lũ và đã thu được kết quả thoả mãn khi mô hình được áp dụng cho lưu vực sông tự nhiên. Tác giả cho rằng mô hình phần tử hữu hạn dạng này gặp ít khó khăn khi lưu vực có hình học phức tạp, sử dụng đất đa dạng và phân bố mưa thay đổi.

Phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp với phương pháp Galerkin còn được *Al-Mashidani và Taylor (1974)* áp dụng để giải hệ phương trình dòng chảy mặt ở dạng vô hướng. So với các phương pháp số khác, phương pháp phần tử hữu hạn được coi là ổn định hơn, hội tụ nhanh hơn và đòi hỏi ít thời gian chạy hơn.

*Cooley và Moin (1976)* cũng áp dụng phương pháp Galerkin khi giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn cho dòng chảy trong kênh hở và thu được kết quả tốt. ảnh hưởng của các kỹ thuật tổng hợp thời gian khác nhau cũng được đánh giá.

Phương pháp phần tử hữu hạn đặc biệt được ứng dụng vào việc đánh giá ảnh hưởng của những thay đổi trong sử dụng đất đến dòng chảy lũ vì lưu vực có thể được chia thành một số hữu hạn các lưu vực con hay các phần tử. Những đặc tính thủy văn của một hoặc tất cả các phần tử có thể được thay đổi để tính toán các tác động đến phản ứng thủy văn của toàn bộ hệ thống lưu vực.

### **1.3.3. Xây dựng mô hình [12]**

*Desai và Abel (1972)* đã kể ra những bước cơ bản trong phương pháp phần tử hữu hạn như sau:

1. Rời rạc hoá khối liên tục.
2. Lựa chọn các mô hình biến số của trường.
3. Tìm các phương trình phần tử hữu hạn.
4. Tập hợp các phương trình đại số cho toàn bộ khối liên tục đã được rời rạc hoá.
5. Giải cho vector của các biến của trường tại nút.
6. Tính toán các kết quả của từng phần tử từ biên độ của các biến của trường tại nút.

Những bước này sẽ được sử dụng trong việc phát triển mô hình dòng chảy mặt và dòng chảy trong sông sau đây.

#### *1. Rời rạc hoá khối liên tục*

Khối liên tục, tức là hệ thống vật lý đang nghiên cứu được chia thành một hệ thống tương đương gồm những phần tử hữu hạn. Việc rời rạc hoá thực sự là một quá trình cân nhắc vì số lượng, kích thước và cách sắp xếp của các phần tử hữu hạn đều có liên quan đến chúng. Dù vậy cần xác định phần tử sao cho bảo toàn được tính chất đồng nhất thủy văn. Tính chất đồng nhất thủy lực cũng là một mục tiêu cần xem xét khi tạo ra lưới phần tử hữu hạn. Có thể sử dụng một số lượng lớn các phần tử, nhưng thực tế thường bị hạn chế bởi thời gian và kinh tế.

## 2. Lựa chọn mô hình biến số của trường

Bước này bao gồm việc lựa chọn các mẫu giả định về các biến của trường trong từng phần tử và gán các nút cho nó. Các hàm số mô phỏng xấp xỉ sự phân bố của các biến của trường trong từng phần tử hữu hạn là các phương trình thủy động học: liên tục và động lượng. Hệ phương trình này đã được chứng tỏ có thể áp dụng cho cả dòng chảy trên mặt và dòng chảy trong kênh.

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (1.11)$$

Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) = gA(S - S_f) - gA \frac{\partial y}{\partial x} \quad (1.12)$$

trong đó: Q - Lưu lượng trên bãi dòng chảy trên mặt hoặc trong kênh; q - dòng chảy bổ sung ngang trên một đơn vị chiều dài của bãi dòng chảy (mưa vượt thấm đối với bãi dòng chảy trên mặt và vào đầu ra của dòng chảy trên mặt đối với kênh dẫn); A - Diện tích dòng chảy trong bãi dòng chảy trên mặt hoặc trong kênh dẫn; x: khoảng cách theo hướng dòng chảy; t - thời gian; g - gia tốc trọng trường; S - độ dốc đáy của bãi dòng chảy;  $S_f$  - độ dốc ma sát; y - độ sâu dòng chảy.

Việc xấp xỉ sóng động học được áp dụng đối với phương trình động lượng. Đó là sự lựa chọn để áp dụng tốt nhất vì các điều kiện biên và điều kiện ban đầu chỉ cần áp dụng đối với phương trình liên tục. Tính đúng đắn của quá trình này đã được nói đến trong nhiều tài liệu (*Lighthill và Witham, 1955; Woolhiser và Liggett, 1967*).

Việc xấp xỉ động học đòi hỏi sự cân bằng giữa các lực trọng trường và quán tính trong phương trình động lượng và dòng chảy là hàm số chỉ phụ thuộc vào độ sâu. Do đó phương trình động lượng có thể rút gọn về dạng:

$$S = S_f \quad (1.13)$$

Phương trình (1.11) có thể biểu diễn dưới dạng phương trình dòng chảy đều như phương trình Chezy hoặc Manning. Phương trình Manning được chọn cho việc giải này:

$$Q = \frac{1}{\eta} R^{2/3} S^{1/2} A \quad (1.14)$$

Trong đó: R - bán kính thủy lực;  $\eta$  - hệ số nhám Manning

Sau khi xấp xỉ sóng động học sẽ còn lại hai biến của trường cần xác định là A và Q. Cả hai đều là những đại lượng có hướng, do vậy có thể áp dụng sơ đồ một chiều. Khi được biểu diễn trong dạng ẩn tại các điểm nút, A và Q có thể được coi là phân bố trong từng phần tử theo x như sau:

$$A(x,t) \approx A^*(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x) A_i(t) = [N]\{A\} \quad (1.15)$$

$$Q(x,t) \approx Q^*(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x) Q_i(t) = [N]\{Q\} \quad (1.16)$$

trong đó:  $A_i(t)$  - diện tích mặt cắt, là hàm số chỉ phụ thuộc vào thời gian;  $Q_i(t)$  - lưu lượng dòng chảy sườn dốc hoặc trong sông, hàm số chỉ phụ thuộc vào thời gian,  $N_i(x)$  - hàm số nội suy; n - số lượng nút trong một phần tử.

Đối với một phần tử đường một chiều,  $n = 2$  và:

$$A^0(x,t) = N_i(x) A_i(t) + N_{i+1}(x) A_{i+1}(t) \quad (1.17)$$

$$Q^0(x,t) = N_i(x) Q_i(t) + N_{i+1}(x) Q_{i+1}(t) \quad (1.18)$$

trong đó:

$$N_i(x) = \frac{x_{i+1} - x}{\Delta x_i} \quad \text{và} \quad N_{i+1}(x) = \frac{x - x_i}{\Delta x_i} \quad \text{với} \quad x \in (x_i, x_{i+1})$$

Các hàm nội suy thường được coi là các hàm tọa độ vì chúng xác định mối quan hệ giữa các tọa độ tổng thể và địa phương hay tự nhiên.

Các hàm nội suy đối với các phần tử đường đã được trình bày trong nhiều bài viết về phần tử hữu hạn (Desai và Abel, 1972; Huebner, 1975).

### 3. Tìm hệ phương trình phần tử hữu hạn

Việc tìm các phương trình phần tử hữu hạn bao gồm việc xây dựng hệ phương trình đại số từ tập hợp các phương trình vi phân cơ bản. Có 4 quy trình thường được sử dụng nhất là: phương pháp trực tiếp, phương pháp cân bằng năng lượng, phương pháp biến thiên và phương pháp số dư có trọng số.

Phương pháp số dư có trọng số của Galerkin được lựa chọn cho việc thiết lập các phương trình vì phương pháp này, đã được chứng tỏ là một phương pháp tốt đối với các bài toán về dòng chảy mặt (Judah, 1973; Taylor và nnk, 1974).

Phương pháp Galerkin cho rằng tích phân:

$$\int_D N_i R \, dD = 0 \quad (1.19)$$

D- khối chứa các phần tử; R- số dư sẽ được gán trọng số trong hàm nội suy  $N_i$

Do phương trình (1.25) được viết cho toàn bộ không gian nghiệm nên nó có thể được áp dụng cho từng phần tử như dưới đây, ở đó hàm thử nghiệm sẽ được thay thế vào phương trình (1.25) và lấy tích phân theo từng phần tử của không gian:

$$\sum_{i=1}^{NE} \int_{D_e} \left\{ N_i \left[ \frac{\partial Q}{\partial x} + \dot{A} - q \right] \right\} dD_e = 0 \quad (1.20)$$

trong đó: NE- số phần tử trong phạm vi tính toán;  $\dot{A}$  - đạo hàm của diện tích theo thời gian,  $D_e$  - phạm vi của một phần tử.

Xét riêng một phần tử, phương trình (10) trở thành:

$$\int_{D_e} \left[ N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\} - N_i q \right] dD_e = 0 \quad (1.21)$$

Đối với 1 phần tử là đoạn thẳng, phương trình này có thể viết như sau

$$\int_{x_1}^{x_2} \left[ N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\}_i - N_i q \right] dx = 0 \quad (1.22)$$

Lấy tích phân của từng số hạng trong (1.20):

$$\int_{x_1}^{x_2} \left( N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \right) dx \{Q\} = \int_{x_1}^{x_2} \begin{bmatrix} N_1 \frac{\partial N_1}{\partial x} & N_1 \frac{\partial N_2}{\partial x} \\ N_2 \frac{\partial N_1}{\partial x} & N_2 \frac{\partial N_2}{\partial x} \end{bmatrix} dx \{Q\}$$

$$\int_{x_1}^{x_2} N_1 \frac{\partial N_1}{\partial x} dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} \right) dx = - \int_{x_1}^{x_2} \frac{x - x_1}{(x_2 - x_1)^2} dx = -\frac{1}{2}$$

Tương tự, lấy tích phân của tất cả các số hạng khác, cuối cùng nhận được:

$$\int_{x_1}^{x_2} \left( N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \right) dx \{Q\} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \{Q\} = [F_Q] \{Q\}$$

$$\int_{x_1}^{x_2} (N_i N_j) dx \{\dot{A}\} = \Delta x \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{6} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \{\dot{A}\} = [F_A] \{\dot{A}\}$$

$$\int_{x_1}^{x_2} N_i dx q = \Delta x q \begin{Bmatrix} \frac{1}{2} \\ 2 \\ \frac{1}{2} \end{Bmatrix} = q \{F_q\}$$

Kết hợp cả ba số hạng trên ta được phương trình đối với một phần tử hữu hạn tuyến tính:

$$[F_A] \{\dot{A}\} + [F_Q] \{Q\} - q \{F_q\} = 0 \quad (1.23)$$

Nếu đạo hàm của diện tích theo thời gian được lấy xấp xỉ ở dạng:

$$\dot{A}(t) = [A(t+\Delta t) - A(t)]/\Delta t$$

phương trình (13) trở thành:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_t + [F_Q] \{Q\} - q \{F_q\} = 0 \quad (1.24)$$

#### 4. Tổng hợp hệ phương trình đại số cho toàn bộ miền tính toán

Hệ phương trình thiết lập cho lưới phần tử hữu hạn gồm n phần tử được thiết lập sao cho có thể bao hàm được toàn bộ số phần tử. ở đây, do các dải được diễn toán một cách độc lập nên phương trình tổng hợp cần phải viết cho từng dải và từng kênh dẫn. Quá trình tổng hợp hệ phương trình cho n phần tử tuyến tính với (n+1) nút được thực hiện như sau:

Viết phương trình (1.22) cho n phần tử tuyến tính ta có phương trình dạng:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_t + [F_Q] \{Q\} - q \{F_q\} = 0 \quad (1.25)$$

Trong đó:

$$[F_A] = \begin{bmatrix} \frac{l_1}{3} & \frac{l_1}{6} & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ \frac{l_1}{6} & \frac{l_1}{3} + \frac{l_2}{3} & \frac{l_2}{6} & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ 0 & \frac{l_2}{6} & \frac{l_2}{3} + \frac{l_3}{3} & \frac{l_3}{6} & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{l_3}{6} & \frac{l_3}{3} + \frac{l_4}{3} & \frac{l_4}{6} & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{l_4}{6} & \frac{l_4}{3} + \frac{l_5}{3} & \frac{l_5}{6} & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{l_5}{6} & \frac{l_5}{3} + \frac{l_6}{3} & \frac{l_6}{6} & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 & \frac{l_{n-2}}{6} & \frac{l_{n-2}}{3} + \frac{l_{n-1}}{3} & \frac{l_{n-1}}{6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & \frac{l_{n-1}}{6} & \frac{l_{n-1}}{3} + \frac{l_n}{3} & \frac{l_n}{6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 & \frac{l_n}{6} & \frac{l_n}{3} \end{bmatrix}$$

$$[F_Q] = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

$$\{f_q\} = \left\{ \begin{array}{c} \frac{l_1 q_1}{2} \\ \frac{l_1 q_1}{2} + \frac{l_2 q_2}{2} \\ \frac{l_2 q_2}{2} + \frac{l_3 q_3}{2} \\ \frac{l_3 q_3}{2} + \frac{l_4 q_4}{2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{l_{n-1} q_{n-1}}{2} + \frac{l_n q_n}{2} \\ \frac{l_n q_n}{2} \end{array} \right\}$$

trong đó các chỉ số của A và Q là số thứ tự của nút, các chỉ số l và q là các chỉ số của phần tử.

### 5. Giải hệ phương trình cho véc tơ các biến của trường tại các nút

Hệ phương trình phần tử hữu hạn (1.25) với các ẩn số là các biến tại các nút có thể được giải bằng phương pháp khử Gauss. Hệ phương trình đại số tuyến tính có thể được giải trực tiếp bằng phép khử Gauss. Hệ phương trình phi tuyến cần phải giải thông qua các bước lặp. Các điều kiện ban đầu có thể làm hệ phương trình trở nên đơn giản hơn. Ví dụ, đối với một dải chứa n phần tử tuyến tính và n+1 nút, trên các bãi dòng chảy sườn dốc của kênh tại thời điểm  $t = 0$ , có một vài số hạng sẽ bằng 0. Phương trình phần tử hữu hạn trở thành:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} = \{f_q\} \quad (1.26)$$

Sau khi giải hệ phương trình này tìm các ẩn  $\{A\}$ , phương trình Manning được sử dụng để tìm các ẩn  $\{Q\}$ .

Điều kiện biên tiếp theo có thể làm đơn giản hoá việc giải hệ phương trình là lưu lượng bằng 0 ở mọi thời điểm tại các biên trên hoặc tại các nút của các dải và kênh dẫn. Có một ngoại lệ là trường hợp tương tự như đối với 3 bãi dòng chảy sườn dốc và 3 kênh dẫn khi lưu lượng ở mọi thời điểm t tại nút trên cùng của kênh thứ 3 là tổng của các lưu lượng tại các nút dưới của 2 kênh khác.



Các giá trị A và Q tìm được tại một bước thời gian sẽ được đưa vào phương trình phân tử hữu hạn để tìm các giá trị A, Q ở bước thời gian tiếp theo. Các giá trị  $\{A\}_{t+\Delta t}$ ,  $\{Q\}_{t+\Delta t}$  tại một bước thời gian tính toán sẽ trở thành các giá trị  $\{A\}_t$  và  $\{Q\}_t$  trong bước thời gian tính toán tiếp theo. Quá trình này được thực hiện cho đến khi tìm được kết quả cần thiết.

#### *6. Tính toán các phần tử tạo thành từ biên độ của các biến của trường tại nút*

Việc giải hệ các phương trình thường được sử dụng để tính toán các ẩn số bổ sung hay là các biến của trường thứ hai. Trong trường hợp này, phương trình Manning cho giá trị Q tại các nút sau khi các giá trị A đã được tính toán từ phương trình phân tử hữu hạn.

#### **1.3.4. Chương trình diễn toán lũ [1,9,13]**

Trong chương trình đưa vào các đặc trưng thủy văn như độ dốc, hệ số Manning, mưa vượt thềm trong từng phần tử. Các công trình chậm lũ hoặc hồ chứa cũng có thể được mô hình hoá. Đầu vào của quá trình diễn toán lũ là lượng mưa vượt thềm được tính theo phương pháp SCS. Hệ số Manning của từng phần tử cũng được xác định theo cách lấy trung bình có trọng số. Độ dốc của từng phần tử có thể xác định theo bản đồ độ dốc được xác định theo phương pháp trung bình trọng số. Độ dốc của các lòng dẫn có thể tìm được theo tỷ lệ giữa độ chênh cao (xác định theo bản đồ địa hình) và chiều dài đoạn lòng dẫn.

#### **1.3.5. Kiểm tra mô hình [1,9,12, 13]**

Số liệu đo đạc dòng chảy từ các bãi dòng chảy sườn dốc của Crawford và Linsley (1966), đã được sử dụng để kiểm tra tính đúng đắn của chương trình diễn toán lũ đối với dòng chảy sườn dốc. Phương pháp xấp xỉ bằng phân tử hữu hạn cho kết quả có thể thoả mãn mặc dù việc lấy hệ số Manning biến đổi theo độ sâu có thể còn cho kết quả tốt hơn nữa. Mô hình này còn có thể áp dụng cho cả lưu vực lớn trong tự nhiên (Ross, 1975). Các phép kiểm tra sự hội tụ, tính ổn định và ảnh hưởng của việc phân bố các lưới ô khác nhau đến dòng chảy lũ cũng được xét đến (Ross, 1975).

### **1.4. PHƯƠNG PHÁP SCS [1,13, 15]**

#### **1.4.1. Các phương trình thềm [15]**

Trong các mô hình thì lượng mưa hiệu quả hoặc lượng tổn thất dòng chảy được ước tính theo thông qua phương trình khuếch tán ẩm, phương trình Boussinerq, các phương trình thẩm thực nghiệm của Green- Ampt, Holton, Phillip, phương trình cân bằng nước và phương pháp hệ số dòng chảy.

+ **Công thức Holton\_ Popov** cho rằng tốc độ thấm có thể đạt giá trị max nào đó rồi giảm dần đến ổn định.

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (1.27)$$

trong đó:  $f(t)$ - Tốc độ thấm tại thời điểm  $t$ ;  $f_c$ - Tốc độ thấm ổn định;  $f_0$ - Tốc độ thấm ban đầu (max);  $k$ - Hệ số thấm.

+ **Phương pháp mô hình thấm của Green- Ampt** tính toán quá trình thấm theo hai giai đoạn: bão hoà và sau bão hoà

- Giai đoạn bão hoà ( $f < f_s$ ) thì :

$$f_s = \frac{S \cdot IMD}{\frac{i}{k_s} - 1} \quad \text{với } i > k_s \text{ và } f = i \quad (1.28)$$

- Giai đoạn sau bão hoà ( $f \geq f_s$ ) thì:

$$f \approx f_p = k_s \left(1 + \frac{S \cdot IMD}{F}\right) \quad (1.29)$$

trong đó:  $f$ - Cường độ thấm vào đất;  $f_p$ - Cường độ thấm khả năng;  $i$ - Cường độ mưa;  $F$ - Lượng thấm lũy tích;  $F_s$ - Lượng thấm lũy tích tính đến trạng thái bão hoà;  $S$ - thể hút trên mặt ẩm;  $IMD$ - Độ thiếu hụt ban đầu;  $k_s$ - Hệ số thấm thuỷ lực bão hoà.

+ **Phương trình thấm Philip\_ Alecxâyev**

$$f(t) = \frac{1}{2} \frac{S}{t^{1/2}} + K \quad (1.30)$$

trong đó:  $f(t)$ : cường độ thấm,  $S$ : độ mao dẫn của đất,  $K$ : hệ số thấm

#### 1.4.2. Nội dung phương pháp SCS [1. 8.13, 15]

Cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ (1972), đã phát triển một phương pháp để tính tổn thất dòng chảy từ mưa rào (gọi là phương pháp SCS). Ta đã thấy, trong một trận mưa rào, độ sâu mưa hiệu dụng hay độ sâu dòng chảy trực tiếp  $P_e$  không bao giờ vượt quá độ sâu mưa  $P$ . Tương tự như vậy, sau khi quá trình dòng chảy bắt

đầu, độ sâu nước bị cầm giữ có thực trong lưu vực,  $F_a$  bao giờ cũng nhỏ hơn hoặc bằng một độ sâu nước cầm giữ có thực trong lưu vực, mặt khác  $F_a$  bao giờ cũng nhỏ hơn hoặc bằng một độ sâu nước cầm giữ tiềm năng tối đa nào đó  $S$  (hình 1.3). Đồng thời còn có một lượng  $I_a$  bị tổn thất ban đầu nên không sinh dòng chảy, đó là lượng tổn thất ban đầu trước thời điểm sinh nước đọng trên bề mặt lưu vực. Do đó, ta có lượng dòng chảy tiềm năng là  $P - I_a$ . Trong phương pháp SCS, người ta giả thiết rằng tỉ số giữa hai đại lượng có thực  $P_e$  và  $F_a$  thì bằng với tỉ số giữa hai đại lượng tiềm năng  $P - I_a$  và  $S$ . Vì vậy ta có:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (1.31)$$

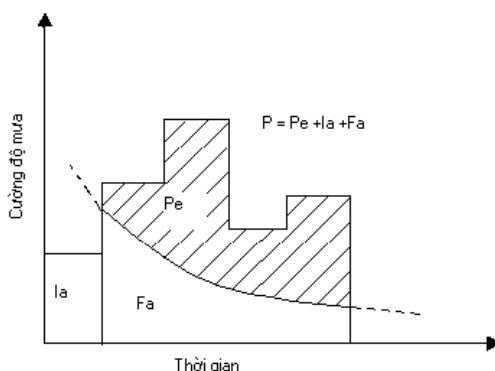
Từ nguyên lí liên tục, ta có:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (1.32)$$

Kết hợp (1.25) và (1.26) để giải  $P_e$

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (1.33)$$

Đó là phương trình cơ bản của phương pháp SCS để tính độ sâu mưa hiệu dụng hay dòng chảy trực tiếp từ một trận mưa rào.



Hình 1.3. Các biến số cú tổn thất dừng chảy trong phương pháp

$I_a$  - độ sâu tổn thất ban đầu;  $P_e$  - độ sâu mưa hiệu dụng;  $F_a$  - độ sâu thấm liên tục;  $P$  - tổng độ sâu mưa.

Qua nghiên cứu các kết quả thực nghiệm trên nhiều lưu vực nhỏ, người ta đã xây dựng được quan hệ kinh nghiệm:

$$I_a = 0,2S$$

Trên cơ sở này, ta có: 
$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (1.34)$$

Lập đồ thị quan hệ giữa P và P<sub>e</sub> bằng các số liệu của nhiều lưu vực, người ta đã tìm ra được họ các đường cong. Để tiêu chuẩn hoá các đường cong này, người ta sử dụng số hiệu của đường cong, CN làm thông số. Đó là một số không thứ nguyên, lấy giá trị trong khoảng  $0 \leq CN \leq 100$ . Đối với các mặt không thấm hoặc mặt nước, CN = 100; đối với các mặt tự nhiên, CN < 100. Số hiệu của đường cong và S liên hệ với nhau qua phương trình (1.35) và (1.36):

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (1.35)$$

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (1.36)$$

+ *Nhận xét và lựa chọn mô hình toán*: Với ưu điểm của mô hình phần tử hữu hạn sóng động học là việc xấp xỉ sườn dốc và lòng dẫn bằng các phần tử hữu hạn một chiều cho phép mô phỏng địa hình, thổ nhưỡng và sử dụng đất một cách khá chi tiết, thuật toán lại đơn giản dễ thực hiện trên máy tính và cho phép đánh giá tác động của môi trường đến dòng chảy. Và có thể chia lưu vực ra thành các phần tử rất chi tiết khi đó có thể tính toán mô phỏng dòng chảy sinh ra từ mưa ứng với từng phần tử của lưu vực. Và mưa trên lưu vực lại được tính thông qua phương pháp SCS về tổn thất dòng chảy, phương pháp này có tính đến cả tổn thất ban đầu cường độ thấm liên tục nên việc tính mưa hiệu quả theo phương pháp này là tương đối chính xác. Việc kết hợp mô hình phần tử hữu hạn sóng động học với phương pháp tính tổn thất do thấm SCS sẽ cho kết quả mô phỏng chính xác nhất. Với ưu điểm trên nên trong khoá luận này em ứng dụng hai phương pháp trên để mô phỏng dòng chảy cho lưu vực sông Tả Trạch, với điều kiện hiện nay với công nghệ GIS chỉ có thể chia lưu vực ra thành một số hữu hạn các phần tử, có thể trong tương lai khi công nghệ về GIS phát triển hơn nữa thì có thể phân chia lưu vực ra thành các phần tử chi tiết hơn và khi đó sẽ cho kết quả mô phỏng chính xác hơn.

## Chương 2

### ĐIỀU KIỆN ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN LƯU VỰC SÔNG TẢ TRẠCH - TRẠM THƯỢNG NHẬT

#### 2.1. VỊ TRÍ ĐỊA LÝ [ 2, 5]

Sông Tả Trạch bắt nguồn từ vùng núi cao thuộc dãy Trường Sơn, trải dài từ 107.37'48" đến 107.43'12" kinh độ đông, và từ 16<sup>00</sup> đến 16.10'12" vĩ độ bắc. Trạm Thượng Nhật nằm ở 16<sup>07</sup>' vĩ độ bắc và 107<sup>41</sup>' kinh độ đông. Sông Tả Trạch nằm trọn trong tỉnh Thừa thiên Huế phía bắc và tây bắc giáp lưu vực sông Hữu Trạch, phía tây và tây nam giáp dãy Trường Sơn.

Với điều kiện địa lý như vậy lưu vực sông Tả Trạch có vị trí rất thuận lợi cho việc nhận ẩm gây mưa trên lưu vực từ biển vào nên lượng mưa hàng năm trong khu vực là tương đối lớn.

#### 2.2. ĐỊA HÌNH [2 ]

Nằm ở phía đông thuộc dãy Trường Sơn, lưu vực sông Tả Trạch có địa hình rất phức tạp địa hình chủ yếu là núi cao, và một phần là trung du và đồng bằng với nhiều nhánh núi từ dãy Trường Sơn đâm ngang ra biển theo hướng Tây Bắc - Đông Nam hình thành nên các thung lũng. Địa hình nói chung trên lưu vực có độ cao trung bình từ 100 – 1000m. đỉnh cao nhất có độ cao trên 1000m là đỉnh thuộc dãy Trường Sơn. địa hình dốc có xu thế thấp dần theo hướng Tây Nam - Đông Bắc và hướng Tây- Đông.

Vùng đồi núi có độ dốc biến đổi từ 30-35% hay 15-30<sup>0</sup>, lại phân bố kề cận với vùng đồng bằng (khoảng 13,5%) và ngay giữa đồng bằng, không những khống chế dòng chảy chung từ Tây - Đông còn đóng vai trò bức tường chắn bão áp thấp nhiệt đới gây ra " mưa định hình" mà còn hạn chế chiều dài, diện tích lưu vực của sông, và tăng diện tích của đáy sông, với độ dốc trung bình đáy sông từ 2 - 25 (m/km) đôi

khi còn lớn hơn. Vùng trung du gồm những đồi núi thấp, nhấp nhô, độ cao từ 100 – 500m độ dốc trung bình tương đối lớn khoảng 5 - 8°.

Vùng đồng bằng nằm ở hạ lưu dòng sông, nhìn chung địa hình không được bằng phẳng, độ dốc trung bình khoảng <math>5^0</math>, độ cao dưới 100m. Với địa hình phức tạp và độ dốc lớn như vậy đặc biệt là vùng núi nó làm tăng khả năng tập trung dòng chảy mặt trên lưu vực.

### 2.3. ĐỊA CHẤT, THỔ NHƯỠNG [4.6]

Các chi lưu của sông Tả Trạch chảy qua các vùng đá gốc khác nhau. Thượng nguồn sông Tả Trạch chảy qua các đá mắc ma của phức hệ Hải Vân, Quế Sơn, Hải Lộc và chảy qua các đá trầm tích - biến chất thuộc hệ tầng A Vương, hệ tầng Tân Lâm. Trên lưu vực sông Tả Trạch có móng đá gốc cấu tạo bởi các đá thuộc hệ tầng Cô Bai ( $D_{2-3cb}$ ) hệ tầng lòng đại ( $O_{3-s11d}$ ) và hệ tầng Tân Lâm ( $D_{1-2tl}$ ). Khu vực này có các móng đá gốc bồn Trũng nằm ở độ sâu khoảng 50-70m. Bề mặt móng đá gốc ở trên lưu vực sông Tả Trạch có hướng nghiêng từ Tây sang Đông có độ dốc khoảng  $5^0$ .

#### 2.3.1. Mô tả địa tầng

Ở lưu vực sông Tả Trạch Mioxen ( $N_1^3$ ) có các lớp cơ bản sau.

Lớp cuội, sỏi, lẫn ít tầng màu vàng xám đến màu xám trắng.

Lớp cát kết chứa trên cuội sỏi màu xám cho, xám trắng, có chứa nhiều vật chất hữu cơ và ngậm ít ô xít sắt màu nâu vàng.

Lớp cát thạch anh xen kẽ những lớp sét chứa nhiều vật chất hữu cơ.

Hạ- Trung Pleixtonxen ( $Q_{1-II}$ ) trong lưu vực gồm có các lớp:

Lớp cuội - sỏi hỗn tạp (đá khoáng), lớp cát màu xám vàng xen lẫn các lớp mỏng hoặc các thấu kính cát pha. Lớp này có diện phân bố hẹp, ít phổ biến.

Các thành tạo trầm tích chung ( $Q_2$ ) trong lưu vực có các lớp:

Lớp sét pha màu xám cho, phân lớp rõ ràng chiều dày ổn định.

Lớp cát pha màu xám cho lẫn khoảng 5%-10% sạn sỏi có độ mài mòn kém.

Lớp sét có chứa nhiều vật chất hữu cơ tích tụ lại thành từng lớp và bị nén chặt lại. Tầng này có nguồn gốc sông - biển, vì vậy chúng phân bố rộng rãi trong khu vực. Chiều dày của chúng ổn định dao động từ khoảng 45 - 50 m.

Trầm tích pleistocen( $Q_{III}$ ) thượng khu vực sông Tả Trạch gặp ở nhiều nơi, vừa lộ ra trên mặt vừa gặp trong các hố khoan sâu trong lưu vực, thành phần chủ yếu gồm có:

Tầng sét, sét pha, cát và cát pha. Phần trên của những lớp này thường bị laterit hoá nên xuất hiện màu loang lổ. Tầng cát, cát pha màu vàng rất đặc trưng, phân bố thành từng dải. Thành phần chính là cát thạch anh hạt mịn đều trung bình.

Các thành phần trầm tích trong thời kỳ Holocen ( $Q_{IV}$ ) là bộ tầng quan trọng tạo nên diện mạo hiện tại của vùng đồng bằng khu vực sông tả Trạch có các lớp:

Lớp cát màu xám vàng hạt khô đến trung bình.

Lớp sét, cát chứa bùn hữu cơ màu xám xanh chiều dày ở trong lưu vực khoảng từ 10 - 20 m.

+ Tầng trầm tích tuổi ( $Q_{IV}^2$ ) cũng khá phổ biến, Thành phần chính là sét, sét pha, một vài khu vực các bộ xuất hiện các lớp bùn mỏng. Trong tầng này có chứa nhiều vật chất hữu cơ nên có màu đen rất đặc trưng. Vị trí của tầng này tương đối ổn định. Dọc bờ sông tả Trạch lộ ra ở mức xấp xỉ mặt nước vào mùa khô.

### **2.3.2 Thổ nhưỡng**

Các loại đất trên lưu vực sông Tả Trạch:

Đất phù sa chua có diện tích 8.172 km<sup>2</sup> chiếm 3.92%

Đất xám Feralit có diện tích 167.2 km<sup>2</sup> chiếm 80.27%

Đất xám mùn trên núi có diện tích 32.91 km<sup>2</sup> chiếm 15.81%

Là thượng lưu sông Hương, sông Tả Trạch chảy qua nhiều vùng đá gốc khác nhau lượng mưa tập trung dòng chảy mặt lớn do các loại thổ nhưỡng này có khả năng thấm nước là không cao. Thổ nhưỡng lưu vực sông Hương xấu thường nghèo bùn, ít đạm, nghèo lân, nghèo Kali nên năng suất cây trồng thấp.

## **2.4. THẨM PHỦ THỰC VẬT [ 6, 7]**

Lớp phủ thực vật đóng vai trò quan trọng đối với khả năng hình thành lũ lụt đó là khả năng điều tiết nước. Rừng tự nhiên trên lưu vực bị tàn phá nghiêm trọng do tình trạng chặt phá rừng và tậ quán sống du canh du cư phá rừng làm nương dẫy dẫn đến suy giảm diện tích rừng tự nhiên làm tăng độ xói mòn đất

Tuy nhiên sau gần 10 năm (1990 - 1999), diện tích rừng trồng tăng thêm được khá nhiều, nâng độ che phủ của rừng trong khu vực từ 47,5% lên tới 55,5% đây là một tỷ lệ khá lớn so với trung bình cả nước chỉ là 45%.



*Hình 2.1. Bản đồ mạng lưới sông suối lưu vực Tả Trách*

*Hình 2.2. Bản đồ địa hình lưu vực Tả Trạch*

*Hình 2.3.* Bản đồ sử dụng đất lưu vực Tả Trạch

*Hình 2.4.* Bản đồ rừng lưu vực Tả Trạch

Hình 2.5. Bản đồ độ dốc lưu vực Tả Trạch

Bảng 2.2 Hiện trạng rừng năm 2000 lưu vực sông Tả Trạch

Stt	Loại rừng	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Phần trăm diện tích (%)
1	Rừng tự nhiên lá rộng thường xanh thưa	53.5	25.71
2	Rừng tự nhiên lá rộng thường xanh kín	1.3	0.62
3	Rừng tự nhiên lá rộng thường xanh trung bình	37.3	17.92
4	Đất trồng cây bụi tre nửa rải rác, trồng cỏ	28.1	13.5
	Đất trồng cây gỗ rải rác	70.1	33.69
6	Nương rẫy xen dân cư	17.8	8.55

Nhìn chung lớp phủ thực vật trên lưu vực sông tả Trạch khá phong phú, và có rất nhiều loại cây sinh sống, đặc biệt là rừng tự nhiên có một diện tích khá cao. Với tỷ lệ che phủ cũng khá cao nên nó góp phần đáng kể cho việc giữ nước trên lưu vực làm giảm lượng dòng chảy mặt đáng kể.

## 2.5. KHÍ HẬU [14]

Lưu vực sông Tả Trạch nằm trọn trong tỉnh Thừa thiên Huế là một tỉnh cực Nam của vùng duyên hải Bắc Trung Bộ, có diện tích đất tự nhiên 208 km<sup>2</sup>, nằm

giữa vĩ tuyến  $15^{\circ}30'$  đến  $16^{\circ}20'$  vĩ độ Bắc và kinh tuyến  $107^{\circ}30'$  -  $108^{\circ}$  kinh độ Đông.

Lưu vực sông Tả Trạch nằm trong vĩ độ nhiệt đới nên thừa hưởng một chế độ bức xạ phong phú và có một nền nhiệt độ cao, nằm giữa Việt Nam, tỉnh thừa Thiên Huế hay cụ thể là lưu vực sông Tả Trạch là vùng chuyển tiếp giữa khí hậu miền Bắc và khí hậu miền Nam còn dãy Bạch Mã là ranh giới tự nhiên giữa 2 miền, miền Bắc và miền Nam.

Vì vậy đây là nơi diễn ra sự tương tác giữa các vùng không khí xuất phát từ các trung tâm khí hậu tác động khác nhau trong khu vực gió mùa Đông Nam Á, không khí lạnh từ phía Bắc tràn xuống, không khí xích đạo từ phía Nam chuyển lên, không khí biển từ phía Đông lấn vào và không khí ở vịnh Bengan từ phía Tây vượt qua. Hệ quả là khí hậu trong khu vực này có tính biến động lớn và hay xảy ra những dị thường dẫn đến thiên tai như bão, lũ, lốc tố, hạn hán, gây xói lở bờ sông, bờ biển, trong đó bão lũ là thiên tai nguy hiểm nhất. Bên cạnh vị trí địa lý, địa hình cũng góp phần quan trọng làm tăng thêm sự khắc nghiệt của khí hậu.

- **Chế độ nhiệt** Nhiệt độ trung bình năm vào khoảng  $24-25^{\circ}\text{C}$  ở vùng đồng bằng, nên vùng núi còn thấp hơn khoảng  $22-23^{\circ}\text{C}$  ở độ cao 500m. Nhưng giữa tháng mùa Đông tương đối lạnh, có 3 tháng là tháng XII, I, II, nhiệt độ giảm xuống dưới  $22^{\circ}\text{C}$  ở đồng bằng, dưới  $20^{\circ}\text{C}$  từ độ cao trên 400m. Tháng lạnh nhất là vào tháng I có nhiệt độ trung bình trên dưới  $20^{\circ}\text{C}$  ở đồng bằng, dưới  $10^{\circ}\text{C}$  ở độ cao từ trên 400m. Nhiệt độ tối thấp trung bình trong tháng vào khoảng  $17^{\circ}\text{C}$  vùng đồng bằng, giảm xuống  $13-15^{\circ}\text{C}$  ở độ cao trên 500m.

Mùa hạ có tới 3- 4 tháng (từ tháng IV đến tháng VIII) nhiệt độ trung bình đạt trên  $28^{\circ}\text{C}$ . Nhiệt độ tối cao khoảng  $33^{\circ}\text{C}$  và nhiệt độ trung bình là  $24^{\circ}\text{C}$ . Tháng nóng nhất từ tháng VI đến tháng VII, nhiệt độ trung bình lên tới  $29-29.5^{\circ}\text{C}$ .

Biên độ dao động ngày và đêm của nhiệt độ khoảng  $7-8^{\circ}\text{C}$ . Thời kỳ dao động mạnh nhất là các tháng giữa và đầu mùa hạ, biên độ này đạt đến  $9-10^{\circ}\text{C}$ . Thời kỳ dao động ít nhất vào các tháng giữa mùa Đông, biên độ này khoảng từ  $5-6^{\circ}\text{C}$ .

- **Độ ẩm** trong khu vực này rất cao, trung bình năm đạt tới  $85-88\%$ , mùa ẩm kéo dài từ tháng IX đến tháng VI, có độ ẩm trung bình trên dưới  $90\%$ . Tháng ẩm nhất là tháng giữa mùa Đông (tháng XII hoặc tháng I) có độ ẩm trung bình ( $90-93\%$ ). Những tháng khô là khoảng 4 tháng từ tháng ( V đến tháng VII ) độ ẩm trung bình

vào khoảng (75 - 80%). Sự chênh lệch giữa độ ẩm trung bình tháng ẩm nhất và khô nhất tới trên dưới 15%. Những độ ẩm rất thất thường quan sát được trong những ngày gió Tây khô nóng, có thể đạt giới hạn tối thấp tuyệt đối tới 15 - 20%.

- **Mây** Thời kỳ nhiều mây từ tháng (X đến tháng III). Hai tháng nhiều mây nhất là tháng XI và XII. Hai tháng có ít mây nhất là tháng V và tháng VI (xem bảng 1.3)

**Bảng 2.3. Đặc trưng độ mây**

Đặc trưng với suất đảm bảo > 50%	Tả trạch
Lượng mây năm	6.8
Lượng mây tháng lớn nhất	7.8 (XII)
Lượng mây tháng nhỏ nhất	5.8 (V)

- **Nắng** Nắng ở Lưu vực sông Tả Trạch rất ít. Thời kỳ ít nắng là những tháng mùa Đông (XI-III) trong khu vực không tới 100 giờ nắng. Tháng ít nắng nhất là tháng II ở khu vực phía Bắc, tháng VII hay tháng I ở khu vực phía Nam, có chừng 70 đến 80 giờ nắng gồm 4 tháng từ tháng V đến tháng VIII, số giờ nắng mỗi tháng vượt quá 200 giờ ở khu vực phía bắc, 150 giờ ở khu vực phía Nam. Tháng nhiều nắng nhất là tháng VII, với số giờ nắng trung bình lên tới 250 giờ ở khu vực phía Bắc, 200 giờ ở khu vực phía Nam.

- **Mưa** Lượng mưa hàng năm rất lớn, đạt tới cấp 2500 - 3399 mm, so với trung bình cả nước là 1960 mm [11] thì lượng mưa Tả Trạch lớn hơn nhiều. Số ngày mưa hàng năm đạt khoảng 140 - 150 ngày. Mùa mưa lũ kéo dài 6 tháng từ tháng VIII - I. Tháng mưa lớn nhất vào tháng X và tháng XI, trung bình mỗi tháng thu được 600 - 700mm và hơn thế nữa riêng hai lượng mưa tháng này gộp lại chiếm 45% lượng mưa toàn năm, trung bình mỗi tháng quan sát được 4- 5 ngày mưa trên 50mm. Mùa ít mưa bắt đầu từ tháng II và kết thúc vào tháng VII lượng mưa trong mùa này không phải là quá ít, mỗi tháng trung bình cũng thu được từ 60 đến 80 mm nước với 7 - 8 ngày mưa. Tháng ít mưa nhất vào tháng VII có nơi tháng III hoặc tháng II lượng mưa trung bình tháng này độ 50 - 60 mm, số ngày mưa (5 - 7 ngày). Trong khu vực này thường có mưa lũ tiểu mãn xuất hiện vào khoảng tháng VI.

- Gió Hướng gió chủ yếu vào mùa đông là Tây bắc và mùa hạ là Tây và Tây Nam. Tốc độ gió lớn nhất vào tháng VII, và tháng VIII, thấp nhất vào tháng IX, và tháng XII (bảng 2.4)

*Bảng 2.4. Phân bố tốc độ gió theo các tháng*

Tháng	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Tb
Tốc độ gió (m/s)	1.7	1.7	2.0	1.8	1.8	2.1	2.2	2.2	1.5	1.6	1.6	1.5	1.8

- **Bốc hơi** Lượng bốc hơi trung bình nhiều năm trong khu vực này nằm trong khoảng từ 933,7 m m đến 1000 m m và tại lưu vực này tháng bốc hơi nước nhiều nhất vào tháng VII và tháng bốc hơi ít nhất là vào tháng XII.

Tóm lại khí hậu lưu vực sông tả trạch nằm trong vùng khí hậu duyên hải Bắc Trung Bộ là khí hậu nhiệt đới gió mùa, nóng ẩm, nhiều mưa.

## 2.6. MẠNG LƯỚI THUỶ VĂN VÀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU [ 5,14]

Sông Tả Trạch bắt nguồn từ phía Đông dãy Trường Sơn có độ cao trên 1000m, và bắt nguồn từ hai nhánh chính, nhánh thứ nhất chảy theo hướng Tây Nam - Đông Bắc, nhánh thứ hai chảy theo hướng Bắc Nam, hai nhánh gặp nhau tại Khê Hai Nhất và hình thành nên sông Tả Trạch chảy theo hướng Bắc – Nam.

Sông Tả Trạch có diện tích tương đối nhỏ chỉ với 208 km<sup>2</sup>, chiều dài sông là 16.7 km, với độ cao khoảng 1050m, có tới 3/4 chiều dài sông chảy qua vùng đồi núi và trung du. Độ cao bình quân lưu vực là khá lớn khoảng 450 m. Hệ số uốn khúc của dòng chính là không cao khoảng 1.13. Phần thượng lưu và trung lưu dài khoảng 14.5 km, dòng chảy nhỏ hẹp và tương đối khúc khuỷu và dốc. Phần hạ lưu từ Khê Hai Nhất đến trạm Thượng Nhật dài khoảng 2.2 km lòng sông mở rộng hơn, bằng phẳng và tương đối thẳng.

Độ dốc bình quân lưu vực tương đối lớn vùng đồi núi khoảng 8<sup>0</sup> - 30<sup>0</sup>, vùng trung du trung bình từ 6<sup>0</sup> - 8<sup>0</sup>.

Lưu vực nằm ở thượng lưu sông Hương nên các sông suối ở đây thường ngắn và dốc. Mật độ sông suối trong khu vực này khoảng 0.63km/km<sup>2</sup> trong lưu vực sông Tả Trạch sông suối phát triển mạnh ở phía Nam.



Sông Tả Trạch là một nhánh hình thành nên sông Hương, trong lưu vực có một phụ lưu cấp I của lưu vực sông Hương là Khê Hai Nhất. Phụ lưu cấp II như là Khê La Vân, sông Khê Ta Man và sông Ma Ray.

Mùa lũ trên sông Tả Trạch xuất hiện từ tháng X - XII chiếm khoảng 66,7% lượng dòng chảy năm của mùa lũ  $M_{lũ} = 51,15 \text{ l/s.km}^2$ . Tháng XI là tháng có dòng chảy sông ngòi lớn nhất. So với trung bình cả nước thì đây là vùng có trị số dòng chảy lũ khá lớn. Mùa kiệt trong lưu vực kéo dài trong 9 tháng từ tháng I đến tháng IX và chiếm khoảng 33.3% tổng lượng dòng chảy năm.

Có thể thấy rằng hệ số sông suối của lưu vực tương đối lớn 0.63 tuy nhiên khả năng điều tiết dòng chảy trên lưu vực là không cao mức độ tập trung nước trên lưu vực sông Tả Trạch là rất lớn. Với vị trí địa lý đón gió thuận lợi nên lượng mưa hàng năm mang đến lưu vực là rất phong phú vào khoảng 2500 -3399 mm số ngày mưa trong năm đạt 140 đến 150 ngày. Lượng mưa có xu thế tăng dần từ Đông sang Tây do sự biến đổi tăng dần của độ cao địa hình từ Đông sang Tây. Thượng nguồn có độ cao trên 1000m còn phần hạ lưu chỉ khoảng 80-100 m. Lượng mưa hàng năm lớn như vậy cộng với cấu tạo địa chất trong khu vực này rất phức tạp, phần lớn là các lớp đá gốc khả năng thấm nước kém nên hàng năm lưu vực này sản sinh ra một lượng dòng chảy mặt khá lớn.  $M_0=76.7 \text{ l.s/km}^2$ ,  $y_0=2420\text{mm}$ , trong đó trung bình cả nước là  $M_0=30.9 \text{ l.s/km}^2$ ,  $y_0=974 \text{ mm}$ . [11]

### Chương 3

## ỨNG DỤNG MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN SÓNG ĐỘNG HỌC 1 CHIỀU ĐỂ MÔ PHỎNG LŨ CHO LƯU VỰC SÔNG TẢ TRẠCH TRẠM THƯỢNG NHẬT

### 3.1. TÌNH HÌNH SỐ LIỆU

Tài liệu mưa thu thập là mưa ngày và mưa giờ với thời đoạn là 6 giờ, gồm có 7 trận mưa gây lũ tiêu biểu của các năm 1999 - 2002 với thời gian của các trận như sau:

Trận 1 từ 13h/1/12 – 13h/7/12/1999

Trận 2 từ 7h/7/11 – 19h/13/11/2000  
Trận 3 từ 6h/20/10 – 6h/24/10/2001  
Trận 4 từ 1h/21/10 – 19h/23/10/2001  
Trận 5 từ 1h/10/11 – 1h/14/11/2001  
Trận 6 từ 1h/3/11 – 19h/5/11/2002  
Trận 7 từ 1h/18/11 – 13h/23/11/2002

- *Số liệu mưa*: do Trung tâm tư liệu KTTV cung cấp từ năm 1999-2002

- *Số liệu dòng chảy*: Số liệu thu thập được là giá trị dòng chảy tại cửa ra (trạm Thượng Nhật) theo ngày và giờ tương ứng với thời gian từng trận mưa được cung cấp bởi Trung tâm tư liệu KTTV.

- *Số liệu mặt đệm*: Bao gồm bản đồ địa hình, bản đồ rừng, bản đồ sử dụng đất, bản đồ độ dốc và bản đồ mạng lưới thủy văn năm 2000. [2,3,4,5,6] do Tổng cục địa chính cung cấp.

+ Bản đồ địa hình: Là bản đồ các đường đồng mức tỷ lệ 1: 100 000, được sử dụng để xác định hướng dòng chảy phục vụ việc phân chia các đoạn sông, và phần tử. Ngoài ra bản đồ địa hình còn được dùng trong việc tính độ dốc lòng dẫn.[2]

+ Bản đồ rừng tỷ lệ 1: 100 000 mô tả hiện trạng các loại cây trồng và rừng tự nhiên trên lưu vực. Được sử dụng để xác định hệ số nhám n của từng phần tử theo phương pháp trung bình trọng số. [6]

+ Bản đồ hiện trạng sử dụng đất: Trong bản đồ này mô tả tình hình sử dụng đất tại từng khu vực trên lưu vực, sử dụng để lấy hệ số CN (trong phương pháp SCS) của từng phần tử theo phương pháp trung bình trọng số.[4]

+ Bản đồ mạng lưới sông suối: Dùng để phân chia lưu vực thành các đơn vị thủy văn (lưu vực nhỏ) tương ứng với mỗi đoạn sông, các dải. [5]

+ Bản đồ độ dốc: Được sử dụng để xác định độ dốc trung bình từng phần tử theo phương pháp trung bình trọng số.[3]

Các loại bản đồ trên đều đã được số hoá và có thể truy xuất dễ dàng qua các phần mềm GIS thông dụng.

### **3.2. XỬ LÝ SỐ LIỆU**

File số liệu đầu vào (input) của mô hình cần các thông số phải xử lý sau:

#### **1. Tài liệu mưa:**

Mưa ban đầu là giá trị đo đạc theo từng giờ tại trạm Thượng Nhật do Trung tâm Tư liệu KTTV cung cấp. Và theo yêu cầu số liệu đầu vào là mưa tích lũy theo giờ, nên từ số liệu mưa theo giờ tại trạm Thượng Nhật ta tiến hành lũy tích theo thời đoạn 6h, 12h hay 24h. Sau khi tính lũy tích theo từng thời đoạn thì ta được bảng số liệu mưa lũy tích theo các trận như trong bảng 3.1.

**Bảng 3.1. Số liệu lũy tích mưa của 7 trận mưa**

<b>Trận lũ từ 13h/1/12 – 13h/7/12/1999</b>										
Tgian(h)	0	24	48	72	96	120	132	144		
ΣX(mm)	0	25.3	123	321.6	433.9	470.4	492.6	524.9		
<b>Trận lũ từ 7h/7/11 – 19h/13/11/2000</b>										
Tgian(h)	0	24	48	72	96	120	144	168		
ΣX(mm)	0	1.1	125	150.9	152.5	154.8	154.8	159.1		
<b>Trận lũ từ 1h/18/11 – 13h/23/11/2002</b>										
Tgian(h)	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108
ΣX(mm)	0	15	262.7	316.9	317.2	321.6	321.6	321.6	321.6	321.6
Tgian(h)			120	132						
ΣX(mm)			321.6	321.6						

## 2. Tài liệu về dòng chảy

Dòng chảy ứng với từng trận lũ được dùng để so sánh với giá trị dòng chảy mô phỏng sau khi chạy mô hình. Được trích từ chuỗi số liệu dòng chảy đo cùng với thời điểm đo mưa do Trung tâm tư liệu KTTV cung cấp từ năm 1999 – 2002.

## 3. Tài liệu mặt đệm [12,13]

Lưu vực sông Tả Trạch được chia thành một lưới tính gồm các đoạn sông, dải lưu vực và các phần tử trên nguyên tắc phân tích tính đồng nhất về độ dốc sườn và hướng dòng chảy qua bản đồ địa hình và bản đồ mạng lưới thủy văn trên lưu vực[12].

**Bảng 3.1. Số liệu lũy tích mưa của 7 trận mưa (tiếp)**

<b>Trận lũ từ 1h/21/10 – 19h/23/10/2001</b>											
Tgian (h)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60

$\Sigma X(\text{mm})$	0	9.1	41.3	123.9	202.3	249.4	251.5	251.6	251.6	252.9	256.8
Tgian (h)				66							
$\Sigma X(\text{mm})$				256.8							
<b>Trận lũ từ 1h/10/11 – 1h/14/11/2001</b>											
Tgian (h)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
$\Sigma X(\text{mm})$	0	2.4	3	5.5	7.6	15.3	31.5	44.6	63.1	79.7	150.1
Tgian (h)		66	72	78	84	90					
$\Sigma X(\text{mm})$		165.2	165.2	165.2	165.2	165.2					
<b>Trận lũ từ 1h/3/11 – 19h/5/11/2002</b>											
Tgian (h)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
$\Sigma X(\text{mm})$	0	51.3	66.4	68.1	71.3	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5	73.5
<b>Trận lũ từ 6h/20/10 – 6h/24/10/2001</b>											
Tgian (h)	0	12	24	36	48	60	72	84	96		
$\Sigma X(\text{mm})$	0	211.8	241	253.8	478.3	495	496.4	500.3	501.1		

*Phân đoạn sông:* Từ bản đồ mạng lưới sông đã phân chia lưu vực sông Thượng Nhật thành 10 đơn vị thủy văn (10 lưu vực nhỏ) tương ứng với 10 đoạn sông, các lưu vực nhỏ này được ký hiệu từ I đến X, chúng còn thể hiện được sự đồng nhất về độ dốc và khả năng tập trung nước, (Hình 3.1).

*Phân dải dòng chảy:* Sau khi đã phân lưu vực thành các đoạn sông ta tiến hành chia đoạn sông thành các dải, sao cho trong mỗi dải dòng chảy xảy ra độc lập với dải khác và có hướng vuông góc với hướng dòng chảy lòng dẫn trong phần tử lòng dẫn. Số thứ tự của các dải được tăng dần từ thượng lưu về hạ lưu của đoạn sông, sau khi đã phân dải thì ta được số dải ứng với các đoạn sông như bảng 3.2.

*Phân chia các phần tử:* Từ các dải của các đoạn sông như bảng trên ta tiến hành chia các dải ra thành các phần tử sườn dốc sao cho độ dốc sườn dốc trong mỗi phần tử tương đối đồng nhất. Theo giả thiết đó thì sau khi chia lưu vực sông Tả Trạch đến trạm Thượng Nhật ta được một lưới bao gồm 66 phần tử, số phần tử của các đoạn sông được ký hiệu theo thứ tự sau như hình 3.1

**Hình 3.1. Sơ đồ các phân tử trên lưu vực sông Tả Trạch – trạm Thượng Nhật**

*Hình 3.2 - 3.5 . Sơ đồ các đặc trưng của 1 phân tử*

*Bảng 3.2: Số dải của các đoạn sông lưu vực Tả Trạch – Thượng Nhật*

Lưu vực	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Số dải	2	5	2	4	4	4	3	2	3	1

*Bảng 3.3: Các phân tử của lưu vực sông Tả Trạch – Thượng Nhật*

STT	Sông I	Sông II	Sông III	Sông IV	Sông V	Sông VI	Sông VII	Sông VIII	Sông IX	Sông X
1	IL11	IIL11	IIIL11	IVL11	VL11	VIL11	VIII11	VIIIL11	IXL11	XL11
2	IL21	IIL21	IIIL12	IVL21	VL21	VIL21	VIII21	VIIIL12	IXL21	XR11
3	IR11	IIL31	IIIL21	IVL31	VL31	VIL31	VIII31	VIIIL21	IXL31	
4	IR21	IIL41	IIIL22	IVL41	VL41	VIL41	VIIR11	VIIIL22	IXR11	
5		IIL51	IIR11	IVR11	VR11	VIR11	VIIR21	VIIIR11	IXR21	
6		IIR11	IIIR12	IVR21	VR21	VIR21	VIIR31	VIIIR21	IXR31	
7		IIR21	IIIR21	IVR31	VR31	VIR31				
8		IIR31	IIIR22	IVR41	VR41	VIR41				
9		IIR41								
10		IIR51								
Tổng	4	10	8	8	8	8	6	6	6	2

Các phần tử ở phía trái của lòng dẫn của dải được đặt tên là IL11... IXL11, Tương tự như vậy các phần tử của dải ở phía phải của lòng dẫn của dải được đánh số là: IR11... IXR11, trong đó ký hiệu số La Mã từ I đến IX - là chỉ số của đoạn sông, chữ cái L, R - là chỉ phần tử thuộc phía trái và phía phải của lòng dẫn, số tự nhiên thứ nhất là chỉ thứ tự của dải, số tự nhiên thứ hai là chỉ thứ tự của phần tử trong dải. Tên của các phần tử được thống kê trong bảng 3.3.

Sau khi phân chia lưu vực thành các phần tử thì tiến hành tách từng phần tử của lưu vực ra được 66 phần tử như trên. Để tính toán các thông số trước hết tiến hành áp từng phần tử này vào các bản đồ độ dốc, bản đồ mạng lưới sông suối, bản đồ sử dụng đất và bản đồ rừng, và cắt riêng từng loại bản đồ ứng với các phần tử. Sau khi có các bản đồ tương ứng với mỗi phần tử riêng biệt, sử dụng phần mềm Mapinfo và Excel để tính các thông số cho mỗi một phần tử riêng biệt.

*Tính độ dốc trung bình của phần tử:* Từ các phần tử riêng rẽ đã được cắt trên bản đồ độ dốc tiến hành tính độ dốc trung bình của phần tử theo phương pháp trung bình trọng số, bằng cách đo diện tích của từng loại độ dốc mà có trong phần tử đó rồi dùng công thức tính trung bình có trọng số áp dụng cho tất cả các phần tử. Công đoạn tính toán này xử lý bởi MAPINFO và EXCEL ta thu được số liệu độ dốc trung bình của từng phần tử, thể hiện trong bảng 3.4. (hình 3.2)

*Chiều dài, chiều rộng và diện tích của phần tử* được xác định từ bản đồ số. Diện tích được đo trực tiếp, chiều dài của từng phần tử đo theo hướng dòng chảy và

chiều rộng trung bình là tỷ số giữa diện tích từng phần tử và chiều dài. Công đoạn tính toán này xử lý bởi MAPINFO và EXCEL, thể hiện trong bảng 3.4.

*Tìm hệ số CN của từng phần tử:* Từ bản đồ sử dụng đất sau khi đã cắt riêng từng phần tử, tiến hành đo diện tích của từng màu ứng với mỗi loại sử dụng đất trong phần tử, kết hợp với bảng phân loại đất rồi tra bảng CN [15] để lấy và tính CN trung bình của từng phần tử theo công thức trung bình trọng số như bảng 3.4.(hình 3.3)

*Hệ số nhám Manning n của từng phần tử* được xác định dựa trên bản đồ rừng sau khi đã cắt riêng từng phần tử, tiến hành xác định diện tích của từng loại lớp phủ trong phần tử rồi tra giá trị n [12] và tính n trung bình của từng phần tử theo công thức trung bình có trọng số như bảng 3.4.(hình 3.4)

*Chiều dài lòng dẫn, độ dốc lòng dẫn* của dải được xác định dựa trên bản đồ mạng lưới sông suối và bản đồ địa hình. Độ dốc lòng dẫn của dải là tỷ số giữa độ chênh cao và chiều dài đoạn lòng dẫn các kết quả được thể hiện trong bảng 3.4.(hình 3.5)

**Bảng 3.4 Các đặc trưng của các phần tử trong các dải**

Phần tử	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Chiều dài (km)	Chiều rộng (km)	CN	Độ nhám	Độ dốc phần tử (rad)	Độ dốc của dải
<b>ĐOẠN SÔNG 1</b>							
IL11	5.325	2.52	2.11	68.5	0.34	0.52	0.123
IL21	12.83	4.1	3.13	68.5	0.32	0.52	0.018
IR11	2.332	0.46	5.07	66.1	0.35	0.52	
IR21	1.365	0.714	1.91	61.9	0.26	0.52	
<b>ĐOẠN SÔNG 2</b>							
IIL11	2.189	0.94	2.33	62.9	0.38	0.35	0.240
IIL21	4.027	2.69	1.50	62.1	0.37	0.35	0.105
IIL31	4.746	2.49	1.91	64.2	0.35	0.46	0.040
IIL41	2.606	0.71	3.67	61.5	0.32	0.49	0.015
IIL51	1.451	0.48	3.02	61	0.28	0.35	0.016
IIR11	1.864	0.85	2.19	67.7	0.38	0.35	
IIR21	3.684	2.07	1.78	62.1	0.37	0.42	
IIR31	4.922	2.54	1.94	72.9	0.32	0.51	
IIR41	4.143	2.81	1.47	61.4	0.31	0.39	
IIR51	4.6	1.85	2.49	63.7	0.29	0.35	

*Độ rộng lòng dẫn, độ dốc mái kênh và hệ số nhám lòng dẫn* của dải là những thông số mô hình và được tối ưu trong quá trình mô phỏng cho từng dải trong lưu vực nhỏ, thể hiện ở phụ lục 2.



**Bảng 3.4 Các đặc trưng của các phần tử trong các dải (tiếp)**

Phần tử	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Chiều dài (km)	Chiều rộng (km)	CN	Độ nhám	Độ dốc phần tử (rad)	Độ dốc của dải
<b>ĐOẠN SÔNG 3</b>							
IIIL11	2.717	1.429	1.90	62.0	0.38	0.51	0.203
IIIL21	2.422	1.386	1.75	65.5	0.38	0.50	0.035
IIIL12	3.569	1.37	2.61	61.1	0.37	0.52	
IIIL22	3.173	1.955	1.62	65.5	0.35	0.52	
IIIR11	1.652	1.166	1.42	61.0	0.35	0.52	
IIIR21	2.94	2.72	1.08	66.4	0.34	0.52	
IIIR12	4.948	1.8	2.75	61.8	0.35	0.52	
IIIR22	2.69	1.78	1.51	63.9	0.32	0.52	
<b>ĐOẠN SÔNG 4</b>							
IVL11	2.488	1.63	1.53	61.0	0.38	0.52	0.200
IVL21	5.552	2.8	1.98	61.7	0.34	0.52	0.081
IVL31	5.314	2.1	2.53	60.8	0.32	0.52	0.036
IVL41	2.822	1.15	2.45	60.0	0.33	0.52	0.029
IVR11	1.827	1.23	1.49	61.0	0.35	0.52	
IVR21	2.447	0.97	2.52	61.0	0.32	0.52	
IVR31	2.336	1.18	1.98	60.2	0.32	0.52	
IVR41	2.597	1.36	1.91	60.1	0.32	0.52	
<b>ĐOẠN SÔNG 5</b>							
VL11	2.055	0.93	2.21	61.0	0.33	0.52	0.088
VL21	1.669	0.533	3.13	61.0	0.32	0.52	0.037
VL31	1.624	1.3	1.25	61.0	0.32	0.52	0.019
VL41	0.8942	0.41	2.18	60.8	0.32	0.52	0.008
VR11	3.206	1.71	1.87	60.5	0.35	0.52	
VR21	3.332	1.96	1.70	60.9	0.33	0.52	
VR31	1.896	1.095	1.73	61.0	0.32	0.52	
VR41	2.643	1.09	2.42	60.6	0.32	0.52	
<b>ĐOẠN SÔNG 6</b>							
VIL11	3.453	2.96	1.17	57.2	0.38	0.36	0.237
VIL21	4.683	1.79	2.62	61.0	0.35	0.47	0.026
VIL31	2.498	1.75	1.43	61.0	0.32	0.27	0.010
VIL41	2.332	1.32	1.77	60.6	0.31	0.52	0.011
VIR11	2.002	0.89	2.25	57.8	0.37	0.07	0.010
VIR21	4.329	2	2.16	61.0	0.33	0.07	
VIR31	1.661	0.98	1.69	61.0	0.32	0.05	
VIR41	1.127	0.458	2.46	60.9	0.31	0.39	

**Bảng 3.4 Các đặc trưng của các phần tử trong các dải (tiếp)**

Phần tử	D tích	Chiều dài	C rộng	CN	độ nhám	độ dốc PT	độ dốc dải
<b>ĐOẠN SÔNG 7</b>							

VIII11	1.623	0.52	3.12	63.0	0.34	0.06	0.049
VIII21	1.432	0.68	2.11	61.9	0.30	0.49	0.043
VIII31	1.246	0.6	2.08	72.4	0.26	0.52	0.006
VIIR11	2.944	0.84	3.50	64	0.35	0.08	
VIIR21	2.901	2.29	1.27	61.7	0.32	0.52	
VIIR31	4.741	2.61	1.82	62.0	0.29	0.52	
<b>ĐOẠN SÔNG 8</b>							
VIII11	4.564	1.88	2.43	67.4	0.31	0.28	0.004
VIII21	4.561	2.38	1.92	68.0	0.34	0.21	0.008
VIII12	4.618	2.12	2.18	68.0	0.28	0.27	
VIII22	6.874	2.98	2.31	68.5	0.32	0.26	
VIIR11	5.171	2.19	2.36	68.0	0.25	0.52	
VIIR21	2.059	0.97	2.12	68.7	0.28	0.52	
<b>ĐOẠN SÔNG 9</b>							
IXL11	3.496	1.92	1.82	65.4	0.38	0.35	0.053
IXL21	2.958	2	1.48	63.6	0.36	0.35	0.062
IXL31	4.602	3.44	1.34	63.1	0.31	0.39	0.025
IXR11	1.658	1.059	1.57	60.7	0.35	0.48	
IXR21	2.424	1.166	2.08	60.0	0.36	0.41	
IXR31	1.452	1.221	1.19	60.0	0.33	0.52	
<b>ĐOẠN SÔNG 10</b>							
XL11	1.397	0.6	2.33	66.5	0.29	0.35	0.005
XR11	2.629	1.4	1.88	64.7	0.29	0.41	

### 3.3. CHƯƠNG TRÌNH TÍNH [8,12]

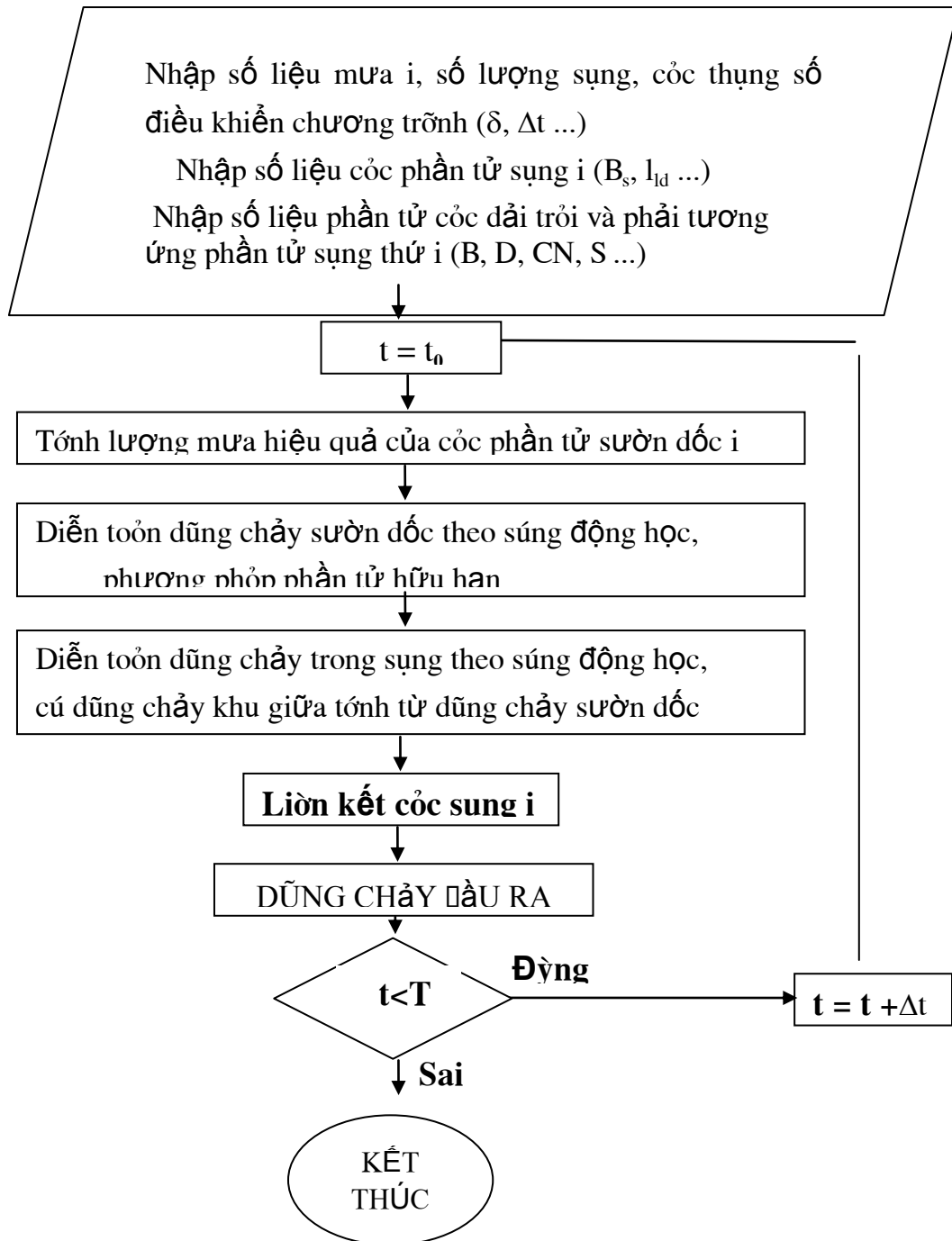
Từ sơ đồ khối trên hình 3.6 ta thấy rằng file số liệu đầu vào ta phải thiết lập cần phải có là:

- Số liệu mưa lũy tích theo thời đoạn 6h, 12h, hay 24h..., số lượng sông (số Đoạn sông đã được chia như hình 3.1), và các thông số điều khiển chương trình ( như sai số tính toán, thời gian hội tụ, vòng lặp, số cặp tính...)
- Thông số của các đoạn sông riêng biệt (các sông đổ vào nó, độ rộng mặt cắt cửa ra, độ dốc mái kênh, có bao nhiêu phần tử trong đoạn sông đó ...)
- Thông số đặc trưng của từng phần tử thuộc dải trái, phải trong đoạn sông đó ( độ rộng, chiều dài, độ dốc, CN, n, độ nhám...)

Sau khi đã thiết lập được file số liệu chương trình bắt đầu tính toán từ thời điểm  $t = t_0$  (thời điểm ban đầu mưa). Trước tiên mô hình sẽ tính lượng mưa hiệu quả của các phần tử sườn dốc của các sông. Tiếp theo mô hình sẽ tính toán dòng chảy sườn dốc theo sóng động học phương pháp phần tử hữu hạn. Khi đã xác định được dòng chảy sườn dốc mô hình tiếp tục diễn toán dòng chảy trong sông theo sóng động học ( có dòng chảy khu giữa tính từ dòng chảy sườn dốc). Khi đã tính được dòng chảy trong các sông mô hình sẽ liên kết các sông lại tính dòng chảy trong hệ thống sông và cuối cùng xác định được lưu lượng tại mặt cắt cửa ra.

Nếu đúng cứ như vậy mô hình tiếp tục tính cho bước c thời gian tiếp theo ( $t+\Delta t$ ) cho đến thời điểm cuối cùng và cho ra kết quả bằng file output.

### 3.3.1. Sơ đồ khối



Hỡnh3.6. Sơ đồ khối của chương trỡnh mự phỏng dũng chảy theo phương nhũn nhũn phần tử hũu hạn sụng độn học [8 131]

### 3.3.2. Mô tả đoạn file số liệu của chương trình tính

### Chương trình viết cho một đoạn sông có dạng như sau:

10 0.0001 10. 11 60 100 1

(Số đoạn sông, sai số tính, thời gian hồi tu, số cấp tính, thời gian du bao, vòng lặp, phương án tính)

0 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60

(Thời gian tích lũy mưa)

0 25.5 104.6 465.2 771.4 1105.1 1240.6 1288.9 1307.8 1307.8 1307.9

(Mua tích lũy 6h)

2 song1 (song 3 trong bản đồ) số dài

0 song do vào

45 50 do rộng của sông ứng với từng dài

1 1 do dọc mai kênh

3500 2600 chiều dài đoạn long đản của dài

0.2029 0.0346 do dọc đoạn long đản của dài

2 2 số phân tử trái

2 2 số phân tử phải

0.1 0.09 do nham sông

1901.33 2605.11 do rộng phân tử trái dài 1

1416.81 2748.89 do rộng phân tử phải dài 1

1429 1370 chiều dài phân tử trái dài 1

1166 1800 chiều dài phân tử phải dài 1

0.38 0.37 do nham phân tử trái dài 1

0.35 0.35 do nham phân tử phải dài 1

62 61.1 hệ số CN phân tử trái dài 1

61 61.8 hệ số CN phân tử phải dài 1

0.5061 0.5235 do dọc phân tử trái dài 1

0.5235 0.5235 do dọc phân tử phải dài 1

1747.47 1623.02 chiều rộng phân tử trái dài 2

1080.08 1511.24 chiều rộng phân tử phải dài 2

1386 1955 chiều dài phân tử trái dài 2

2720 1780 chiều dài phân tử phải dài 2

0.38 0.35 do nham phân tử trái dài 2

0.34 0.32 do nham phân tử phải dài 2

65.5 65.5 hệ số CN phân tử trái dài 2

66.4 63.9 hệ số CN phân tử phải dài 2

0.5235 0.5235 do dọc phân tử trái dài 2

0.5235 0.5235 do dọc phân tử phải dài 2

(cứ thế tiếp tục cho các đoạn sông tiếp theo ...)

### 3.4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Từ kết quả mô phỏng lũ ngoài việc đánh giá sai số đỉnh, lượng (%) ta còn đánh giá sai số đường quá trình (%) trên cách hình 3.7 -3.11

*Đánh giá sai số:* Theo tiêu chuẩn đánh giá sai số của tổ chức Khí tượng thế giới (WMO) thông qua độ hữu hiệu đánh giá qua chỉ tiêu  $R^2$ . Độ hữu hiệu này được xác định như sau: [13]

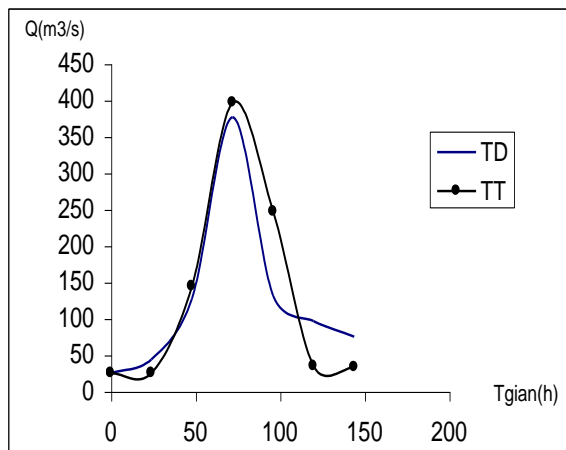
$$R^2 = \frac{F_0^2 - F^2}{F_0^2} \cdot 100\%$$

trong đó:  $F^2 = \sum_{i=1}^N (Q_{id} - Q_{it})^2$ ,  $F_0^2 = \sum_{i=1}^N (Q_{id} - \bar{Q}_d)^2$

với  $Q_{id}$  là lưu lượng thực đo;  $Q_{it}$  là lưu lượng tính toán,  $\bar{Q}_d$  là lưu lượng thực đo trung bình trong thời kỳ tính toán; N là tổng số điểm quan hệ lưu lượng thực đo và tính toán.

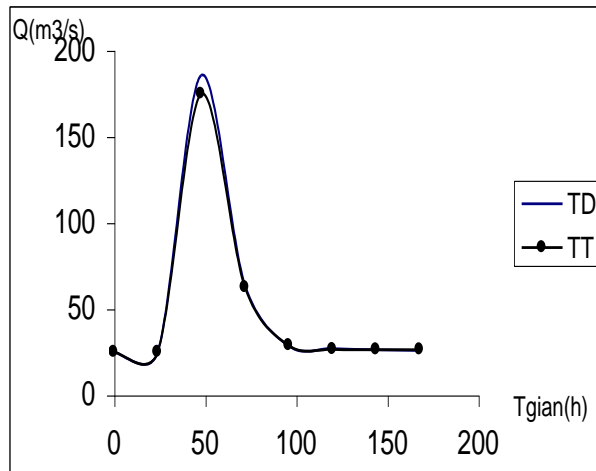
Tiêu chuẩn đánh giá như sau:

$$R^2 = \begin{cases} 40 \div 65\% & \text{đạt} \\ 65\% \div 85\% & \text{khá} \\ > 85\% & \text{tốt} \end{cases}$$



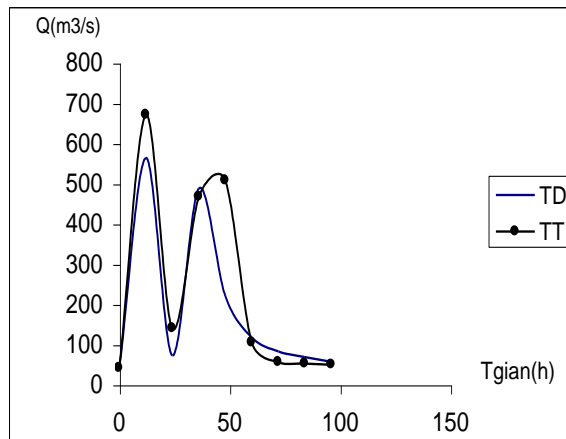
Hỡnh 3.7. Kết quả mô phỏng lũ từ 13h/1/XII-13h/7/XII/1999

Tgian (h)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)	Qtt (m <sup>3</sup> /s)
0	24.7	24.7
24	43.6	24.7
48	127	143.8
72	376	396.1
96	131	246.5
120	96	34.2
144	75	32.5
Tổng	873.3	902.5
T bình	124.7	
Sai số đỉnh	5.3%	
Sai số tổng	3.3%	
$R^2$	75.9%	



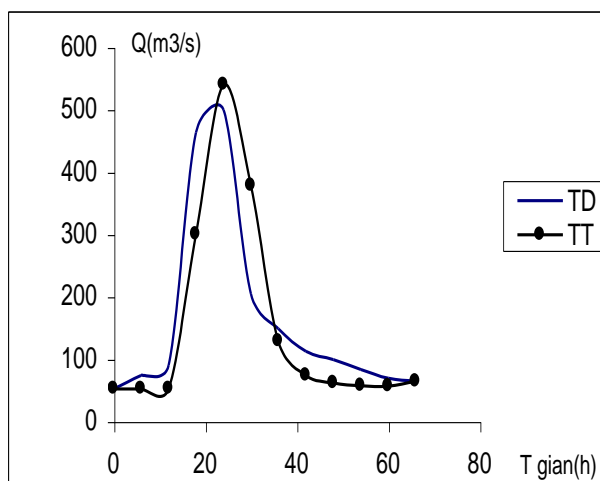
Hỡnh 3.8. Kết quả mự phỏng lũ từ 7h/7/XI-19h/13/XI/2000

Tgian (h)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)	Qtt (m <sup>3</sup> /s)
0	24.6	24.6
24	24.6	24.6
48	185.4	174.4
72	63.9	62.2
96	28.3	28.5
120	26.6	26.3
144	26.1	26.1
168	25.6	26.05
Tổng	405.1	392.75
T bình	50.6	
Sai số Qmax	5.9%	
Sai số Q	3.04%	
R <sup>2</sup>	99.4%	



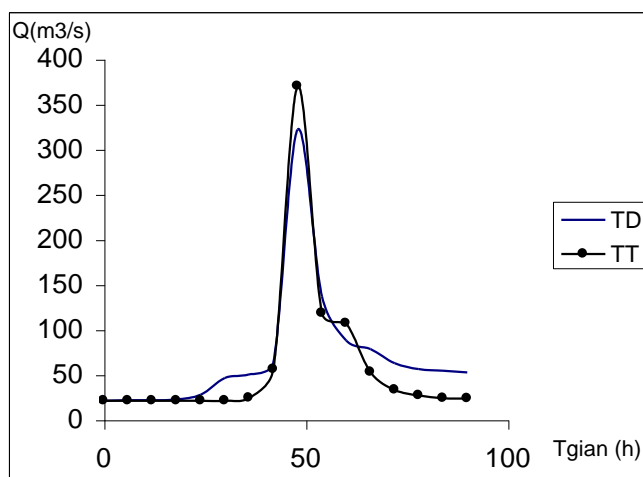
Hỡnh 3.9 Kết quả mự phỏng lũ từ 6h/20/X-6h/24/X/2001

Tgian	Qtd	Qtt
0	41.1	41.1
12	564	671.1
24	73.2	140.1
36	488	467.2
48	221	507.8
60	117	104.8
72	82.9	56.1
84	68.4	52.5
96	57.1	49.7
Tổng	1712.7	2090.4
T bình	190.3	
Sai số Qmax 1	17%	
Sai số Qmax 2	4.24%	
Sai số tổng	22.0%	
R <sup>2</sup>	68.3%	



Hỡnh 3.10. Kết quả mự phỏng lũ từ 1h/21/X-19h/23/X/2001

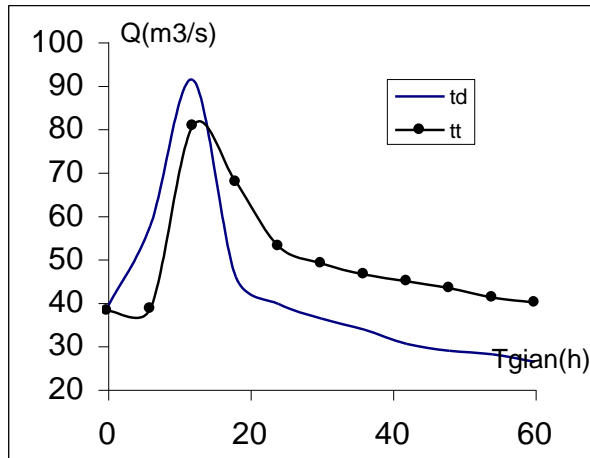
Tgian	Qtd	Qtt
0	51.7	51.7
6	73.2	51.7
12	89.8	51.7
18	463	299.2
24	499	539
30	204	377.7
36	148	127.7
42	112	73.4
48	98.7	60.8
54	82.9	56.7
60	68.4	56.2
66	63.7	63.7
Tổng	1954.4	1809.5
Tbình	162.8	
Sai số Qmax	10.6%	
Sai số tổng	7.4%	
R <sup>2</sup>	75.3%	



Hỡnh 3.11. Kết quả mự phỏng lũ từ 13h/10/XI-7h/14/XI/2001

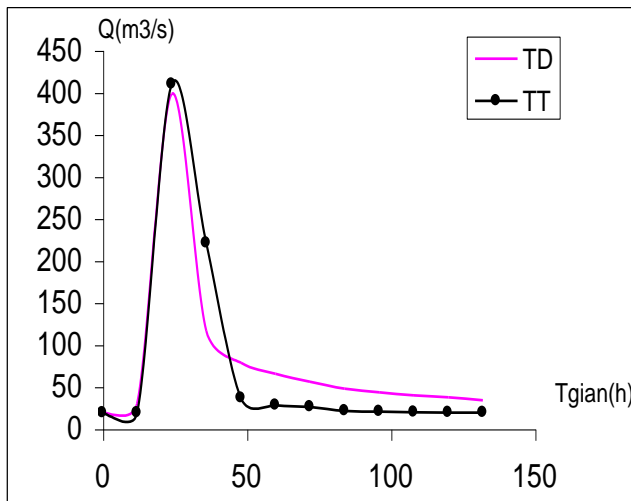
Tgian	Qtd	Qtt
0	21	21
6	21.7	21
12	21.7	21
18	22.5	21
24	27.9	21
30	46.2	21
36	50.4	24.2
42	63.7	55.9
48	322	369.7
54	137	118
60	87.8	106.8
66	78.4	52.6
72	62.7	33
78	56.1	26.7
84	54.3	23.9
90	52.4	23.5
Tổng	1125.8	960.3
Tbình	66.2	
Sai số Qmax	14.8%	
Sai số tổng	14.7%	
R <sup>2</sup>	89.5%	

**Kết quả mô phỏng bộ tham số cho hai trận lũ độc lập:**



tg	Qtd	Qtt
0	38.8	38
6	57.6	38.5
12	91.2	80.6
18	45.8	67.7
24	39.6	52.9
30	36.2	48.9
36	33.7	46.4
42	30.4	44.8
48	28.8	43.2
54	28	41.1
60	26.3	39.9
Tổng	456.4	542
R <sup>2</sup>	95.8%	
Sai số Q	18.75%	
Ss Qmax	11.6%	

**Hỡnh 3.12. Kết quả mự phỏng lũ độc lập từ 1h/3/XI-19h/5/XI/2002**



tg(h)	Qtd	Qtt
0	18.7	18.7
12	29.6	18.7
24	398	409.4
36	116	220.4
48	78.4	36
60	65	27.7
72	55.8	25.7
84	47.6	20.9
96	43.1	20.2
108	39.6	19.2
120	37.1	19
132	33.7	18.9
Tổng	962.6	854.8
Sai số tổngQ	11.1%	
Sai số Qmax	2.8%	
R <sup>2</sup>	85.1%	

**Hỡnh 3.13. Kết quả mự phỏng lũ độc lập từ 1h/18/XI-13h/23/XI/2002**



**Bảng 3.5. Bảng tổng hợp sai số tổng lượng, đỉnh lũ và độ hữu hiệu  $R^2$**

Lu Sai số	1	2	3	4	5	6	7	Ss Tb
	Q (%)	3.3	3.04	22	7.4	14.7	18.75	11.1
Qmax1 (%)	5.3	5.9	17	10.6	14.8	11.6	2.8	9.03
Qmax2 (%)			4.24					
$R^2$ (%)	75.9	99.4	68.3	75.3	89.5	95.8	85.1	84.2

Từ kết quả mô phỏng năm trận lũ như trên thì thấy rằng mô hình đã mô phỏng được tương đối chính xác dạng của đường quá trình lũ tính toán so với thực đo. Trong năm trận lũ được dùng để mô phỏng, với bộ thông số đã được xác lập cho lưu vực Tả Trạch - Thượng Nhật ta thu được kết quả như sau:

Về đỉnh sai số nhỏ nhất đạt 5.3% của trận lũ từ 13h/1/XII - 13h/7/XII/1999 và sai số đỉnh lớn nhất là 14.8% của trận lũ từ 1h/10/XI - 1h/14/XI/2001 (đối với lũ đơn) và sai số đỉnh đối với lũ kép từ 4.24% đến 17%(đối với lũ đơn). Trung bình sai số đỉnh năm trận lũ đã mô phỏng đạt 9.64%. Như vậy so với sai số đỉnh cho phép < 25% [13] thì sai số đỉnh của năm trận lũ trên là đạt yêu cầu.

Về lượng sai số nhỏ nhất là 3.04% của con lũ 7h/7/XI - 19h/13/XI/2000, sai số lớn nhất là 22% của trận lũ 6h/20/X - 6h/24/X/2001, trung bình sai số tổng lượng của năm trận lũ đã mô phỏng là 10.08%. Như vậy so với sai số tổng lượng cho phép nhỏ hơn 20% [13] thì sai số tổng lượng trung bình các trận lũ mô phỏng trên là đạt. Trong số 5 trận lũ mô phỏng về lượng chỉ có 01 trường hợp sai số lớn hơn 20% tức là độ đảm bảo mô phỏng đạt 80%.

Về độ hữu hiệu theo chỉ tiêu  $R^2$  của năm trận lũ mô phỏng trên có  $R^2$  lớn nhất đạt tới 99.4% của trận lũ từ 7h/7/XI - 19h/13/XI/2000, và giá trị  $R^2$  thấp nhất là của trận lũ 6h/20/X-6h/24/X/2001 (đây là trận lũ kép). Độ hữu hiệu trung bình của năm trận lũ trên đạt 83.48%, vậy  $65% < R^2 < 85%$  thuộc loại khá. Qua năm trận lũ này ta thấy rằng thời gian xuất hiện đỉnh của đường quá trình tính toán gần như trùng với thời gian xuất hiện đỉnh của đường quá trình thực đo. Điều này có cơ sở để sử dụng mô hình thiết lập phương án dự án. Tuy nhiên với trận lũ kép 6h/20/X - 6h/24/X/2001 việc mô phỏng hay cho trận lũ này còn chưa đạt độ chính xác cao do khả năng tách lũ bằng hàm nội suy tuyến tính không phản ánh chính xác quá trình tồn thất trên lưu vực và do đó chưa xử lý tồn thất sau giai đoạn bão hoà.

Ta thấy trong các trận lũ mô phỏng có 4 trận lũ cho kết quả về lượng là khá tốt (với sai số tổng lượng nhỏ hơn 15%), Giá trị dự báo đỉnh lũ cũng khá tốt, đỉnh lũ tính toán thiên lớn sai số giữa dự báo và thực đo là nằm trong khoảng từ 5.3%-14.8% các kết quả này đều nhỏ hơn 15%, theo tiêu chuẩn đánh giá sai số của tổ chức Khí tượng thế giới thì với 5 trận lũ chạy mô phỏng cho kết quả là mô tả 2 trận lũ thuộc loại tốt với  $R^2 > 85\%$ , 3 trận lũ đạt loại khá. Để có được bộ thông số tương đối hoàn chỉnh trong khoá luận này đã sử dụng hai trận lũ độc lập để kiểm định thông số. Công thức tính tổn thất áp dụng nguyên bản công thức kinh nghiệm của phương pháp SCS, thực hiện ở Mỹ và chỉ số CN lấy theo bảng có sẵn của Cơ quan bảo vệ đất Hoa Kỳ nên so với tiêu chuẩn đất ở Việt Nam có thể chưa thật chính xác. Tương lai cần đầu tư nghiên cứu để xác lập riêng công thức tính tổn thất và bảng phân loại tra cứu CN này cho lãnh thổ nghiên cứu thì khả năng mô phỏng chắc chắn sẽ tốt hơn.

Kết quả sử dụng bộ thông số đã ổn định trong năm trận lũ trên để mô phỏng cho hai trận lũ độc lập ( như hình 3.12 và 3.13) ta thu được kết quả sau:

Trận lũ ngày 3-5/XI/2002 có sai số đỉnh là 11.6%, và sai số tổng lượng là 18.75% như vậy cả hai giá trị này đều nhỏ hơn 20% (sai số cho phép). Độ hữu hiệu theo chỉ tiêu  $R^2$  đạt 85.1% (lớn hơn 85%) thuộc loại tốt.

Trận lũ ngày 18-23/XI/2002 có sai số đỉnh là 11.1% và sai số tổng lượng là 2.8%, cả hai giá trị sai số này đều nhỏ hơn sai số cho phép. Độ hữu hiệu tính theo chỉ tiêu  $R^2$  đạt 84.2% (lớn hơn 65%) thuộc loại khá.

Với bộ thông số ổn định trên, khi áp dụng tính toán cho hai trận lũ độc lập mô hình cũng cho kết quả nằm trong chỉ tiêu cho phép, có thể kết luận rằng với bộ thông số trên có thể sử dụng để mô phỏng lũ cho lưu vực Tả Trạch - trạm Thượng Nhật.

Nhận xét kết quả mô phỏng và tính toán ta rút ra các kết luận sơ bộ như sau:

+ Mô hình đã mô phỏng khá tốt dạng đường quá trình lũ trên lưu vực chứng tỏ bộ thông số được xác lập là tương đối ổn định.

+ Với các trận lũ đơn mô hình cho kết quả dự báo tương đối tốt về đỉnh (cả về thời điểm xuất hiện và giá trị) cụ thể trên hình 3.7 đến 3.11. Sai số trung bình đỉnh lũ của các trận lũ đơn là 9.03%.

+ Sai số trung bình tổng lượng các trận lũ là 11.47%, độ đảm bảo đạt 80%.

+ Độ hữu hiệu tính theo chỉ tiêu  $R^2$  trung bình là 84.2% (thuộc loại khá).

+ Với trận lũ kép mô hình mô phỏng khá tốt, bắt được thời gian xuất hiện đỉnh lũ, tuy nhiên đỉnh thứ hai còn chưa thật đảm bảo về thời điểm xuất hiện đỉnh.

Như vậy, bộ thông số đã xác lập qua mô phỏng 5 trận lũ, sau khi tiến hành kiểm nghiệm bằng 2 trận lũ độc lập được kết quả như trên hình 3.12 và hình 3.13, cho thấy bộ thông số này có thể sử dụng được trên lưu vực sông Tả Trạch để phục vụ công tác cảnh báo và dự báo lũ cũng như khai thác hợp lý tài nguyên đất trên lưu vực.

## KẾT LUẬN

Thành phố Huế là di sản văn hoá thế giới đã được UNESCO công nhận và là một di tích lịch sử của nước ta. Như vậy việc bảo vệ thành phố Huế trước các hiểm hoạ lũ lụt là một việc có ý nghĩa rất lớn về cả kinh tế, văn hoá, xã hội. Sông Tả Trạch là một trong hai nhánh chính hình thành nên sông Hương chảy qua thành phố Huế. Chính vì thế khi đã xây dựng mô hình tính toán và dự báo lũ cho lưu vực sông Tả Trạch sẽ giúp công tác phòng chống bão lụt trên sông Hương thuận lợi.

Khoá luận này đã thực hiện được một số nội dung cơ bản như sau:

1. Đã tổng quan về các mô hình toán, nhất là các mô hình để mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy tiến đến xây dựng công nghệ dự báo lũ. Phân tích ưu nhược điểm của từng mô hình, cụ thể cho lưu vực sông Tả Trạch - Thượng Nhật, lựa chọn mô hình phần tử hữu hạn sóng động học 1 chiều làm công cụ mô phỏng và tính toán dòng chảy lưu vực sông Tả Trạch. Phương pháp có ưu điểm là xét chi tiết từng phần tử trên lưu vực và có thể diễn toán dòng chảy từ mưa cho từng phần tử sử dụng đầy đủ hơn các thông tin về mặt đệm (tức là thông tin của hệ thống).
2. Đã nghiên cứu toàn diện mặt đệm lưu vực sông Tả Trạch qua các tài liệu nghiên cứu trước đây. Từ bản đồ độ dốc và việc phân tích hướng dòng chảy trên bản đồ mạng lưới sông trên lưu vực đã xây dựng lưới phần tử, gồm 66 phần tử tương ứng với 30 dải thuộc 10 đoạn sông (10 đơn vị thuỷ văn). Từ lưới phần tử đã xây dựng, tiến hành tách các phần tử, áp các phần tử này vào các bản đồ độ dốc, sử dụng đất, rừng, địa hình... để tính các thông số phần tử: độ dốc trung bình, chiều dài, chiều rộng, diện tích và các hệ số CN, n. Bộ số liệu này được thể hiện trong file số liệu (phụ lục 2).
3. Tài liệu mưa trên lưu vực là tài liệu mưa bình quân ngày và mưa thời đoạn 6 giờ được lấy từ trạm Thượng Nhật. Mưa tích lũy theo thời đoạn 6 giờ, 12 giờ, 24 giờ tương ứng với tài liệu mưa trong các năm từ 1999 – 2002 được cung cấp bởi Trung tâm tư liệu KTTV.

4. Các thông số khác như độ dốc mái kênh, hệ số nhám lòng sông, chiều rộng đoạn lòng dẫn nhận được thông qua quá trình mô phỏng trận lũ.
5. Thành lập được một bộ thông số cho lưu vực sông Tả Trạch, áp dụng mô hình phân tử hữu hạn sóng động học và phương pháp SCS với sai số về đỉnh của những trận lũ đơn nằm trong khoảng 2.8% - 14.8%, lũ kép có sai số đỉnh nằm trong khoảng từ 4.24%÷17%, trung bình sai số về đỉnh là 9.04%. Sai số về tổng lượng của lũ đơn và lũ kép nằm trong khoảng 3.03%÷22%, trung bình sai số tổng lượng 11.4%. Các sai số này đều nằm trong sai số cho phép. Độ hữu hiệu theo chỉ tiêu  $R^2$ , đánh giá độ phù hợp của đường quá trình tính toán và thực đo của các trận lũ, là 84.2% đạt loại khá. Đã tiến hành kiểm tra bộ thông số trên chuỗi độc lập với sai số về đỉnh từ 2.8%÷11.6%, sai số về lượng từ 11.1%-18.75%, độ hữu hiệu tính theo chỉ tiêu  $R^2$  nằm trong khoảng từ 85.1%-95.8% thuộc loại tốt.
6. Với file số liệu trên để mô phỏng cho một trận lũ khác chỉ cần nhập mua tích lũy. Sau khi nhập mua vào chương trình tính thì với cấu hình máy là Pentium IV, cụ thể với file số liệu của lưu vực Tả Trạch cần từ 1÷4 phút cho kết quả, phụ thuộc vào thời gian của trận lũ cần mô phỏng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lương Tuấn Anh, 1996. *Một số mô hình mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy trên các lưu vực vừa và nhỏ ở miền Bắc Việt Nam*. Luận án phó tiến sĩ, Hà Nội.
2. *Bản đồ địa hình lưu vực Tả Trạch* 2000.. Tổng cục Địa chính,
3. *Bản đồ độ dốc lưu vực Tả Trạch*. 2000 Tổng cục Địa chính, .
4. *Bản đồ hiện trạng sử dụng đất lưu vực Tả Trạch*. 2000 Tổng cục Địa chính,
5. *Bản đồ mạng lưới sông suối lưu vực Tả Trạch*. 2000 Tổng cục Địa chính, .
6. *Bản đồ rừng lưu vực Tả Trạch*. 2000 Tổng cục Địa chính, .
7. Nguyễn Văn Cư và nnk, 1999. *Nghiên cứu hiện trạng, bước đầu xác định nguyên nhân lũ lụt các tỉnh vùng Nam Trung Bộ (từ Đà Nẵng đến Bình Thuận) và đề xuất cơ sở khoa học cho các giải pháp khắc phục*. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Trung tâm KHTN&CNQG, Hà Nội.
8. Nguyễn Văn Cường, 2003. *Khoá luận tốt nghiệp*, chuyên ngành thủy văn lục địa, ĐHKHTN- trường ĐHKHTN.
9. Bùi Văn Đức, Vũ Văn Tuấn, Lương Tuấn Anh, 2000. *Các mô hình toán về mưa - dòng chảy*. Giáo trình chuyên đề bậc tiến sĩ. Viện Khí tượng thủy văn, Hà Nội.
10. Nguyễn Hữu Khải, Nguyễn Thanh Sơn, 2003. *Mô hình toán thủy văn*, NXB ĐHQGHN, Hà Nội.
11. Nguyễn Thanh Sơn, 2004. *Tính toán thủy văn*. NXB ĐHQGHN, Hà Nội.
12. Nguyễn Thanh Sơn, Lương Tuấn Anh, 2003, *Áp dụng mô hình thủy động học các phần tử hữu hạn mô tả quá trình dòng chảy lưu vực*. Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, T.XIX, No1, Hà Nội.
13. Ngô Chí Tuấn, 2003, *Khoá luận tốt nghiệp*, chuyên ngành thủy văn lục địa, ĐHKHTN- trường ĐHKHTN.
14. Trần Tuất, Nguyễn Đức Nhật, 1980. *Khái quát địa lý thủy văn sông ngòi Việt Nam*. Tổng cục KTTV.
15. Chow V.T. , 1988 *Applied Hydrology*. Mc Graw Hill.

## PHỤ LỤC

**Phụ lục 1:** Giá trị lưu lượng và giá trị lượng mưa trạm Thượng Nhật

Năm	Tháng	Ngày	Giờ	Q(m <sup>3</sup> /s)	X(mm)
1999	12	1	13	24.7	
			19	35.3	18.0
		2	1	45.3	3.0
			7	44.4	2.5
			13	43.6	1.8
			19	42.7	2.0
		3	1	47.0	18.7
			4	57.8	
			7	82.9	26.8
			9	114	
			10	133	29.0
			11	159	
			12	135	21.2
			13	127	
			14	119	
			15	164	54.3
			16	240	29.0
			17	416	
			18	396	25.2
			19	376	14.5
			20	296	
			21	245	13.0
			22	186	10.0
			23	175	
			24	172	
		4	1	170	
			2	189	15.0
			3	183	
			4	180	
			5	197	16.1
			6	208	
			7	206	
			8	198	19.0
			9	162	
			10	144	
			11	131	22.5
			12	127	
			13	376	
			14	125	4.0
			15	124	
			16	129	21.0

			17	126	
			18	124	
			19	121	9.0
			20	119	
			21	116	
			22	112	6.0
			23	110	
			24	114	
		5	1	121	19.3
			2	126	
			3	135	
			4	147	15.6
			5	155	
			6	162	
			7	160	15.0
			8	168	
			9	164	
			10	177	16.4
			11	156	
			12	143	
			13	131	6.0
			14	129	
			15	127	
			16	126	
			17	126	
			18	126	
			19	125	15.0
			20	124	
			21	123	
			22	121	6.3
			23	120	
			24	118	
		6	1	117	3.0
			4	109	
			7	102	5.6
			10	98.0	3.4
			13	96.0	3.2
			16	94.9	4.9
			19	91.9	3.2
			22	89.9	3.8
		7	1	86.9	3.7
			7	79.9	3.0
			13	75.0	3.6
2001	10	20	6	41.1	
			7	81.0	62.7
			8	113	
			9	156	
			10	158	



			11	145	
			12	219	
			13	321	47.2
			14	378	
			15	221	
			16	147	101.9
			17	120	
			18	564	
			19	81.0	3.1
			20	75.2	
			21	69.4	
			22	62.7	2.6
			23	59.0	
			24	57.1	
		21	1	61.8	9.1
			4	75.2	
			7	73.2	14.3
			10	66.5	14.7
			13	89.8	3.0
			14	97.7	
			15	88.8	
			16	79.0	5.2
			17	184	
			18	488	
			19	463	74.6
			20	326	
			21	492	
			22	456	38.1
			23	423	
			24	568	
		22	1	499	41.2
			2	395	
			3	322	
			4	292	
			5	231	
			6	221	46.2
			7	204	
			8	197	
			9	184	14.6
			10	292	
			11	202	
			12	185	2.1
			13	148	
			14	140	
			15	134	
			16	130	
			17	124	
			18	117	

			19	112	0.1
			20	110	
			21	109	
			22	108	
			23	106	
			24	103	
		23	1	98.7	
			4	89.8	
			7	82.9	1.3
			10	74.2	1.6
			13	71.3	
			16	69.4	2.3
			19	68.4	
			22	66.5	
		24	1	63.7	
			7	57.1	0.8
2001	10	21	1	57.1	
			4	75.2	9.1
			7	73.2	14.3
			10	66.5	14.7
			13	89.8	3.0
			14	97.7	
			15	88.8	
			16	79.0	5.2
			17	184	
			18	488	
			19	463	74.6
			20	326	
			21	492	
			22	456	38.1
			23	423	
			24	568	
		22	1	499	41.2
			2	395	
			3	322	
			4	292	
			5	231	
			6	221	46.2
			7	204	
			8	197	
			9	184	14.6
			10	292	
			11	202	
			12	185	2.1
			13	148	
			14	140	
			15	134	
			16	130	

			17	124	
			18	117	
			19	112	0.1
			20	110	
			21	109	
			22	108	
			23	106	
			24	103	
		23	1	98.7	
			4	89.8	
			7	82.9	1.3
			10	74.2	1.6
			13	71.3	
			16	69.4	2.3
			19	68.4	
2001	11	10	1	23.3	
			7	22.5	2.4
			13	21.0	0.6
			19	21.7	2.5
		11	1	21.7	2.1
			7	22.5	7.7
			13	27.9	16.2
			16	38.5	8.1
			19	46.2	13.1
			22	48.0	9.2
			24	49.7	
		12	1	52.4	9.3
			4	58.0	6.2
			7	63.7	10.4
			8	71.3	
			9	79.0	
			10	89.8	14.7
			11	130	
			12	218	
			13	322	55.7
			14	398	
			15	264	
			16	183	11.3
			17	156	
			18	144	
			19	137	3.8
			20	122	
			21	111	
			22	103	4.3
			23	98.7	
			24	92.7	
		13	1	87.8	
			4	75.2	

			7	78.4	
			10	66.5	
			13	62.7	
			16	59.9	
			19	56.1	
			22	55.2	
		14	1	54.3	2.7
2002	11	3	1	38.8	0
			4	49.4	12.8
			7	57.6	19.6
			10	49.4	13.1
			13	91.2	1.3
			16	51.2	
			19	45.8	12.8
			22	55.8	
		4	1	39.2	17
			4	73.5	
			7	36.2	5.2
			10	59.5	
			13	33.7	0.1
			16	37.6	
			19	30.4	0.1
			22	34.0	
		5	1	28.8	0.2
			7	28	
			13	26.3	
			19	26.1	
2002	11	18	1	18.7	6.5
			7	20.2	6.1
			13	29.6	101.7
			19	38.7	2.6
		19	1	398	7.2
			7	223.2	7.8
			10	130.4	9
			13	116	0
			16	113.7	
			19	98.8	1.7
		20	1	82.1	6.5
			7	78.4	5
			13	74.7	1.8
			19	65	1.7
		21	1	64.0	1.6
			7	55.8	2
			13	54.0	1.2
			19	47.6	21.8
			21	51.2	
			22	46.7	23.4
			23	44.0	

			24	40.5	
		22	1	37.1	12.3
			2	38.8	
			3	57.6	
			4	73.5	
			5	66.9	
			6	91	
			7	43.1	117
			8	91.2	6.1
			9	89.2	
			10	87.2	0.8
			11	75.5	
			12	65.0	
			13	58.5	12.5
			14	57.6	
			15	55.8	
			16	55.8	1.3
			17	54.0	
			18	51.2	
			19	39.6	1.4
			20	45.8	
			21	44.9	
			22	43.1	2.1
			23	41.3	
			24	40.5	
		23	1	39.6	1.1
			7	37.1	2.2
			13	33.7	

## Phụ lục 2

### File số liệu đầu vào của mô hình

10 0.0001 10 11 60 100 1  
0 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60  
0 53.1 66.4 68.1 71.3 73.5 73.5 73.5 73.5 73.5  
2 song1 (song 3 trong ban do) so dai  
0 song do vao  
60 65 do rong cua song ung voi tung dai  
1 1 do doc mai kenh  
3500 2600 chieu dai doan long dan cua dai  
0.2029 0.0346 do doc doan long dan cua dai  
2 2 so phan tu trai  
2 2 so phan tu phai  
0.1 0.09 do nham song  
1901.33 2605.11  
1416.81 2748.89  
1429 1370  
1166 1800  
0.38 0.37  
0.35 0.35  
62 61.1  
61 61.8  
0.5061 0.5235  
0.5235 0.5235  
1747.47 1623.02  
1080.08 1511.24  
1386 1955  
2720 1780  
0.38 0.35  
0.34 0.32  
65.5 65.5  
66.4 63.9  
0.5235 0.5235

0.5235 0.5235  
 4 song2 (song4 trong ban do) so dai  
 1  
 1 so song do vao song 2  
 60 65 70 75 chieu rong cua song ung voi tung dai  
 1 1 1 1  
 2500 2600 2500 3500 chieu dai doan long dan cua dai  
 0.2000 0.0808 0.0360 0.028 do doc doan long dan cua dai  
 1 1 1 1 so phan tu trai  
 1 1 1 1 so phan tu phai  
 0.1 0.09 0.09 0.08 he so nham long song  
 1526.38 do rong pt trai dai 1  
 1485.37 phai  
 1630 chieu dai pt trai dai 1  
 1230 phai  
 0.38 do nham pt trai dai 1  
 0.35 phai  
 65 CN pt trai dai 1  
 65 phai  
 0.5235 do doc pt trai dai 1  
 0.5235 phai  
 1982.86 rong trai 2  
 2522.68 rong phai 2  
 2800 dai trai 2  
 970 dai phai 2  
 0.34 nham trai 2  
 0.32 nham phai 2  
 61.7 CN trai 2  
 61 CN phai 2  
 0.5235 doc trai 2  
 0.5235 doc phai 2  
 2530.48 rong trai 3  
 1979.66 rong phai 3  
 2100 dai trai 3  
 1180 dai phai 3  
 0.32 nham trai 3  
 0.3 nham phai 3  
 60.8 CN trai 3  
 60.2 CN phai 3  
 0.5235 doc trai 3  
 0.5235 doc phai 3  
 2453.91 rong trai 4

1909.56	rong phai 4
1150	dai trai 4
1360	dai phai 4
0.33	nham trai 4
0.32	nham phai 4
60	CN trai 4
60.1	CN phai 4
0.5235	doc trai 4
0.5235	doc phai 4
4	song3 (song5 trong ban do) so dai
0	song do vao
60 65 70 75	do rong cua song ung voii tung dai
1 1 1 1	do doc mai kenh
2400 2300 1800 2500	chieu dai doan long dan
0.0875 0.0370 0.0194 0.008	do doc doan long dan
1 1 1 1	so phan tu trai
1 1 1 1	so phan tu phai
0.1 0.09 0.08 0.08	do nham long song
2209.68	rong pt trai dai 1
1874.85	phai 1
930	dai pt trai dai 1
1710	phai 1
0.33	nham pt trai dai 1
0.35	phai dai 1
61	CN pt trai dai 1
60.5	phai 1
0.5235	do doc pt trai dai 1
0.5235	phai dai 1
3131.33	
1700	
533	
1960	
0.32	
0.33	
61	
60.9	
0.5235	
0.5235	
1249.23	
1731.51	
1300	
109	



0.32  
0.32  
61  
61  
0.5235  
0.5235  
2180.98  
2424.77  
410  
1090  
0.32  
0.32  
60.8  
60.6  
0.5235  
0.5235  
3 song 4 ( song9 trong ban do)  
2  
2 3  
65 70 75  
1 1 1  
1700 2600 2000  
0.0529 0.0615 0.0250  
1 1 1  
1 1 1  
0.1 0.09 0.09  
1820.83  
1565.63  
1920  
1059  
0.38  
0.35  
65.4  
60.7  
0.5235  
0.4886  
1479  
2078.9  
2000  
1166  
0.36  
0.36

63.6  
60  
0.5235  
0.3665  
1337.79  
1189.79  
3440  
1221  
0.31  
0.33  
61.1  
60  
0.3839  
0.5235  
4 song 5 (song6 trong ban do)  
0  
60 70 75 80  
1 1 1 1  
2540 2610 2080 2630  
0.252 0.0421 0.0144 0.0076  
1 1 1 1  
1 1 1 1  
0.1 0.09 0.09 0.08  
1166.55  
2249.44  
2960  
890  
0.38  
0.37  
59.2  
59.8  
0.3665  
0.5061  
2616.2  
2164.5  
1790  
2000  
0.35  
0.33  
61  
61  
0.4712

0.0524  
1427.43  
1694.9  
1750  
980  
0.32  
0.32  
61  
61  
0.2618  
0.0524  
1766.67  
2460.7  
1320  
458  
0.31  
0.31  
60.6  
60.9  
0.5235  
0.2792  
3 song 6 (song7 trong ban do)  
2  
4 5  
65 70 75  
1 1 1  
4100 2300 3500  
0.0488 0.0435 0.0057  
1 1 1  
1 1 1  
0.1 0.09 0.08  
3121.25  
3504.76  
520  
840  
0.34  
0.35  
63  
64  
0.4886  
0.0698  
2105.88

1266.81  
680  
2290  
0.3  
0.32  
61.9  
61.7  
0.4363  
0.5235  
2076.67  
1816.48  
600  
2610  
0.26  
0.29  
62.4  
62  
0.5235  
0.5235  
5 song 7 (song2 trong ban do)  
0  
60 65 70 80 85  
1 1 1 1 1  
2500 2200 2000 2600 3200  
0.2400 0.1045 0.0400 0.0154 0.0156  
1 1 1 1 1  
1 1 1 1 1  
0.1 0.09 0.08 0.08 0.075  
2328.72  
2192.94  
940  
850  
0.38  
0.38  
62.9  
67.7  
0.349  
0.349  
1497.03  
1779.71  
2690  
2070

0.37  
0.37  
62.1  
62.1  
0.349  
0.4188  
1906.02  
1937.8  
2490  
2540  
0.35  
0.32  
64.2  
62.9  
0.4537  
0.5235  
3670.42  
1474.38  
710  
2810  
0.32  
0.31  
61.5  
61.4  
0.4886  
0.4886  
3022.92  
2486.49  
480  
1850  
0.28  
0.29  
61  
63.7  
0.5235  
0.5235  
2 song 8 (song 1 trong ban do)  
0  
70 75  
1 1  
5300 2800  
0.1226 0.0179

1 1  
1 1  
0.1 0.09  
2113.1  
5069.57  
2520  
460  
0.34  
0.35  
68.5  
66.1  
0.0977  
0.4537  
3129.27  
1911.76  
4100  
714  
0.32  
0.26  
68.5  
61.6  
0.3316  
0.5235  
1 song 9 (song 10 trong ban do)  
2  
7 8  
80  
1  
1700  
0.0048  
1  
1  
0.1  
2328.33  
1877.86  
600  
1400  
0.29  
0.29  
66.5  
64.7  
0.5235

0.4276  
2 song 10 (song 8 trong ban do)  
2  
6 9  
70 80  
1 1  
2500 2400  
0.004 0.0083  
2 2  
1 1  
0.1 0.09  
2427.66 2178.3  
2361.19  
1880 2120  
2190  
0.31 0.28  
0.25  
67.4 68  
68  
0.2792 0.2094  
0.5320  
1916.39 2306.71  
2122.68  
2380 2980  
970  
0.34 0.32  
0.28  
68 68.5  
68.7  
0.2269 0.3409  
0.5235