

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN  
KHOA KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN & HẢI DƯƠNG HỌC**

**KHOÁ LUẬN TỐT NGHIỆP**

**CỬ NHÂN KHOA HỌC NGÀNH THỦY VĂN LỤC ĐỊA  
HỆ ĐÀO TẠO CHÍNH QUY**

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SÓNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ  
HỮU HẠN VÀ PHƯƠNG PHÁP SCS ĐỂ ĐÁNH GIÁ VIỆC SỬ DỤNG TÀI NGUYÊN ĐẤT  
VÀ NƯỚC TRÊN LƯU VỰC SÔNG THU BỒN – TRẠM NÔNG SƠN**

**Người hướng dẫn: ThS. Nguyễn Thanh Sơn  
Người thực hiện : Đỗ Thị Tâm**

## LỜI CẢM ƠN

Đời sự giúp đỡ tận tình của các thầy cô trong bộ môn cùng các thầy cô trong khoa KTVHK, em đã hoàn thành tốt công việc học tập của mình. Trong quá trình học tập, em đã tiếp cận với phương pháp cũng như công việc của một nhà nghiên cứu khoa học.

Với lòng biết ơn sâu sắc, nhân dịp này em xin chân thành cảm ơn các thầy cô đã hết lòng dạy dỗ, giúp đỡ em trong suốt những năm học tập tại trường. Đặc biệt là thầy Nguyễn Thanh Sơn và anh Ngô Chí Tuấn, đã hướng dẫn em hoàn thành khoá luận này.

## MỤC LỤC

<b>Mở đầu</b> .....	4
<b>Chương 1: Tổng quan về các mô hình m-a – dòng chảy và các phương pháp tính thấm</b> .....	5
1.1. Tổng quan về các mô hình m- a – dòng chảy.....	5
1.1.1 Mô hình m- a của trung tâm khí tượng thủy văn Liên Xô (HMC).....	5
1.1.2 Mô hình SSARR .....	6
1.1.3 Mô hình TANK .....	6
1.1.4 Mô hình NAM .....	8
1.1.5 Mô hình USDAHL .....	9
1.2. Mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn .....	10
1.2.1 Giả thiết .....	11
1.2.2 Phương pháp phần tử hữu hạn .....	11
1.2.3 Xây dựng mô hình .....	12
1.3. Tổng quan về các phương pháp tính thấm .....	17
1.3.1 Định luật Darcy .....	18
1.3.2 Phương trình Horton .....	18
1.3.3 Phương trình Phillip .....	19
1.3.4 Phương pháp Green – Ampt .....	19
1.3.5 Phương pháp SCS .....	21
1.3.6 Phát triển phương pháp SCS .....	22
<b>Chương 2: Điều kiện địa lý tự nhiên lưu vực sông Thu Bồn - Nông Sơn</b> .....	28
2.1. Vị trí địa lý .....	28
2.2. Địa hình .....	28
2.3. Địa chất, thổ nhưỡng .....	28
2.4. Lớp phủ thực vật .....	28
2.5. Khí hậu .....	32
2.6. Mạng lưới sông suối và tình hình nghiên cứu .....	32
<b>Chương 3: Ứng dụng mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp SCS để đánh giá việc sử dụng tài nguyên đất và nước trên lưu vực sông Thu Bồn – Nông Sơn</b> .....	37
3.1. Tình hình số liệu .....	37
3.2. Kết quả mô phỏng lũ .....	38
3.3. Đánh giá ảnh hưởng của việc khai thác sử dụng đất đến quá trình dòng chảy lũ trên lưu vực sông Thu Bồn .....	43
3.3.1 Khảo sát ảnh hưởng của việc đô thị hoá đến quá trình dòng chảy lũ trên lưu vực sông Thu Bồn .....	43
3.3.2 Khảo sát ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy lũ trên lưu vực sông Thu Bồn .....	50
<b>Kết luận</b> .....	59
<b>Tài liệu tham khảo</b> .....	61
<b>Phụ lục</b> .....	63

## MỞ ĐẦU

Quá trình hình thành lũ trên l-u vực là một quá trình rất phức tạp. Việc mô phỏng lũ chủ yếu là mô phỏng quá trình m-a – dòng chảy và quá trình truyền lũ trên sông. Khi mô phỏng quá trình m-a dòng chảy cần làm rõ hai quá trình chính là quá trình vận chuyển n-ớc trên s-ờn dốc và quá trình tổn thất trên bề mặt l-u vực. Việc mô phỏng lũ hiện nay ngoài các ph-ong pháp truyền thống, trong thuỷ văn học hiện đại còn ứng dụng mô hình toán thuỷ văn. Bởi vậy việc khai thác mô hình sóng động học một chiều ph-ong pháp phân tử hữu hạn là một trong những h-ớng tiếp cận đó.

Do sự hạn chế về nguồn số liệu, nhất là số liệu khí t-ợng và số liệu mặt đệm nên từ tr-ớc đến nay các ph-ong pháp dự báo lũ lụt th-ờng có độ chính xác không cao (dựa vào quan hệ mực n-ớc t-ợng ứng của các trạm trên cùng một hệ thống sông) do không tính đến tác động của của các quá trình khác diễn biến trên bề mặt l-u vực và ảnh h-ởng của việc khai thác l-u vực đến quá trình dòng chảy trên bề mặt l-u vực.

Mô hình sóng động học một chiều ph-ong pháp phân tử hữu hạn và ph-ong pháp SCS đã phân nào khác phục đ-ợc nh-ợc điểm trên, do có thể cập nhật tốt hơn các thông tin về mặt đệm. Trong khóa luận này sử dụng mô hình sóng động học một chiều ph-ong pháp phân tử hữu hạn và ph-ong pháp SCS để đánh giá ảnh h-ởng của các kích bản khai thác sử dụng l-u vực đến quá trình hình thành dòng chảy. Bộ thông số đã đ-ợc tối - u hoá của mô hình cho l-u vực sông Thu Bồn với kết quả mô phỏng khả quan đ-ờng quá trình lũ trên l-u vực trong công trình nghiên cứu của Phạm Hồng Thái. Từ bộ thông số đã đ-ợc xác lập trên tiến hành khảo sát ảnh h-ởng của quá trình đô thị hóa, khai thác rừng và canh tác n-ong rẫy đến quá trình dòng chảy trên l-u vực sông Thu Bồn. Từ đó đánh giá việc khai thác tài nguyên n-ớc và đất để phục vụ cho quy hoạch sử dụng đất trên l-u vực đã lựa chọn (l-u vực sông Thu Bồn).

Do trình độ có hạn, khả năng phân tích tổng hợp và thời gian nghiên cứu còn hạn chế nên khóa luận này không thể tránh khỏi còn nhiều sai sót mong nhận đ-ợc sự góp ý của các thầy cô để khoá luận này đ-ợc hoàn thiện hơn.

## Chương 1

# TỔNG QUAN VỀ CÁC MÔ HÌNH M<sup>2</sup>A – DÒNG CHẢY VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH THẨM

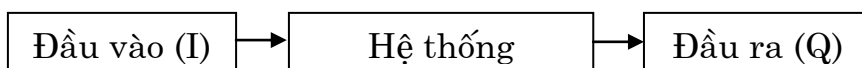
### 1.1. TỔNG QUAN VỀ CÁC MÔ HÌNH M<sup>2</sup>A – DÒNG CHẢY [7, 8, 9, 12, 13]

Mô hình *m-a* - dòng chảy thuộc loại mô hình tất định. 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 nh- nhau đi qua hệ thống sẽ cho ta cùng một sản phẩm đầu ra. Mặc dù các hiện tượng thủy văn cũng ít nhiều mang tính ngẫu nhiên, nh- ng đôi khi mức độ biến đổi ngẫu nhiên của đầu ra có thể rất nhỏ bé so với sự biến đổi gây ra bởi các nhân tố đã biết. Trong trường hợp đó sử dụng mô hình tất định là thích hợp.

Mô hình tất định là mô hình mô phỏng quá trình biến đổi của các hiện tượng thủy văn trên lưu vực mà ta đã biết trước. Nó khác với mô hình ngẫu nhiên là mô hình mô phỏng quá trình dao động của bản thân quá trình thủy văn mà không chú ý đến các nhân tố đầu vào tác động của hệ thống.

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

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



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

#### 1.1.1 Mô hình của Trung tâm khí tượng thủy văn Liên Xô (HMC)

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 lưu vực.

Lưu vực *m-a* hiệu quả sinh dòng chảy mặt  $P$  được tính theo phương trình:

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

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

Mô hình này có tính đến lượng bốc hơi mà số liệu đo đạc lượng bốc hơi trên các l-u vực còn thiếu rất nhiều, chủ yếu là đ-ợc - ớc tính từ các ph-ong trình xác định trực tiếp lượng bốc hơi. Ngoài ra cường độ thấm trung bình thì thường đ-ợc lấy trung bình cho toàn l-u vực với thời gian không xác định nên mô hình này còn nhiều hạn chế.

### 1.1.2 Mô hình SSARR

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

- Mô hình l-u vực
- Mô hình điều hoà hồ chứa
- Mô hình hệ thống sông

Trong mô hình l-u vực, ph-ong trình cơ bản của SSARR sử dụng để diễn toán dòng chảy trên l-u vực là luật liên tục trong ph-ong pháp trữ n-ớc áp dụng cho hồ thiên nhiên:

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

Ph-ong 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 l-u vực nh-ng bên cạnh đó mô hình SSARR còn hạn chế với những l-u 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 l-u vực sông ví dụ nh- các kiểu thảm thực vật, việc bảo vệ đất và các hoạt động quản lý đất t-ong tự khác).

### 1.1.3 Mô hình TANK

Mô hình TANK đ-ợc phát triển tại Trung tâm Nghiên cứu Quốc gia về phòng chống thiên tai tại Tokyo, Nhật Bản. Theo mô hình này, l-u vực đ-ợc mô phỏng bằng chuỗi các bể chứa (TANKS) theo tầng cái này trên cái kia phù hợp với phẫu diện đất. N-ớc mưa và do tuyết tan đ-ợc 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 gồm:

M- a 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 m-a;  $X_i$  - lượng m-a tại điểm thứ i;  $W_i$  - trọng số của điểm m-a 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)

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

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:

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

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

trong đó: XS, SS - lượng ẩm thực và lượng ẩm bão hòa phần dưới bể A;  $TB_0, TB, TC_0, TC$  - các thông số truyền ẩm, theo M. Sugawar 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 m-a (P). Dòng chảy qua các cửa bên ( $YA_1, YA_2$ ) và cửa đáy ( $YA_0$ ) được xác định theo các công thức sau:

$$H_f XA + P - PS \quad (1.8)$$

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

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

Trong mô hình, tác dụng điều tiết của s-ồn dốc đã tự động đ-ợc xét thông qua các bể chứa xếp theo chiều thẳng đứng. Nh-ng 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 n-ớc tại một điểm. Đây là một hạn chế của mô hình TANK.

#### 1.1.4. Mô hình NAM

Mô hình NAM đ-ợc xây dựng tại khoa Thủy văn Viện Kỹ thuật Thủy động lực và Thủy lực thuộc Đại học Kỹ thuật Đan Mạch năm 1982. Mô hình dựa trên nguyên tắc các bể chứa theo chiều thẳng đứng và các hồ chứa tuyến tính. Trong mô hình NAM, mỗi l-u vực đ-ợc xem là một đơn vị xử lý. Do đó, các thông số và các biến là đại diện cho các giá trị đ-ợc trung bình hoá trên toàn l-u vực. Mô hình tính quá trình m-a - dòng chảy theo cách tính liên tục hàm l-ợng ẩm trong năm bể chứa riêng biệt có t-ong tác lẫn nhau:

- + Bể chứa tuyết đ-ợc kiểm soát bằng các điều kiện nhiệt độ không khí.
- + Bể chứa mặt bao gồm l-ợng ẩm bị chặn do lớp phủ thực vật, l-ợng điển trưng và l-ợng ẩm trong tầng sát mặt.  $U_{max}$  là giới hạn trên của l-ợng n-ớc trong bể.
- + Bể chứa tầng d-ới là vùng dễ cây mà từ đó cây cối có thể rút n-ớc cho bốc thoát hơi.  $L_{max}$  là giới hạn trên của l-ợng n-ớc trong bể.
- + Bể chứa n-ớc tầng ngầm trên và bể chứa n-ớc tầng ngầm d-ới là hai bể chứa sâu nhất.

Dòng chảy tràn và dòng chảy sát mặt đ-ợc diễn toán qua một hồ chứa tuyến tính thứ nhất, sau đó các thành phần dòng chảy đ-ợc cộng lại và diễn toán qua hồ chứa tuyến tính thứ hai. Cuối cùng thu đ-ợc dòng chảy tổng cộng tại cửa ra. Ph-ơng trình cơ bản của mô hình:

*Dòng chảy sát mặt QIF:*

$$QIF = \begin{cases} \frac{L}{L_{max}} - CLIF & \text{Với } \frac{L}{L_{max}} > CLIF \\ CQIF \frac{L_{max}}{1 - CLIF} U & \\ 0 & \text{Khi } \frac{L}{L_{max}} \leq CLIF \end{cases} \quad (1.11)$$

trong đó: CQIF - hệ số dòng chảy sát mặt; CLIF - các ng-ỡng dòng chảy; U,  $L_{max}$  - thông số khả năng chứa.

*Dòng chảy tràn QOF:*



$$QOF = \begin{cases} CQOF \frac{\frac{L}{L_{max}} - CLOF}{1 - CLOF} P_N & \text{Với } \frac{L}{L_{max}} > CLOF \\ 0 & \text{Khi } \frac{L}{L_{max}} \leq CLOF \end{cases} \quad (1.12)$$

trong đó: CQOF - hệ số dòng chảy tràn; CLOF - các ngưỡng dòng chảy.

Trong tính toán giả thiết rằng dòng chảy ra khỏi hồ tuân theo quy luật đồng n-ớc rút:

$$Q_{out} = Q_{out}^0 e^{-\frac{t}{CK}} + Q_{in} \left( 1 - e^{-\frac{t}{CK}} \right) \quad (1.13)$$

trong đó:  $Q_{out}^0$  là dòng chảy ra tính ở thời điểm trước;  $Q_{in}$  là dòng chảy vào tại thời điểm đang tính; CK là hằng số thời gian của hồ chứa.

Mô hình NAM đã tính được dòng chảy sát mặt và dòng chảy tràn, song bên cạnh đó các thông số và các biến được tính trung bình hoá cho toàn lưu vực. Nên việc cụ thể hoá và tính toán cho những đơn vị nhỏ hơn trên lưu vực bị hạn chế.

### 1.1.5 Mô hình USDAHL

Mô hình này được công bố vào năm 70, là mô hình thông số dải theo các tiểu vùng thủy văn. Mô hình chia bề mặt lưu vực thành các tiểu vùng thủy văn với các đặc trưng như: loại đất, sử dụng đất... Ở mỗi vùng, các quá trình như: bốc thoát hơi, thấm, điền trũng, dòng chảy được tính toán xử lý trong mối liên kết giữa vùng này với vùng khác. Quá trình hình thành dòng chảy được mô phỏng như sau:

Dòng chảy mặt bao gồm quá trình thấm, quá trình trữ và chảy tràn. Quá trình thấm được mô phỏng bằng phương trình Holtan:

$$f_t = A \cdot GI \cdot S_{at}^{1.4} + f_c \quad (1.14)$$

trong đó:  $f_t$  - Cường độ thấm; A - Hệ số phụ thuộc vào độ rỗng của đất, mật độ rễ cây; GI - Chỉ số phát triển thực vật, phụ thuộc vào nhiệt độ không khí và loại cây;  $f_c$  - Cường độ thấm ổn định;  $S_{at}$  - Độ thiếu hụt ẩm của đất là hàm số theo thời gian:

$$S_{at} = S_{at-1} - f_{t-1} + f_c$$

Quá trình trữ, chảy tràn được thực hiện dựa trên cơ sở phương trình cân bằng nước. Quá trình dòng chảy dưới mặt đất được xem xét dựa trên cơ sở phương trình cân bằng độ ẩm đất. Dòng chảy trong lòng dẫn được diễn toán theo mô hình tuyến tính. Mô hình

này có khả năng đánh giá tác động của các yếu tố 1-u vực quy mô trung bình đến sự hình thành dòng chảy.

Mô hình USDAHL đã xét đến tất cả các thành phần trong ph-ong trình cân bằng n-ớc, và mỗi thành phần này đã đ-ợc xử lý xem xét dựa trên những ph-ong trình. Song việc xử lý l-ợng thấm, bốc thoát hơi, điền trũng gặp rất nhiều khó khăn ngoài ra với những l-u vực lớn thì khả năng đánh giá tác động của các yếu tố l-u vực đến sự hình thành dòng chảy là kém.

## 1.2. MÔ HÌNH SÓNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU PH-ONG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN [1, 10, 11, 12, 13]

Hiện nay khoa học về thủy văn đã tích lũy đ-ợc những kiến thức phong phú về các quá trình vật lý hình thành chu trình thủy văn. Mặt khác, các kỹ thuật và công nghệ cao đã bắt đầu đ-ợc sử dụng để thu thập số liệu một cách liên tục theo không gian và thời gian, kết hợp với các máy tính hiện đại đã cho phép khả năng xử lý tất cả các dạng số liệu khí t-ợng thủy văn một cách nhanh chóng. Tất cả các vấn đề này đã mở ra một giai đoạn mới trong việc mô hình hóa các quá trình dòng chảy bằng các mô hình thủy động lực học.

Mô hình thủy động lực học dựa trên cơ sở xấp xỉ không gian l-u vực và tích phân số trị các ph-ong trình đạo hàm riêng mô tả các quá trình vật lý diễn ra trên l-u vực nh- ph-ong trình bảo toàn và ph-ong trình chuyển động của chất lỏng.

Đối với mô hình thủy động lực học, quá trình hình thành dòng chảy sông đ-ợc chia làm hai giai đoạn: Chảy trên s-ờn dốc và trong lòng dẫn. Ng-ời ta đã xây dựng đ-ợc mô hình sóng động lực học hai chiều, một chiều và mô hình sóng động học hai chiều và sóng động học một chiều với nhiều ph-ong pháp giải, nh-ng ph-ong pháp giải mang lại kết quả cao là ph-ong pháp phần tử hữu hạn.

Mô hình sóng động học hai chiều mô phỏng dòng chảy s-ờn dốc có -u điểm là có cơ sở vật lý và toán học chặt chẽ. Tuy nhiên, hiện nay mô hình này mới chỉ có ý nghĩa về mặt lý thuyết và chỉ dừng lại ở khảo sát toán học và thực nghiệm số trị. Mô hình này ch-a có khả năng áp dụng vào thực tế vì thuật toán phức tạp cũng nh- khả năng đáp ứng yêu cầu thông tin vào một cách chi tiết và đồng bộ rất hạn chế. Mô hình sóng động học hai chiều đã có thể áp dụng vào tính toán thực tế. Tuy nhiên, thực chất các kết quả tính toán mới chỉ ở mức độ thực nghiệm số trị ch-a có khả năng ứng dụng phổ biến.

Mô hình sóng động học áp dụng cho dòng chảy s-ồn dốc và lòng dẫn có dạng nh- sau:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (1.15)$$

$$Q = \frac{1}{\eta} R^{2/3} S^{1/2} A \quad (1.16)$$

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 (m- a v- ợt thấm đối với bãi dòng chảy trên mặt và và 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;  $S$ - Độ dốc đáy của bãi dòng chảy;  $R$ - Bán kính thủy lực;  $\eta$ - Hệ số nhám Manning.

Việc khảo sát ph- ơng trình (1.15) đã đ- ợc tiến hành trong nhiều công trình nghiên cứu và rút ra kết luận là thích hợp nhất đối với dòng chảy s- ỒN DỐC và thích hợp nhất đối với lòng dẫn có độ dốc t- ỒNG ĐỐI LỚN. Một trong các cách tiếp cận mô phỏng dòng chảy s- ỒN DỐC bằng mô hình sóng động học một chiều có nhiều triển vọng nhất là mô hình với ph- ơng pháp phân tử hữu hạn.

### 1.2.1 Giả thiết

Để xấp xỉ l- u vực sông bằng các phân tử hữu hạn, các phân tử lòng dẫn và s- ỒN DỐC đ- ợc chia thành các dải t- ỒNG ỨNG VỚI MỖI PHÂN TỬ LÒNG DẪN SAO CHO: trong mỗi dải dòng chảy xảy ra độc lập với dải khác và có h- ỚNG VUÔNG GÓC VỚI h- ỚNG DÒNG CHẢY LÒNG DẪN trong phân tử lòng dẫn. Việc chia dải cho phép áp dụng mô hình dòng chảy một chiều cho từng dải s- ỒN DỐC. Trong mỗi dải lại chia ra thành các phân tử s- ỒN DỐC SAO CHO ĐỘ DỐC S- ỒN DỐC TRONG MỖI PHÂN TỬ t- ỒNG ĐỐI ĐỒNG NHẤT. Mô hình sóng động học đánh giá tác động của việc sử dụng đất trên l- u vực đến dòng chảy đ- ợc xây dựng dựa trên hai ph- ơng pháp: ph- ơng pháp phân tử hữu hạn và ph- ơng pháp SCS.

### 1.2.2 Ph- ơng pháp phân tử hữu hạn

Dựa trên mô hình thủy động lực học của Ross B.B và nnk, Đại học Quốc gia Blacksburg, Mỹ dùng để dự báo ảnh h- ỚNG CỦA VIỆC SỬ DỤNG ĐẤT ĐẾN QUÁ TRÌNH LŨ VỚI m- a v- ỚT THẤM là đầu vào của mô hình. Ph- ơng pháp phân tử hữu hạn số kết hợp với ph- ơng pháp số d- của Galerkin đ- ợc sử dụng để giải hệ ph- ơng trình sóng động học của dòng chảy một chiều.

Việc áp dụng lý thuyết phân tử hữu hạn để tính toán dòng chảy đ- ợc Zienkiewicz và Cheung (1965) khởi x- ỚNG. Các tác giả này đã sử dụng ph- ơng pháp

này để phân tích vấn đề dòng chảy thấm. Nhiều nhà nghiên cứu khác cũng đã áp dụng áp dụng ph-ong 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 ph-ong pháp phần tử hữu hạn. Tác giả đã sử dụng ph-ong pháp số d- của *Galerkin* trong việc xây dựng mô hình diễn toán lũ và đã thu đ-ợc kết quả thoả mãn khi mô hình đ-ợc áp dụng cho l- u vực sông tự nhiên. Tác giả cho rằng mô hình phần tử hữu hạn dạng này gặp ít khó khăn khi l- u vực có hình học phức tạp, sử dụng đất đa dạng và phân bố m- a thay đổi.

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

*Cooley và Moin (1976)* cũng áp dụng ph-ong pháp *Galerkin* khi giải bằng ph-ong pháp phần tử hữu hạn cho dòng chảy trong kênh hở và thu đ-ợc kết quả tốt. Ảnh h-ởng của các kỹ thuật tổng hợp thời gian khác nhau cũng đ-ợc đánh giá. Ph-ong pháp phần tử hữu hạn đặc biệt đ-ợc ứng dụng vào việc đánh giá ảnh h-ởng của những thay đổi trong sử dụng đất đến dòng chảy lũ vì l- u vực có thể đ-ợc chia thành một số hữu hạn các l- u vực con hay các phần tử. Những đặc tính thủy văn của một hoặc tất cả các phần tử có thể đ-ợc thay đổi để tính toán các tác động đến phản ứng thủy văn của toàn bộ hệ thống l- u vực.

### **1.2.3 Xây dựng mô hình**

*Desai và Abel (1972)* đã kể ra những b-ớc cơ bản trong ph-ong pháp phần tử hữu hạn nh- sau:

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

Những b-ớc này sẽ đ-ợc sử dụng trong việc phát triển mô hình dòng chảy mặt và dòng chảy trong sông sau đây.

#### ***Rời rạc hoá khối liên tục:***

Khối liên tục, tức là hệ thống vật lý đang nghiên cứu đ-ợc chia thành một hệ thống t-ong đ-ong gồm những phần tử hữu hạn. Việc rời rạc hoá thực sự là một quá trình cân nhắc vì số l-ợng, kích th-ớc 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 đ-ợc tính chất đồng nhất thủy văn. Tính chất đồng nhất thủy lực cũng là một mục tiêu cần xem xét khi tạo ra l-ới phần tử hữu hạn. Có thể sử dụng một số l-ợng lớn các phần tử, nh-ng thực tế th-ờng bị hạn chế bởi thời gian và kinh tế.

**Lựa chọn mô hình biến số của tr-ờng:**

B-ớc này bao gồm việc lựa chọn các mẫu giả định về các biến của tr-ờng trong từng phần tử và gán các nút cho nó. Các hàm số mô phỏng xấp xỉ sự phân bố của các biến của tr-ờng trong từng phần tử hữu hạn là các ph-ơng trình thủy động học: liên tục và động l-ợng. Hệ ph-ơng trình này đã đ-ợc chứng tỏ có thể áp dụng cho cả dòng chảy trên mặt và dòng chảy trong kênh.

Ph-ơng trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \tag{1.17}$$

Ph-ơng trình động l-ợng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) = gA(S - S_f) - gA \frac{\partial y}{\partial x} \tag{1.18}$$

trong đó:  $Q$  - L-ưu l-ợng 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 (m-a v-ợt thắm đối với bãi dòng chảy trên mặt và và 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 h-ớng dòng chảy;  $t$ - Thời gian;  $g$ - Gia tốc trọng tr-ờng;  $S$ - Độ dốc đáy của bãi dòng chảy;  $S_f$ - Độ dốc ma sát;  $y$ - Độ sâu dòng chảy.

Việc xấp xỉ sóng động học đ-ợc áp dụng đối với ph-ơng trình động l-ợng. 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 ph-ơng trình liên tục. Tính đúng đắn của quá trình này đã đ-ợc 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 tr-ờng và quán tính trong ph-ơng trình động l-ợng và dòng chảy là hàm số chỉ phụ thuộc vào độ sâu. Do đó ph-ơng trình động l-ợng có thể rút gọn về dạng:

$$S = S_f \tag{1.19}$$

Ph- ơng trình (1.19) có thể biểu diễn d- ới dạng ph- ơng trình dòng chảy đều nh- ph- ơng trình Chezy hoặc Manning. Ph- ơng trình Manning đ- ợc chọn cho việc giải này:

$$Q = \frac{1}{\eta} R^{2/3} S^{1/2} A \quad (1.20)$$

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 tr- ờng cần xác định là  $A$  và  $Q$ . Cả hai đều là những đại l- ượng có h- ớng, do vậy có thể áp dụng sơ đồ một chiều. Khi đ- ợc biểu diễn trong dạng ẩn tại các điểm nút,  $A$  và  $Q$  có thể đ- ợc coi là phân bố trong từng phần tử theo  $x$  nh- sau:

$$A(x,t) \approx A^*(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x) A_i(t) = [N]\{A\} \quad (1.21)$$

$$Q(x,t) \approx Q^*(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x) Q_i(t) = [N]\{Q\} \quad (1.22)$$

trong đó:  $A_i(t)$ - Diện tích mặt cắt, là hàm số chỉ phụ thuộc vào thời gian;  $Q_i(t)$  - L- u l- ượng dòng chảy s- ền dốc hoặc trong sông, hàm số chỉ phụ thuộc vào thời gian,  $N_i(x)$  - Hàm số nội suy;  $n$  - Số l- ượng nút trong một phần tử.

Đối với một phần tử đ- ờng một chiều,  $n = 2$  và:

$$A^0(x,t) = N_i(x) A_i(t) + N_{i+1}(x) A_{i+1}(t) \quad (1.23)$$

$$Q^0(x,t) = N_i(x) Q_i(t) + N_{i+1}(x) Q_{i+1}(t) \quad (1.24)$$

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 th- ờng đ- ợc coi là các hàm tọa độ vì chúng xác định mối quan hệ giữa các tọa độ tổng thể và địa ph- ơng hay tự nhiên.

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

#### **Tìm hệ ph- ơng trình phần tử hữu hạn:**

Việc tìm các ph- ơng trình phần tử hữu hạn bao gồm việc xây dựng hệ ph- ơng trình đại số từ tập hợp các ph- ơng trình vi phân cơ bản. Có 4 quy trình th- ờng đ- ợc sử dụng nhất là: ph- ơng pháp trực tiếp, ph- ơng pháp cân bằng năng l- ượng, ph- ơng pháp biến thiên và ph- ơng pháp số d- có trọng số.

Phương pháp số d- có trọng số của Galerkin đ-ợc lựa chọn cho việc thiết lập các phương trình vì phương pháp này, đã đ-ợc 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:

$$\int_D N_i R \, dD = 0 \quad (1.25)$$

D- Khối chứa các phần tử; R- Số d- sẽ đ-ợc gán trọng số trong hàm nội suy  $N_i$

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

$$\sum_{i=1}^{NE} \int_{D_e} \left\{ N_i \left[ \frac{\partial Q}{\partial x} + \dot{A} - q \right] \right\} dD_e = 0 \quad (1.26)$$

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 (1.26) trở thành:

$$\int_{D_e} \left[ N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\} - N_i q \right] dD_e = 0 \quad (1.27)$$

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

$$\int_{x_1}^{x_2} \left[ N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\}_i - N_i q \right] dx = 0 \quad (1.28)$$

Lấy tích phân của từng số hạng trong (1.28):

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

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

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

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

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

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

Kết hợp cả ba số hạng trên ta đ- ợc ph- ơng trình đối với một phần tử hữu hạn:

$$[F_A] \{ \dot{A} \} + [F_Q] \{ Q \} - q \{ F_q \} = 0 \quad (1.29)$$

Nếu đạo hàm của diện tích theo thời gian đ- ợc lấy xấp xỉ ở dạng:

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

ph- ơng trình (1.29) trở thành:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{ A \}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t} [F_A] \{ A \}_t + [F_Q] \{ Q \} - q \{ F_q \} = 0 \quad (1.30)$$

**Tổng hợp hệ ph- ơng trình đại số cho toàn bộ miền tính toán:**

Hệ ph- ơng trình thiết lập cho l- ời phần tử hữu hạn gồm n phần tử đ- ợc thiết lập sao cho có thể bao hàm đ- ợc toàn bộ số phần tử. Ở đây, do các dải đ- ợc diễn toán một cách độc lập nên ph- ơng trình tổng hợp cần phải viết cho từng dải và từng kênh dẫn. Quá trình tổng hợp hệ ph- ơng trình cho n phần tử tuyến tính với (n+1) nút đ- ợc thực hiện nh- sau:

Viết ph- ơng trình (1.30) cho n phần tử tuyến tính ta có ph- ơng trình dạng:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{ A \}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t} [F_A] \{ A \}_t + [F_Q] \{ Q \} - q \{ F_q \} = 0 \quad (1.31)$$

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

**Giải hệ ph- ơng trình cho véc tơ các biến của tr- ờng tại các nút:**

Hệ ph- ơng trình phần tử hữu hạn (1.31) với các ẩn số là các biến tại các nút có thể đ- ợc giải bằng ph- ơng pháp khử Gauss. Hệ ph- ơng trình đại số tuyến tính có thể đ- ợc giải trực tiếp bằng phép khử Gauss. Hệ ph- ơng trình phi tuyến cần phải giải thông qua các b- ớc lặp. Các điều kiện ban đầu có thể làm hệ ph- ơng 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 s- ờn dốc của kênh tại thời điểm t = 0, có một vài số hạng sẽ bằng 0. Ph- ơng trình phần tử hữu hạn trở thành:



$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} = \{f_q\} \quad (1.32)$$

Sau khi giải hệ ph-ong trình này tìm các ẩn  $\{A\}$ , ph-ong trình Manning đ-ợc sử dụng để tìm các ẩn  $\{Q\}$ .

Điều kiện biên tiếp theo có thể làm đơn giản hoá việc giải hệ ph-ong trình là l- u l- ợng 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 tr- ờng hợp t- ơng tự nh- đối với 3 bãi dòng chảy s- ờn dốc và 3 kênh dẫn khi l- u l- ợng ở mọi thời điểm  $t$  tại nút trên cùng của kênh thứ 3 là tổng của các l- u l- ợng tại các nút d- ới của 2 kênh khác.

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

#### ***Tính toán các phân tử tạo thành từ biên độ của các biến của tr- ờng tại nút:***

Việc giải hệ các ph-ong trình th- ờng đ-ợc sử dụng để tính toán các ẩn số bổ sung hay là các biến của tr- ờng thứ hai. Trong tr- ờng hợp này, ph-ong trình Manning cho giá trị  $Q$  tại các nút sau khi các giá trị  $A$  đã đ-ợc tính toán từ ph-ong trình phân tử hữu hạn.

### **TỔNG QUAN VỀ CÁC PH- ƠNG PHÁP TÍNH THẨM**

Thấm là quá trình n- ớc từ bề mặt thâm nhập vào trong đất. Việc tính thấm phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm cũng nh- khả năng của ng- ời tiến hành nghiên cứu. Xét về mặt lý thuyết thì nó không phức tạp cho lắm, nh- ng khi đi vào tình hình thực tế thì để xác định đ-ợc một cách chính xác thì không phải là điều đơn giản. Có rất nhiều nhân tố ảnh h- ớng đến tốc độ thấm bao gồm điều kiện trên mặt đất và lớp phủ thực vật, có tính chất của đất nh- độ rỗng, độ dẫn thuỷ lực và hàm l- ợng ẩm hiện có trong đất. Các vỉa đất với các tính chất vật lý khác nhau có thể nằm chồng lên nhau tạo ra các địa tầng. Chẳng hạn nh- một lớp đất phù sa với độ dẫn thuỷ lực t- ơng đối cao có thể nằm bên trên một vùng đất sét có độ dẫn thuỷ lực rất nhỏ. Các loại đất còn có tính biến đổi rất lớn trong không gian và thời gian mỗi khi có sự thay đổi về l- ợng ẩm đã làm cho quá trình thấm trở thành phức tạp đến mức chỉ có thể mô tả nó một cách gần đúng bằng các ph-ong trình toán học.

Vì tầm quan trọng và sự phức tạp của quá trình thấm, nên nó đ- ợc các nhà toán học cũng nh- các nhà thủy văn nghiên cứu một cách tỉ mỉ và đã đ- a ra nhiều kết luận mang tính khoa học và thực tiễn cao. Trong đó có năm công trình đ- ợc xem là phù hợp cho việc tính thấm: 1. Định luật *Darcy*; 2. Ph- ơng pháp của *Horton*; 3. Ph- ơng pháp của *Phillip*; 4. Ph- ơng pháp của *Green-Ampt*; 5. Ph- ơng pháp *SCS*. D- ối đây là các ph- ơng trình thấm đã đ- ợc rút ra qua nghiên cứu và thực nghiệm của các tác giả.

### 1.3.1 Định luật *Darcy* [15]

Trong những năm 1852 – 1855, *Darcy* (Pháp) đã tiến hành nhiều thí nghiệm đối với đất cát và đã đ- a ra định luật cơ bản về thấm: th- ờng gọi là định luật *Darcy*.

Nội dung của định luật *Darcy*: L- u tốc thấm tỷ lệ bậc nhất với gradient thủy lực (hay gradient cột n- ớc) hay nói cách khác tổn thất cột n- ớc trong dòng thấm tỷ lệ bậc nhất với l- u tốc thấm.

$$v = KJ = -K \frac{\Delta H}{\Delta l} \quad (1.33)$$

trong đó: v- l- u tốc thấm, K- độ dẫn thủy lực, J- độ dốc thủy lực,  $\frac{\Delta H}{\Delta l}$  - gradient cột n- ớc.

Dòng thấm trong định luật *Darcy* là dòng đều, ổn định ở trạng thái chảy tầng. Nh- vậy, nếu chuyển động của dòng thấm là chảy rối thì nó sẽ không tuân theo định luật này nữa.

### 1.3.2 Ph- ơng trình *Horton* [15]

Một trong những ph- ơng trình thấm sớm nhất về thấm là ph- ơng trình do *Horton* thiết lập (1933, 1939). *Horton* nhận xét rằng quá trình thấm bắt đầu từ một tốc độ thấm nào đó, sau giảm dần theo quan hệ số mũ đến khi đạt tới giá trị không đổi  $f_c$

$$f(t) = f_0 + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (1.34)$$

trong đó k là hằng số phân rã có thứ nguyên là  $[T^{-1}]$ . *Eagleson* (1970) và *Raudkivi* (1979) đã nêu lên rằng ph- ơng trình *Horton* có thể đ- ợc suy diễn từ ph- ơng trình *Richard*:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( D \frac{\partial \theta}{\partial z} + K \right) \quad (1.35)$$

Bằng cách chấp nhận K và D là các hằng số độc lập với hàm l- ợng ẩm của đất. Với điều kiện đó, ph- ơng trình (1.33) thu gọn thành:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \quad (1.36)$$

Đó là ph-ong trình khuếch tán dạng chuẩn và có thể đ-ợc giải để cho ta hàm l-ợng ẩm  $\theta$  nh- là một hàm của thời gian và chiều sâu trong đất. Ph-ong trình *Horton* đ-ợc suy ra từ việc giải ph-ong trình cho tốc độ khuếch tán ẩm  $D \frac{\partial \theta}{\partial z}$  tại mặt đất.

### 1.3.3 Ph-ong trình *Phillip* [15]

*Phillip* (1957, 1969) đã giải ph-ong trình *Richard* d-ới các điều kiện chặt chẽ hơn bằng cách thừa nhận  $K$  và  $D$  có thể biến đổi theo hàm l-ợng ẩm  $\theta$ . *Phillip* đã sử dụng phép biến đổi *Boltzmann*  $B(\theta) = zt^{1/2}$  để chuyển đổi (1.36) thành một ph-ong trình vi phân đạo hàm th-ờng theo  $B$  và giải ph-ong trình:

$$F(t) = St^{1/2} + K \quad (1.37)$$

trong đó  $S$  là một thông số phụ thuộc vào thế mao dẫn của đất và độ dẫn thủy lực  $K$ . Vi phân ph-ong trình trên:

$$f(t) = \frac{1}{2} St^{-1/2} + K \quad (1.38)$$

Khi  $t \rightarrow \infty$ ,  $f(t)$  dần đến  $K$ . Hai số hạng của ph-ong trình *Phillip* thứ tự biểu thị cho tác dụng của cột n-ớc mao dẫn và cột n-ớc trọng lực. Đối với một cột n-ớc nằm ngang, chỉ còn lại lực mao dẫn là lực duy nhất hút n-ớc vào cột đang xét và ph-ong trình *Phillip* thu gọn thành  $F(t) = St^{1/2}$ .

### 1.3.4 Ph-ong pháp *Green – Ampt* [15]

Trong phần trình bày ở trên, các ph-ong trình thấm đã đ-ợc xây dựng từ các nghiệm gần đúng của ph-ong trình *Richard*. Một quan điểm khác tiếp cận vấn đề là xây dựng một lí thuyết vật lí ít chặt chẽ hơn nh-ng có nghiệm giải tích chính xác.

#### *Ph-ong trình liên tục*

Ta xét một cột đất thẳng đứng có diện tích mặt cắt ngang bằng đơn vị và xác định thể tích kiểm tra là thể tích bao quanh giữa mặt đất và độ sâu  $L$ . Nếu lúc ban đầu, đất có hàm l-ợng ẩm  $\theta_i$  trên toàn bộ chiều sâu thì l-ợng ẩm của đất sẽ tăng lên từ  $\theta_i$  tới  $\eta$  (độ rỗng) khi front - ớt đi qua. Hàm l-ợng ẩm  $\theta_i$  là tỉ số của thể tích n-ớc trong đất so với tổng thể tích bên trong thể tích kiểm tra, do đó l-ợng gia tăng của n-ớc trữ bên trong thể tích kiểm tra do thấm sẽ là  $L(\eta - \theta_i)$  đối với một đơn vị diện tích mặt cắt ngang. Từ định nghĩa, đại l-ợng này phải bằng  $F$ , độ sâu lũy tích của n-ớc thấm vào trong đất:

$$\begin{aligned} F(t) &= L(\eta - \theta_i) \\ &= L\Delta\theta \end{aligned} \quad (1.39)$$

với  $\Delta\theta = \eta - \theta_i$ .

*Ph-ong trình động l-ong*

Định luật Darcy có thể đ-ợc biểu thị bằng ph-ong trình:

$$q = -K \frac{\partial h}{\partial z} \quad (1.40)$$

Trong tr-ờng hợp này, thông l-ong Darcy  $q$  là không đổi trên suất chiều sâu và bằng  $-f$  bởi vì  $q$  có chiều d-ong h-ong lên trên trong khi  $f$  có chiều d-ong h-ong xuống d-ới. Nếu ta lấy điểm 1 và 2 thứ tự nằm trên mặt đất và ở ngay tại phía khô của front - ớt, ph-ong trình (1.40) có thể xấp xỉ bằng ph-ong trình:

$$f = K \left[ \frac{h_1 - h_2}{z_1 - z_2} \right] \quad (1.41)$$

Cột n-ớc  $h_1$  ở trên mặt đất thì bằng với độ sâu lớp n-ớc đọng  $h_0$ . Cột n-ớc  $h_2$  trong đất khô ở bên d-ới front - ớt thì bằng  $-\psi - L$ . Vậy đối với hệ thống này, ta có thể biểu thị định luật *Darcy* bằng ph-ong trình:

$$\begin{aligned} f &= K \left[ \frac{h_0 - (\psi - L)}{L} \right] \\ &= K \left[ \frac{\psi + L}{L} \right] \end{aligned} \quad (1.42)$$

nếu nh-  $h_0$  nhỏ không đáng kể so với  $\psi$  và  $L$ . Điều này th-ờng phù hợp với bài toán thực tế vì ng-ời ta cho rằng l-ong n-ớc đến sẽ trở thành dòng chảy mặt.

Từ (1.39), chiều sâu của front - ớt là  $L = F/\Delta\theta$  và với giả thiết  $h_0 = 0$ , thay vào (1.42) ta có:

$$f = K \left( \frac{\psi\Delta\theta + F}{F} \right) \quad (1.43)$$

Bởi vì  $f = dF/dt$ , phương trình (1.43) có thể đ-ợc biểu thị nh- ph-ong trình vi phân của ẩn  $F$ :

$$\frac{dF}{dt} = K \left[ \frac{\psi\Delta\theta + F}{F} \right] \quad (1.44)$$

Để giải  $F$ , nhân chéo hai vế ta thu đ-ợc:  $\left( \frac{F}{F + \psi\Delta\theta} \right) dF = K dt$

Biến đổi hai vế thành hai phần: 
$$\left[ \left( \frac{F + \psi\Delta\theta}{F + \psi\Delta\theta} \right) - \left( \frac{\psi\Delta\theta}{F + \psi\Delta\theta} \right) \right] dF = Kdt$$

và thực hiện tích phân: 
$$\int_0^{F(t)} \left( 1 - \frac{\psi\Delta\theta}{F + \psi\Delta\theta} \right) dF = \int_0^t Kdt$$

ta thu đ-ợc: 
$$F(t) - \psi\Delta\theta \{ \ln[F(t) + \psi\Delta\theta] - \ln(\psi\Delta\theta) \} = Kt$$

hay: 
$$F(t) - \psi\Delta\theta \ln \left( 1 + \frac{F(t)}{\psi\Delta\theta} \right) = Kt \quad (1.45)$$

Đó là ph-ong trình *Green - Ampt* đối với độ sâu thấm lũy tích. Một khi đã tìm đ-ợc  $F$  từ ph-ong trình (1.45), ta có thể xác định tốc độ thấm  $f$  từ (1.43) hoặc bằng ph-ong trình:

$$F(t) = K \left( \frac{\psi\Delta\theta}{F(t)} + 1 \right) \quad (1.46)$$

### 1.3.5 Ph-ong pháp SCS [15, 25]

Cơ quan bảo vệ thổ nh-ỡng Hoa Kỳ (1972) đã phát triển một ph-ong pháp để tính tổn thất dòng chảy từ m-a rào (gọi là ph-ong pháp SCS). Ta đã thấy, trong một trận m-a rào, độ sâu m-a hiệu dụng hay độ sâu dòng chảy trực tiếp  $P_e$  không bao giờ v-ợt quá độ sâu m-a  $P$ . T-ong tự nh- vậy, sau khi quá trình dòng chảy bắt đầu, độ sâu n-ớc bị cầm giữ có thực trong l-u vực,  $F_a$  bao giờ cũng nhỏ hơn hoặc bằng một độ sâu n-ớc cầm giữ có thực trong l-u vực, mặt khác  $F_a$  bao giờ cũng nhỏ hơn hoặc bằng một độ sâu n-ớc cầm giữ tiềm năng tối đa nào đó  $S$  (hình 1.1). Đồng thời còn có một l-ợng  $I_a$  bị tổn thất ban đầu nên không sinh dòng chảy, đó là l-ợng tổn thất ban đầu tr-ớc thời điểm sinh n-ớc động trên bề mặt l-u vực. Do đó, ta có l-ợng dòng chảy tiềm năng là  $P - I_a$ . Trong ph-ong pháp SCS, ng-ời ta giả thiết rằng tỉ số giữa hai đại l-ợng có thực  $P_e$  và  $F_a$  thì bằng với tỉ số giữa hai đại l-ợng tiềm năng  $P - I_a$  và  $S$ . Vậy ta có:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (1.47)$$

Từ nguyên lí liên tục, ta có:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (1.48)$$

Kết hợp (1.47) và (1.48) để giải  $P_e$ :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (1.49)$$

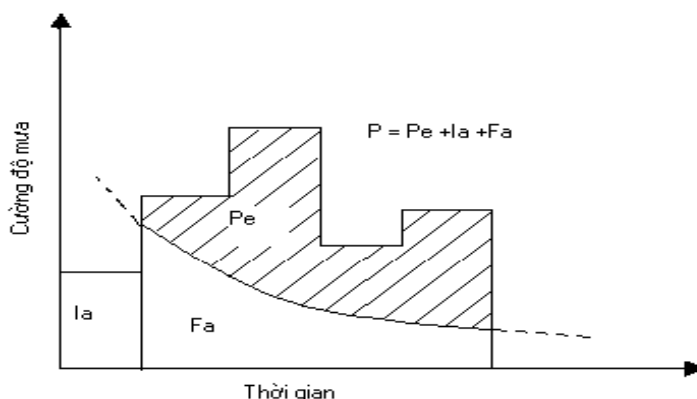
Đó là ph-ong trình cơ bản của ph-ong pháp SCS để tính độ sâu m-a hiệu dụng hay dòng chảy trực tiếp từ một trận m-a rào. Trong đó:  $I_a$ - độ sâu tổn thất ban đầu,  $P_e$ -

độ sâu m- a hiệu dụng,  $F_a$ - độ sâu thấm liên tục,  $P$ - tổng độ sâu m- a. Qua nghiên cứu các kết quả thực nghiệm trên nhiều l- u vực nhỏ ở Mỹ, quan hệ kinh nghiệm đã đ- ợc xây dựng:

$$I_a = 0.2S$$

Trên cơ sở này, ta có :

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (1.50)$$



Hình 1.1. Các biến số có tổn thất dòng chảy trong ph- ơng pháp SCS

Với  $S$  đ- ợc tính theo công thức:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (\text{inch}) \quad \text{hay} \quad S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (\text{mm}) \quad (1.51)$$

trong đó  $CN$  là hiệu số đ- ồng cong, là một số không thứ nguyên biến đổi trong khoảng từ 0 đến 100. Đối với mặt không thấm hoặc mặt n- ớc  $CN = 100$ , đối với các mặt tự nhiên  $CN < 100$ .

### 1.3.6 Phát triển ph- ơng pháp SCS

Ph- ơng pháp SCS đã đ- ợc sử dụng rộng rãi để đánh giá tổng l- ợng dòng chảy và l- u l- ợng lớn nhất ở những khu vực không đo đạc đ- ợc nh- khu vực thành thị hoặc nông thôn. Cho dù sự phát triển khởi đầu với ý định chủ yếu là bảo vệ thổ nh- ỡng, nh- ng ph- ơng pháp SCS đã tiến xa hơn so với mục tiêu ban đầu của nó, đ- ợc chấp nhận ở những l- u vực có rừng (USDA 1986; [17]) và trở thành một phần không thể thiếu trong các mô hình tổng hợp nh- mô hình SWRRB (Williams, 1985) và mô hình PERFECT (Littleboy, 1992). Mặc dù hiện nay việc áp dụng ph- ơng pháp SCS cho đánh giá dòng chảy đã khác so với những năm 1960, nh- ng tính phổ biến của nó vẫn đ- ợc duy trì qua nhiều năm bởi vì nó dễ áp dụng và bởi vì với những có sẵn trên diện tích rộng, ta có thể lựa chọn các giá trị thông số theo những đặc tr- ng tự nhiên của l- u vực.

Tammo [13], cho rằng phần diện tích đóng góp cho dòng chảy  $A_f$  trong một chu kỳ thời gian ngắn có thể đ- ợc biểu diễn d- ới dạng toán học nh- sau:

$$A_f = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \quad (1.52)$$

Trong đó:  $\Delta Q$  = sự tăng dòng chảy hay thể tích l- ợng m- a v- ọt sinh ra trong suốt thời đoạn và đ- ợc phân chia cho tất cả diện tích l- u vực,  $\Delta P$  = sự tăng chiều dày giáng thủy trong cùng thời đoạn. Một ph- ơng trình đ- ợc sử dụng để dự báo dòng chảy là ph- ơng pháp tiếp cận hiệu số đ- ờng cong SCS. Dạng đ- ợc sử dụng tiêu biểu là Rallson (1980):

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P + S - I_a} \quad (1.53)$$

Trong đó:  $I_a$  là l- ợng tổn thất ban đầu (đ- ợc lấy bằng  $0.2S$ ) và l- ợng m- a hiệu quả  $P_e$  cân bằng với tổng l- ợng giáng thủy sau khi dòng chảy bắt đầu:

$$P_e = P - I_a \quad (1.54)$$

Ph- ơng trình (1.53) có thể viết lại nh- sau:

$$Q = \frac{P_e^2}{P_e + S} \quad (1.55)$$

Diện tích đóng góp, căn cứ theo (1.52), bằng đạo hàm của  $Q$  theo  $P_e$ . Vì vậy, việc lấy vi phân ph- ơng trình (1.55) theo  $P_e$ , phần diện tích đó trong l- u vực có thể tìm đ- ợc bằng việc sử dụng sự tách rời phân số ra từng phần:

$$Q = P_e - S + \frac{S^2}{P_e + S} \quad (1.56)$$

Do vậy: 
$$A_f = 1 - \frac{S^2}{(P_e + S)^2} \quad (1.57)$$

Khi  $P_e = 0$  thì  $A_f = 0$ , khi  $P_e = \infty$  thì  $A_f = 1$  và khi  $P = S$  thì  $A_f = 75\%$ . Phần diện tích  $A_f$  có thể xác định bằng cách giả thiết rằng có một lưu vực “tiếp tuyến”.

Theo Bofu Yu [11]: khả năng thấm biến đổi trong không gian theo hàm số mũ và tốc độ m- a biến đổi theo thời gian cũng phân bố theo hàm mũ. Trong tài liệu này đã thừa nhận rằng nếu m- a xảy ra, tốc độ m- a sẽ có dạng phân bố hàm số mũ nh- sau:

$$F_p(P) = 1 - e^{-P/\bar{p}} \quad (1.58)$$

trong đó:  $F_p$  = hàm phân bố lũy tích của tốc độ m- a  $p$  và  $\bar{p}$  = tốc độ m- a trung bình. Và sự biến đổi khả năng thấm theo không gian có dạng:

$$F_1(I) = 1 - e^{-I/I} \quad (1.59)$$

với  $F_1 =$  hàm phân bố lũy tích của khả năng thấm  $I$ ,  $I$  là khả năng thấm trung bình trên l-u vực. Qua các biến đổi cuối cùng tác giả đã đưa ra công thức để tính tổng lượng mưa trong mỗi trận mưa là:

$$\bar{RT} = \frac{(\bar{pT})^2}{\bar{pT} + IT} \quad (1.60)$$

Trong đó  $\bar{R}$  là lượng mưa trung bình trên toàn l-u vực,  $T$  thời gian xảy ra trận mưa. Từ đây ta thấy rằng tổng lượng mưa  $\bar{RT}$  cũng giống như dòng chảy mưa  $Q$  trong mỗi trận mưa riêng lẻ;  $\bar{pT}$  giống như  $P_c$ , nếu  $\bar{p}$  quan hệ với tốc độ mưa trung bình sau khi dòng chảy bắt đầu; và  $IT$  có thể được hiểu như lượng cầm giữ tiềm năng  $S$ , hay tương đương với CN, vì  $IT$  là lượng thấm tối đa tìm thấy trong khoảng thời gian dòng chảy. Phương trình (1.60) bởi vậy giống với phương trình (1.55) trong phương pháp SCS.

Hiện nay, những tiến bộ trong khả năng tính toán, đo lường và khả năng tiếp cận số liệu về không gian ngày càng tăng đã tạo điều kiện để dự đoán khá chính xác dòng chảy mặt. Khả năng kết hợp nhiều kiểu dữ liệu khác nhau trong một hệ thống thông tin địa lý (GIS) đã khiến hệ thống này ngày càng được sử dụng nhiều trong những ứng dụng thủy văn [20, 21]. Công trình nghiên cứu đề cập đến vấn đề sử dụng viễn thám & GIS để đánh giá mối liên hệ giữa đất tự nhiên – đất sử dụng (LULC) và sự suy thoái đất canh tác [21]. Đưa ra luận điểm rằng: những thay đổi trong đất nông nghiệp phụ thuộc vào hoạt động của con người, như sự hình thành các trang trại và tình trạng chăn thả quá mức trên lãnh thổ; sự phát triển mạnh mẽ của nông nghiệp; sự phát triển ồ ạt của ngành nghề du lịch, cùng nhiều cái khác. Điều này dẫn đến một chiều hướng là dòng chảy tăng cùng với sự giảm của đất canh tác và sự tăng của hiện tượng phá rừng.

Một phương pháp được sử dụng khá rộng rãi và linh hoạt để đánh giá dòng mặt là phương pháp hiệu số đường cong (SCS). Phương pháp này bao gồm một số đặc tính quan trọng của l-u vực, đó là khả năng thấm, sự sử dụng đất và những điều kiện, tình hình nguồn đất, nguồn nước ban đầu. Trong nghiên cứu của *Ashish Pandey* [16], dòng chảy mặt từ mô hình số hiệu đường cong SCS được điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện Ấn Độ đã được sử dụng bằng cách dùng cơ sở dữ liệu quy hoạch và GIS cho l-u vực Karso (Hazaribagh, India). Trong phương pháp này khả năng tạo dòng mặt được biểu hiện bằng giá trị CN dao động từ 0 đến 100.

Phương pháp giả thiết rằng:



$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (1.61)$$

$$Q = \frac{(P - 0.3S)^2}{P + 0.7S} \quad (1.62)$$

$$CN = \frac{\sum CN_i \cdot xA_i}{A} \quad (1.63)$$

Trong đó: Q độ sâu dòng chảy mặt (mm), P tổng lượng mưa (mm), S khả năng phục hồi tối đa,  $I_a = 0.3S$  tổn thất ban đầu (mm), CN số hiệu dòng cong,  $CN_i$  số hiệu dòng cong từ 1 tới N bất kỳ,  $A_i$  diện tích tương ứng với số hiệu dòng cong  $CN_i$ , A tổng diện tích của lưu vực. Ngoài ra dùng phần mềm ARC/Info để phân cắt bản đồ diện tích đất bao phủ về bản đồ các loại đất. Những khu vực sử dụng đất khác nhau và sự kết hợp các loại đất có thể tìm thấy trong menu chọn thuộc tính bằng cách sử dụng biểu thức logic từ đó các giá trị CN được lựa chọn. Vì vậy đã tìm ra được giá trị CN cho toàn bộ lưu vực.

Theo [26], vì phương pháp tiếp cận hiệu số dòng cong (CN) truyền thống tiếp tục được sử dụng trong tất cả các mô hình chất lượng nước nên các phương pháp mới cần phù hợp với quá trình thủy văn trong cảnh quan khu vực nguồn biến động (VSA). Nên chúng ta tiếp cận phương pháp phân loại để phát triển và kiểm tra phương trình SCS – CN truyền thống cho các lưu vực, nơi mà thủy văn VSA chiếm ưu thế. Việc dự báo vị trí của những khu vực nguồn rất quan trọng cho bản đồ lưu vực vì nó hạn chế khả năng các hoạt động gây ô nhiễm từ những khu vực có nguồn dòng chảy mặt là chủ yếu, để kiểm tra những điểm nguồn không ô nhiễm. Phương pháp này sử dụng phương pháp SCS – CN truyền thống để dự báo giá trị dòng chảy mặt, quy mô không gian của vùng bão hòa và một chỉ số địa hình, như trong TOPMODEL, để phân loại các khu vực nguồn dòng mặt qua lưu vực. Khi so sánh với phương pháp SCS – CN truyền thống phương pháp phân loại CN – VSA thì thấy chúng dự báo được một cách giống nhau về tổng thể tích dòng mặt, nhưng chỉ ở những vị trí có sự khác biệt lớn trong sự phát sinh dòng mặt. Như vậy cách tiếp cận phương pháp phân loại CN – VSA cung cấp một cơ sở vật lý đủ đơn giản để kết hợp trong mô hình chất lượng nước. Đó là mô hình mưa – dòng chảy để dự báo: (i) phần lưu vực đã bão hòa, (ii) vị trí của các khu vực này. Một lưu vực có thể chia làm hai phần, một bão hòa – phần phát sinh dòng chảy mặt và một chưa bão hòa – phần thấm. Việc dự báo phần diện tích lưu vực đã bão hòa dựa vào phương trình (1.53) và (1.57) với  $I_a = 0.2S$ . Phương trình (1.57) dự báo vị phân diện tích lưu vực cộng thêm vào dòng mặt mà không đòi hỏi phải có các thông tin về diện tích đổ đất trong lưu vực. Các chỉ số địa hình có thể được sử dụng để quyết định xu hướng

quan hệ với sự bão hoà ở trong một l- u vực. Các mô hình đã đ- ợc áp dụng thành công cho nhiều l- u vực với sự đa dạng của các quá trình thuỷ văn điều khiển sự phát triển diện tích bão hoà, nh- nghiên cứu của Western (2002), có rất nhiều tr- ờng hợp mà chỉ có các chỉ số địa hình không thì không có khả năng đạt đ- ợc sự biến đổi không gian trong mô hình độ ẩm trong đất. Tuy nhiên, các chỉ số này đ- ợc phát triển để dự báo những vùng bão hoà bề mặt và thực hiện tốt ở các thời kì ẩm - ớt trung bình khi sự phân chia n- ớc là hết sức mạnh mẽ bởi địa hình và chất l- ượng n- ớc bị tác động lớn bởi dòng mặt VSA. Ở hầu hết cấu trúc l- u vực, chỉ số địa hình  $\lambda$  cho bất kì một điểm nào trong l- u vực, đ- ợc định nghĩa nh- sau:

$$\lambda = \ln \left( \frac{a}{\tan(\beta) D \hat{K}_s} \right) \quad (1.64)$$

trong đó D là độ sâu của đất (cm) và  $\hat{K}_s$  độ dẫn suất thuỷ lực bão hoà trung bình (cm/day). Ở các vị trí với  $\lambda$  lớn thì thiên về bão hoà hơn các vị trí với  $\lambda$  nhỏ. Xác định a và  $\tan(\beta)$  từ một mô hình số độ cao (DEM). Các phân diện tích bão hoà trong một trận bão nhất định, đ- ợc quyết định bởi ph- ơng trình (1.57), có thể đ- ợc sử dụng để xác định một giá trị giới hạn d- ới của  $\lambda$  ở các diện tích không thấm và giới hạn trên ở các diện tích đã bão hoà và dòng chảy đ- ợc phát sinh. Điều này đ- ợc tạo ra bởi giả thiết rằng những diện tích bão hoà theo trình tự từ giá trị  $\lambda$  cao nhất đến thấp nhất.

So sánh ph- ơng pháp phân loại CN – VSA với dữ liệu đo đạc ta thấy nó cho kết quả khá tốt trong suốt thời kì ẩm - ớt. So sánh ph- ơng pháp phân loại CN – VSA với ph- ơng pháp SCS – CN truyền thống thì cả hai ph- ơng pháp cho kết quả nh- nhau qua các thời kỳ. Sự phân loại dòng chảy mặt theo không gian mang đến bởi ph- ơng pháp phân loại CN – VSA phù hợp với khái niệm thuỷ văn học VSA. Nó thể hiện tốt trong những vùng mà diện tích nguồn dòng mặt biến đổi theo mùa và theo từng trận bão riêng biệt. Tuy nhiên, sự khác biệt giữa hai ph- ơng pháp tạo nên tính trọn vẹn khi vị trí phát sinh dòng mặt đ- ợc xem xét kỹ. Ph- ơng pháp SCS – CN truyền thống, ảnh h- ưởng nặng nề bởi việc sử dụng đất, biểu hiện chủ yếu của dòng chảy mặt đ- ợc tạo ra bởi rừng (tạm thời) (40.4%), đồng cỏ (cây bụi) (21.4%) trên l- u vực. Còn ph- ơng pháp phân loại CN – VSA mang đến sự phát sinh dòng chảy chủ yếu từ các đồng cỏ (cây bụi) (45.3%), rừng (tạm thời) (23.5%). Những sự khác biệt này trong sự phát sinh vị trí dòng chảy mặt theo quy luật xác định trong sự quản lý đất tại mỗi l- u vực.

Phương pháp phân loại CN – VSA cung cấp con đường đơn giản để dự báo những phần rất nhỏ của lưu vực tạo ra dòng mặt và sự quản lý tới các vị trí ở khu vực bão hòa này. Nó đã thể hiện tốt mối tương quan với cả diện tích bão hòa trong đo đạc và trong mô hình. Cách tiếp cận phương pháp phân loại CN – VSA rất có ý nghĩa cho việc áp dụng thực nghiệm phương pháp SCS – CN truyền thống cho những khu vực nơi mà sự v-ợt bão hòa là một quá trình dòng chảy quan trọng. Và nh- vậy tính tin cậy đ-ợc cải thiện ở những vị trí th- a th- ốt của các mô hình chất l- ượng n- ớc trên nền tảng phương pháp SCS – CN truyền thống. Phương pháp phân loại CN – VSA mới không làm mất cấu trúc lưu vực của phương pháp SCS – CN truyền thống nh- ng không lập thành bảng các loại đất sử dụng và cách tiếp cận các lớp đất để xác định S. Chỉ thêm dữ liệu cần thiết là địa hình, có thể là các thông tin về đất. Phương pháp phân loại CN – VSA tạo ra một công cụ đủ đơn giản để thực hiện đầy đủ trong quản lý lưu vực và hầu hết các mô hình dòng ô nhiễm không điểm nguồn hoặc các mô hình chất l- ượng n- ớc.

Do hệ thống số liệu Khí tượng Thủy văn (KTTV) th- a th- ốt và rải rác nên các thông tin nghèo nàn, điều này đ-ợc xem xét và khắc phục bằng việc sử dụng số liệu một cách khoa học. Nhiều năm gần đây điều này đã đ-ợc thực hiện, một số đề xuất đã đ-ợc đ- a vào để bổ sung cho số liệu ở quy mô không gian và thời gian tương ứng để ứng dụng vào các mô hình thủy văn cho hợp lí. Trong nhiều tr- ờng hợp áp dụng cho lưu vực này thì đúng nh- ng cho lưu vực khác thì lại sai, do vậy cần phải tạo ra phương pháp mới để có thể ngoại suy từ những số liệu sẵn có theo cả không gian và thời gian. Do vậy vấn đề dự báo dòng chảy cho những lưu vực hỏ là mục đích của *Lashman* [24] và cộng sự.

## Chương 2

# ĐIỀU KIỆN ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN LƯU VỰC SÔNG THU BỒN – NÔNG SƠN

### 2.1. VỊ TRÍ ĐỊA LÝ [2, 5]

L-u vực sông Thu Bồn thuộc tỉnh Quảng Nam - Đà Nẵng với tổng diện tích là 3155 km<sup>2</sup> (tính đến trạm Nông Sơn) nằm trong vị trí 107<sup>0</sup>50'10" đến 108<sup>0</sup>28'29" độ kinh Đông và 14<sup>0</sup>54'31" đến 15<sup>0</sup>45'11" độ vĩ Bắc, phía tây giáp với dãy Trường Sơn, phía nam giáp tỉnh Kom Tum, phía đông giáp biển (Hình 2.1).

### 2.2. ĐỊA HÌNH [3, 6]

Địa hình l-u vực khá phức tạp gồm các kiểu địa hình núi, thung lũng và đồng bằng. Các dãy núi bóc mòn kiến tạo cấu dạng địa lũy uốn nếp khối tảng trên các đá biến chất và đá trầm tích lục nguyên có độ cao d-ới 700m ở hạ l-u cao dần đến trên 2000m ở trung tâm các khối kiến tạo. Xen giữa các dãy núi là các thung lũng xâm thực hẹp dạng chữ V với hai bên sườn khá dốc, các bãi bồi ở lòng thung lũng là sản phẩm tích tụ hỗn hợp aluni – proluvi. Đồng bằng cao tích tụ xâm thực trên thềm sông biển cổ cao từ 10 – 15m phía biển đến 40 – 50m ở chân núi và chúng bị chia cắt mạnh bởi các dòng chảy th-ờng xuyên. Đặc điểm địa hình l-u vực: dốc, ngấn, tập trung nước lớn, điều kiện này dễ dàng xảy ra lũ lụt đặc biệt là lũ quét (Hình 2.1).

### 2.3. ĐỊA CHẤT, THỔ NHŨNG [6]

Thành phần đá gốc của l-u vực khá đa dạng. Ở phần đầu nguồn là các thành tạo macma: granit biotit, granit haimica, cát kết, andezit, đá phiến sét. Ở phần phía Nam l-u vực còn bắt gặp phylit, quazit, cuội kết, đá hoa, đá phiến mica, porphyolit, đá phiến lục của hệ tầng A v-ơng. Phần thấp của l-u vực phổ biến các thành tạo sông (aQ, apQ) cuội, sỏi, mảnh vụn, cát, bột, sét. Sát ra gần biển chủ yếu là cát có nguồn gốc gió biển và một phần nhỏ thành tạo cuội cát, bột có nguồn gốc sông – biển. Dọc theo sông là các thành tạo: cuội, cát, bột, sét có nguồn gốc sông tuổi Đệ tứ không phân chia (aQ). Phần th-ờng nguồn là đất mùn vàng đỏ trên núi, dọc hai bờ sông là đất đỏ vàng trên phiến sét và đất sỏi mòn trơ sỏi đá. Đất núi dốc phần lớn trên 20<sup>0</sup>, tầng đất mỏng có nhiều đá lộ. Các đồng bằng đ-ợc cấu tạo bởi phù sa cổ, phù sa mới ngoài ra còn có các cồn cát và bãi cát chạy dọc theo bờ biển ở các đồng bằng ven biển (Hình 2.2).

### 2.4. LỚP PHỦ THỰC VẬT [3, 6]

Rừng tự nhiên trên l-u vực còn ít, chủ yếu là loại rừng trung bình và rừng

nghèo, phần lớn phân bố ở núi cao. Vùng núi cao có nhiều lâm thổ sản quý. Vùng đồi núi còn rất ít rừng, đại bộ phận là đồi núi trọc và đất trồng cây công nghiệp, cây bụi, ngoài ra ở vùng hạ l- u có đất trồng n- ong rẫy xen dân c- . Với độ che phủ của các loại rừng đ- ợc trình bày trong bảng 2.1.

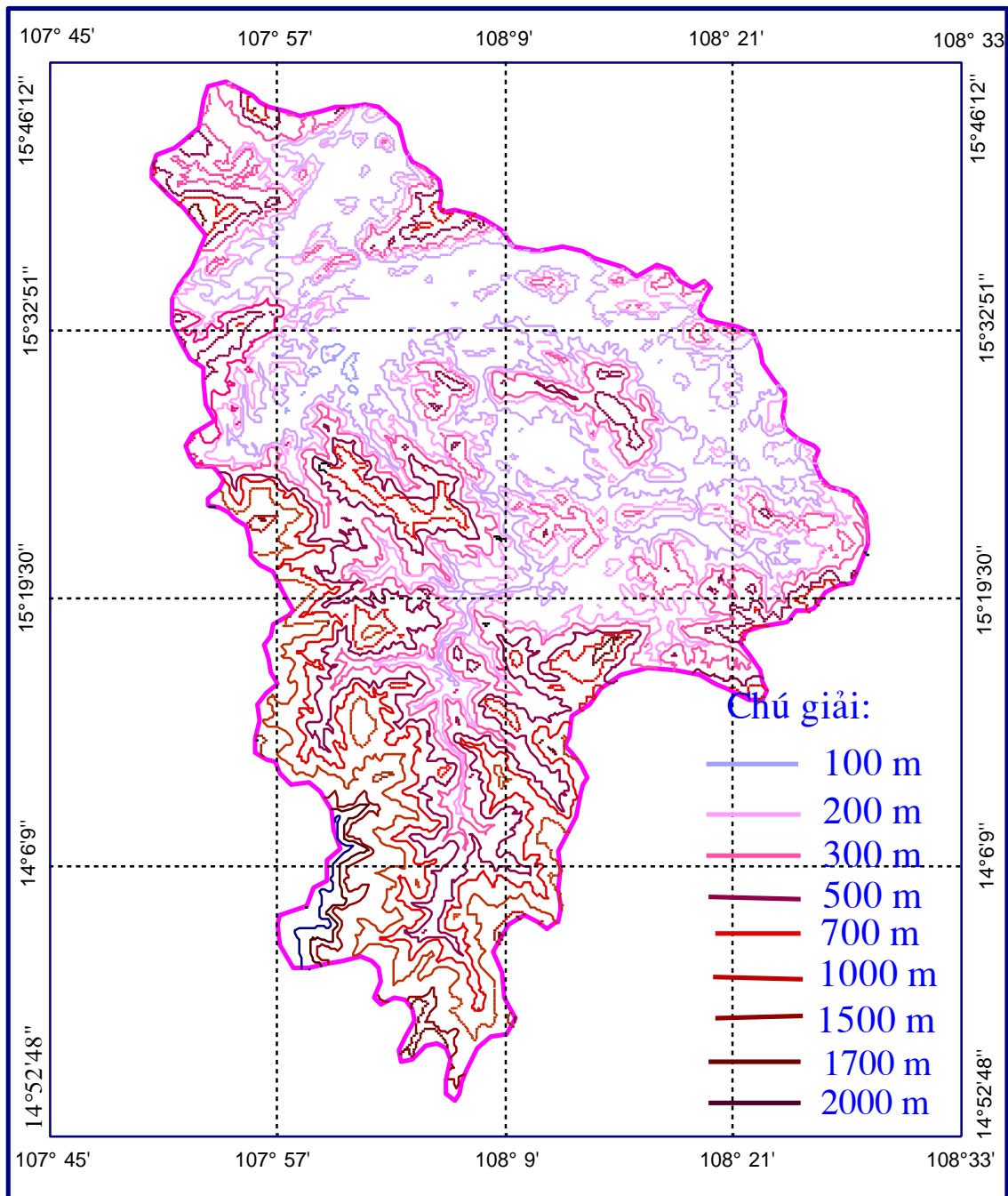
Trên l- u vực sông Thu Bồn có rất nhiều loại cây nh- ng diện tích đất trồng và cây bụi còn rất nhiều, chiếm tỷ lệ khá lớn diện tích toàn l- u vực, (Hình 2.3).

**Bảng 2.1. Lớp phủ thực vật theo mức độ che tán và tỷ lệ % so với l- u vực [6]**

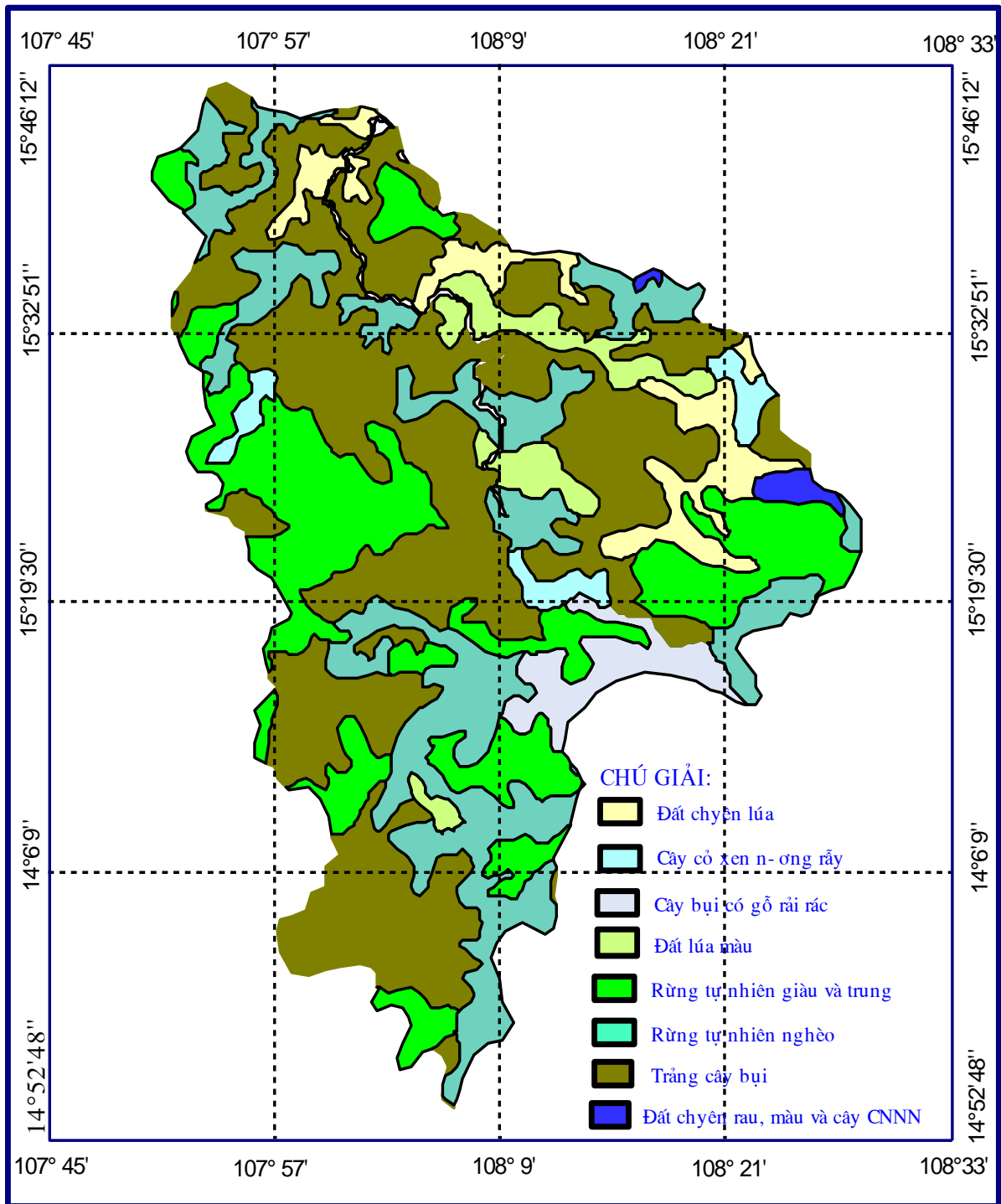
STT	Loại hình lớp phủ	Tỷ lệ % so với diện tích l- u vực	Mức độ tán che (%)
1	Rừng rậm th- ờng xanh cây lá rộng nhiệt đới gió mùa ít bị tác động	0,7	> 90
2	Rừng rậm th- ờng xanh cây lá rộng nhiệt đới gió mùa đã bị tác động	12,34	70 ÷ 90
3	Rừng rậm th- ờng xanh hỗn giao cây lá rộng, lá kim nhiệt đới gió mùa	1,53	60 ÷ 70
4	Rừng rậm th- ờng xanh nhiệt đới gió mùa tre, nứa hoặc rừng nửa rụng lá	4,56	50 ÷ 60
5	Trảng cây bụi trên đất phong hoá từ đá vôi	1,59	20 ÷ 30
6	Trảng cây bụi rụng lá trảng cỏ cao có cây bụi hoặc cây trồng lâu năm	9,68	10 ÷ 20
7	Trảng cây thấp	1,95	5 ÷ 10
8	Cây trồng nông nghiệp ngắn ngày	14,58	< 5

**Bảng 2.2. Hiện trạng sử dụng đất năm 2000 l- u vực sông Thu Bồn [3]**

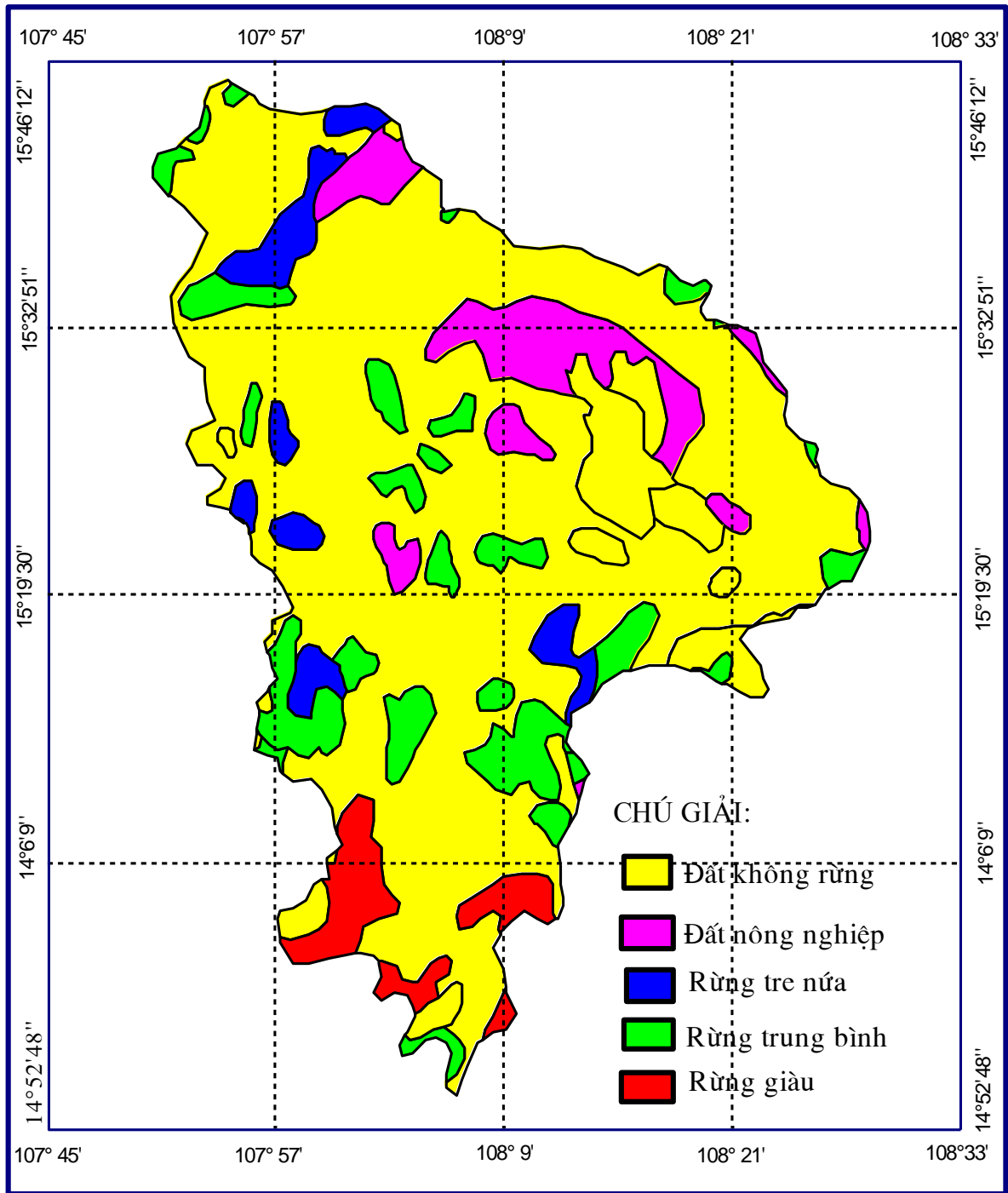
STT	Loại	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Diện tích (%)
1	Rừng tự nhiên nghèo	612	19,4
2	Rừng tự nhiên giàu và trung bình	694,5	22,11
3	Trảng cây bụi	1321	41,87
4	Đất lúa, màu	128,2	4,06
5	Đất chuyên lúa	183,9	5,83
6	Cây cỏ xen n- ong rẫy	68,29	2,16
7	Cây bụi có gỗ rải rác	101,6	3,22
8	Đất chuyên rau, màu và cây CNNN	21,55	0,68
9	Đồng cỏ	20,98	0,66



Hình 2.1. Bản đồ địa hình I- u vực sông Thu Bồn – Nông Sơn [2]



Hình 2.2. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất I- u vực sông Thu Bôn – Nông Sơn



Hình 2.3. Bản đồ rừng I- u vực sông Thu Bồn – Nông Sơn



## 2.5. KHÍ HẬU [6, 14]

\* *Hoàn l-u khí quyển*: Cũng nh- các vùng khác ở ven biển Trung Bộ, trong mùa đông, trên l-u vực chịu ảnh h- ưởng của luồng không khí tín phong và không khí cực đới. Không khí tín phong khống chế thời tiết mùa đông n- ớc ta nói chung và l-u vực nói riêng, xen giữa các đợt không khí cực đới, đây là luồng không khí ấm và ẩm. Luồng không khí cực đới – gió mùa đông bắc, khi di chuyển đến khu vực này tuy đã biến tính mạnh mẽ – bị nóng lên nhanh chóng, nh- ng vẫn lạnh và khô. Luồng không khí này ảnh h- ưởng đến toàn bộ khu vực trong thời gian từ tháng XI đến tháng III năm sau, phần nhiều là vào các tháng XII, I, II. Khi chịu ảnh h- ưởng của gió mùa đông bắc, nhiệt độ không khí có thể giảm xuống d- ới  $18^0 - 20^0$ .

\* *Số giờ nắng*: Số giờ nắng trung bình năm biến đổi trong phạm vi từ d- ới 2000h ở vùng núi cao đến 2600h ở vùng đồng bằng ven biển với xu thế tăng dần từ Bắc vào Nam, từ miền núi đến đồng bằng. Nhìn chung, các tháng mùa m- a có số giờ nắng ít hơn so với các tháng mùa khô. Tháng XII có số giờ nắng ít nhất và tháng VII có số giờ nắng lớn nhất.

\* *Gió*: Hàng năm có hai mùa gió chính đó là gió mùa đông bắc và gió mùa tây nam. Tùy theo điều kiện địa hình mà gió thịnh hành trong các mùa có sự khác nhau giữa các nơi. Tuy vậy trong mùa đông, h- ướng gió chính là h- ướng bắc, tây bắc và đông bắc; còn trong mùa hạ, chủ yếu là gió tây nam và đông nam.

\* *Độ ẩm không khí*: Độ ẩm t- ương đối trung bình năm (lớn hơn 80%), độ ẩm không khí cao trong mùa m- a 85÷90 %, thấp trong mùa khô 70÷75%.

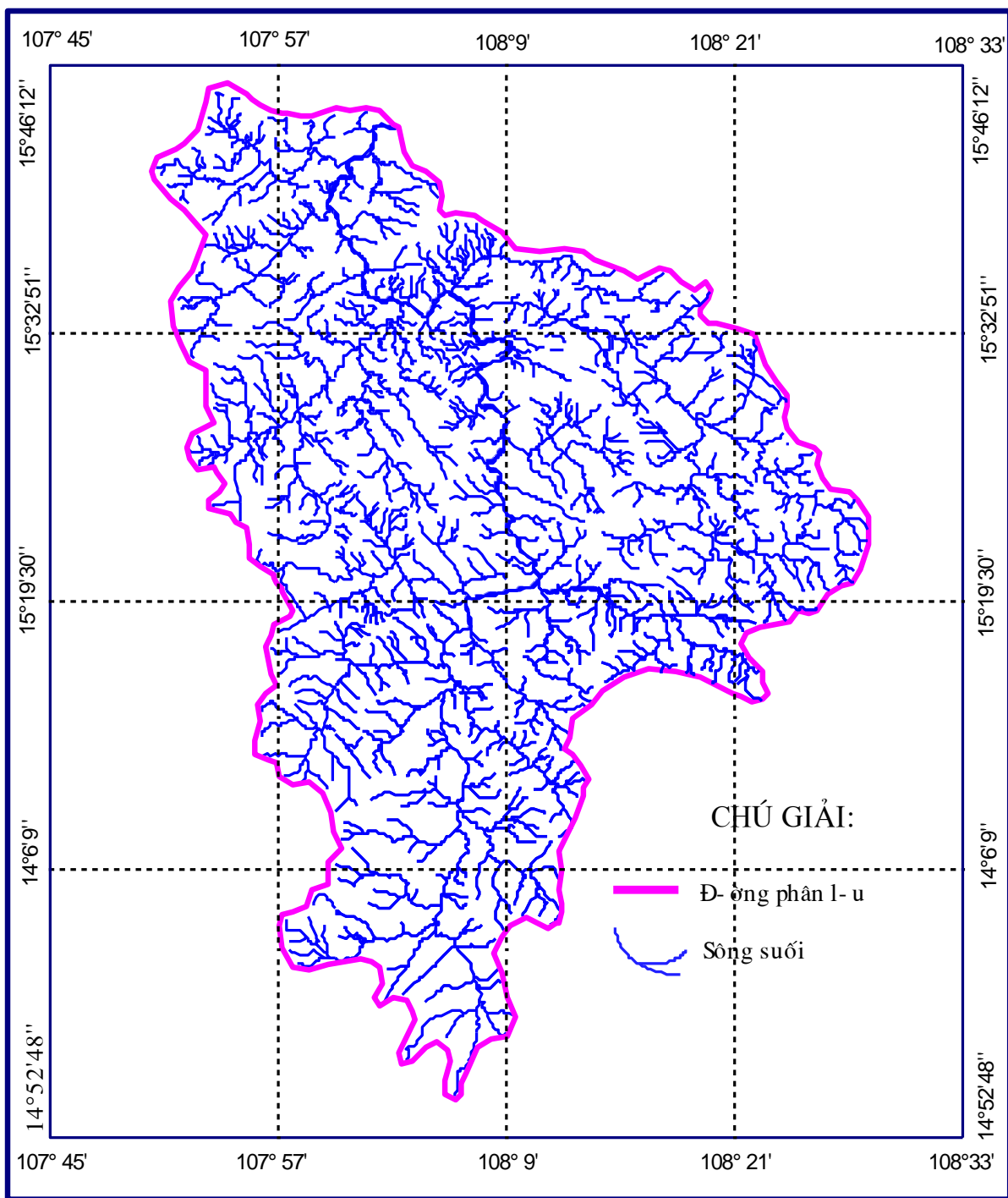
\* *M- a*: Nằm trong địa hình cao nhất của dãy Tr- ờng Sơn nên l-u vực sông Thu Bồn rất thuận lợi đón gió: nguồn ẩm gây m- a khá đa dạng. Hoàn l-u Tây Nam cùng với sự hoạt động của dải hội tụ nhiệt đới tại vĩ độ cao gây m- a lớn ở phía Tây và Tây Nam l-u vực trong thời kỳ từ tháng V – VII. Hoàn l-u Đông Bắc cùng với các nhiễu động thời tiết đem l- ượng m- a lớn cho toàn l-u vực vào tháng VIII – XII. Trên l-u vực xuất hiện hai tâm m- a lớn: Tâm m- a Bạch Mã ở phía Bắc và tâm m- a Trà Mi-Ba Tơ ở phía Tây Nam l-u vực với l- ượng m- a năm v- ợt trên 3000mm. Vùng thung lũng sông nằm ở miền sục vũng với đồng bằng ven biển thấp, khuất gió nên l- ượng m- a trong vùng này giảm hẳn  $X < 2000$  mm. Nh- vậy cả về l- ượng lẫn độ dài mùa m- a có xu h- ướng giảm dần từ phía Tây sang phía Đông l-u vực từ miền núi xuống miền đồng bằng.

## 2.6. MẠNG LƯỚI SÔNG SUỐI VÀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU [5, 6]

Sông Thu Bồn là một hệ thống sông lớn ở Nam Trung Bộ, l-u vực sông nằm

trong vùng sụt võng trung sinh đại dốc theo hướng Tây Nam – Đông Bắc. Độ cao bình quân lưu vực là 552m. Mật độ sông suối trung bình đạt  $0.47\text{km}/\text{km}^2$  tương ứng với tổng chiều dài toàn bộ sông suối là 4865km. Dòng chính sông Thu Bồn dài 205km bắt nguồn từ đỉnh Ngọc Lĩnh ở độ cao 1600m và chảy ra biển Hội An. Toàn bộ hệ thống có 19 phụ lưu cấp I và cấp III. Độ dốc bình quân lưu vực đạt khá cao 25.5%. Lưu vực sông có chiều dài lưu vực lớn gấp hai lần chiều rộng, lưu vực có dạng hình nan quạt, hệ số uốn khúc của lưu vực khá lớn đạt 1.85. Phần thượng lưu và trung lưu chảy trong vùng núi chủ yếu là granit xuống vùng trũng chủ yếu là sa thạch, cuối kết có xen lẫn diệp thạch và đá vôi.

Dòng chảy theo hướng Bắc Nam. Phần hạ lưu sông chảy theo hướng Tây-Đông và đổ ra biển. Càng về hạ du lòng sông càng mở rộng, độ dốc đáy sông giảm dần, độ uốn khúc tăng lên, ở hạ lưu xuất hiện nhiều bãi bồi ở giữa lòng sông, có xảy ra hiện tượng bồi lấp và xói lở. Mùa lũ trên lưu vực sông Thu Bồn kéo dài trong 3 tháng X÷XII chiếm tới 60÷70 % lượng dòng chảy cả năm. Mô đun dòng chảy mùa lũ đạt tới  $200\text{l}/\text{s}.\text{km}^2$  đây là trị số mô đun dòng chảy mùa lũ lớn nhất so với tất cả các lưu vực sông trên lãnh thổ Việt Nam. Với điều kiện địa hình dốc, mạng lưới sông suối phát triển hình tỏa tia, mức độ tập trung mùa lũ lớn cả về lượng lẫn về cường độ trên phạm vi rộng nên lũ trên các sông suối của lưu vực sông Thu Bồn mang đậm tính chất lũ núi với các đặc trưng: cường suất lũ lớn, thời gian lũ ngắn, đỉnh lũ nhọn, biên độ lũ lớn. Hàng năm trên sông Thu Bồn xuất hiện 4÷5 trận lũ, năm nhiều nhất có 7÷8 trận lũ, lũ lớn nhất trong năm thường xuất hiện trong tháng X và XI. Hình thế thời tiết chủ yếu gây mùa sinh lũ trên lưu vực là bão (chiếm khoảng 55% tần suất xuất hiện), không khí lạnh (chiếm khoảng 22%) và bão kết hợp không khí lạnh (chiếm khoảng 23%) đây cũng chính là nguyên nhân gây lũ đặc biệt lớn (Hình 2.4).



Hình 2.4. Bản đồ mạng l- ới thủy văn l- u vực sông Thu Bồn – Nông Sơn

**Bảng 2.3. Danh sách trạm khí tượng thủy văn trên I- u vực sông Thu Bồn**

Tên trạm	Sông	Yếu tố quan trắc			
		M- a	H	Q	Các yếu tố khác
Thành Mỹ	Thu Bồn		X	X	X
ái nghĩa	Thu Bồn		X		X
Nông Sơn	Thu Bồn	X	X	X	
Câu Lâu	Thu Bồn		X		
Giao Thủy	Thu Bồn		X		X
Vĩnh Điện	Thu Bồn		X		
Hội An	Thu Bồn	X	X		
Sơn Tân	Thu Bồn		X		
Hiệp Đức	Thu Bồn	X			
Quế Sơn	Thu Bồn	X			
Khâm Đức	Thu Bồn	X			
Trà Mi	Thu Bồn	X			
An Hoà	Thu Bồn	X			
Đà Nẵng	Thu Bồn	X			
Cẩm Lệ	Thu Bồn		X		
Hội Khánh	Thu Bồn		X		X

### Chương 3

## ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SÓNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU PHẪNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN VÀ PHẪNG PHÁP SCS ĐỂ ĐÁNH GIÁ VIỆC SỬ DỤNG TÀI NGUYÊN ĐẤT VÀ NƯỚC TRÊN LƯU VỰC SÔNG THU BỒN – NÔNG SƠN

### 3.1. TÌNH HÌNH SỐ LIỆU

**Tài liệu m-a:** Tài liệu thu thập trên l-u vực sông Thu Bồn là tài liệu m-a theo ngày và theo giờ của các trạm khí tượng thủy văn trên l-u vực (trạm Hiệp Đức, Giao Thủy và Nông Sơn), gồm có 8 trận m-a gây lũ tiêu biểu của các năm 1999- 2003, với thời gian của các trận như sau:

STT	Tên trận lũ	Thời gian
1	1	1h/17/X – 7h/19/X – 1999
2	3	7h/3/XII – 13h/7/XII – 1999
3	4	7h/28/X – 19h/30/X – 2000
4	7	7h/20/X – 19h/23/X – 2001
5	9	1h/25/X – 19h/27/X – 2002
6	10	1h/7/XI – 1h/10/XI – 2002
7	12	19h/2/X – 13/5/X – 2003
8	15	7/10/XI – 7/18/XI – 2003

Thời gian m-a của các trận lũ đơn trung bình khoảng 2 đến 7 ngày đo tại các trạm đo m-a Hiệp Đức, Giao Thủy và Nông Sơn. Tài liệu này do Trung tâm T- liệu KTTV, Bộ Tài nguyên và Môi trường cung cấp.

**Số liệu dòng chảy:** Số liệu dòng chảy thu thập được là giá trị dòng chảy tại (trạm Nông Sơn theo ngày và giờ tương ứng với thời gian từng trận m-a được cung cấp bởi Trung tâm T- 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.

- **Bản đồ địa hình:** là bản đồ các đường đồng mức tỷ lệ 1:100 000, được sử dụng để xét độ dốc và hướng dòng chảy phục vụ việc phân chia các đoạn sông và phân tử. Ngoài ra bản đồ địa hình còn được dùng trong việc tính độ dốc lòng dẫn, (Hình 2.1).

- **Bản đồ rừng** tỷ lệ 1:100 000 mô tả hiện trạng các loại cây trồng và rừng tự nhiên trên l-u vực (Hình 2.3) được sử dụng để xây dựng kịch bản sử dụng đất sau này.

- Bản đồ hiện trạng sử dụng đất đ-ợc mô tả trong hình 2.2, bản đồ này mô tả tình hình sử dụng đất tại từng khu vực trên l-u vực sông, bản đồ này đ-ợc sử dụng để xây dựng kịch bản đánh giá ảnh h-ởng của việc đô thị hoá và phát triển canh tác để xác định hệ số CN và hệ số nhóm của từng phần tử trong ph-ơng pháp SCS.

- Bản đồ mạng l-ới thuỷ văn (hình 2.4) dùng để phân chia l-u vực thành các đơn vị thuỷ văn (l-u vực nhỏ) t-ơng ứng với mỗi đoạn sông, các dải.

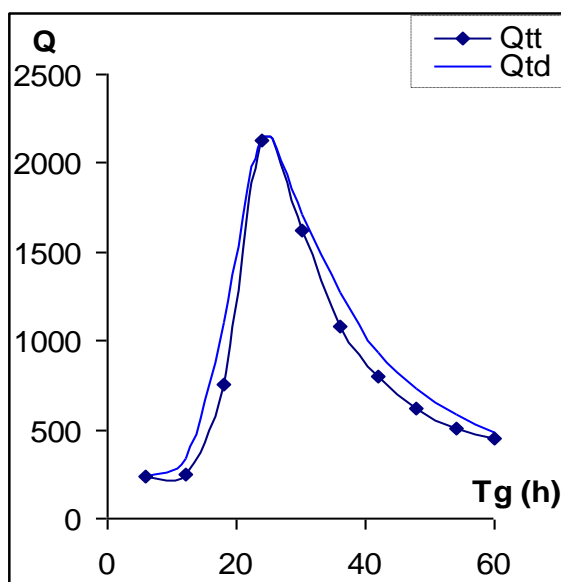
- Bản đồ độ dốc dùng để phân chia phần tử và tính độ dốc trung bình phần tử.

Các loại bản đồ trên đều đã đ-ợc số hoá và có thể truy xuất dễ dàng qua các phần mềm GIS thông dụng (trong khoá luận này chúng tôi sử dụng phần mềm MAPINFO). Các bản đồ này đ-ợc sử dụng để khảo sát ảnh h-ởng của việc khai thác l-u vực đến quá trình dòng chảy lũ.

Để tiến hành đánh giá ảnh h-ởng của việc khai thác l-u vực đến quá trình dòng chảy trên l-u vực sông Thu Bồn, trong khoá luận này sử dụng thêm một số kết quả mô phỏng lũ bằng mô hình phần tử hữu hạn sóng động học một chiều và ph-ơng pháp SCS đã đ-ợc nghiên cứu và đánh giá trên l-u vực sông Thu Bồn. Các kết quả này đ-ợc trình bày trong các khoá luận tốt nghiệp của Phạm Hồng Thái (năm 2004).

### 3.2. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG LŨ

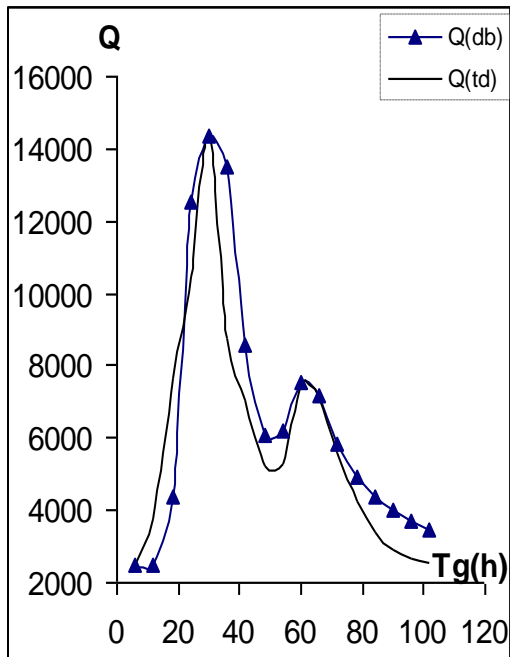
+ Trận lũ 1 từ ngày 17/X – 19/X/1999



Tg (h)	Q <sub>tt</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>td</sub> (m <sup>3</sup> /s)
6	234	234
12	249.88	342
18	753.93	1100
24	2125.03	2140
30	1623.1	1710
36.2	1086.71	1270
42	797.16	940
48	617.11	730
54	502.66	580
60	455.35	480
Sai số Q <sub>max</sub>	0.7%	
Sai số tổng l-ợng	11.3%	
R <sup>2</sup>	93.9%	

Hình 3.1. Kết quả mô phỏng lũ từ 1h/17/X - 7h/19/X/1999

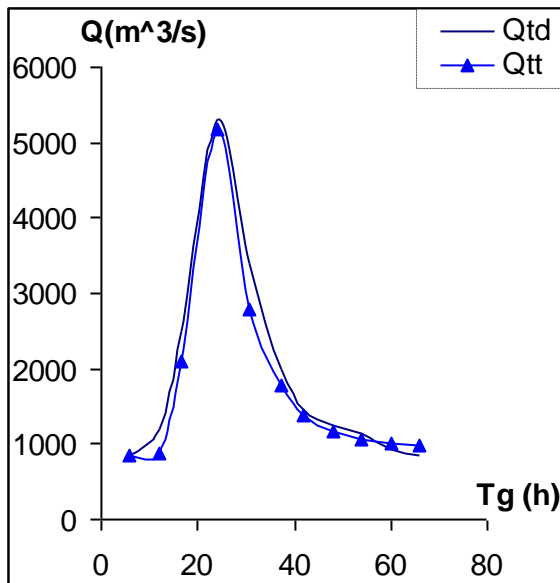
+ Trộn lũ 2 từ ngày 3/XII – 7//XII/1999



Tg (h)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)	Qtt (m <sup>3</sup> /s)
6	2460	2460
12	3760	2490.66
18	7660	4392.46
24	10450	12500.5
30	14400	14347.1
36	8760	13477.7
42	7050	8572.24
48	5250	6058.15
54	5300	6178.32
60	7450	7566.58
66	7130	7191.93
72	5620	5835.28
78	4280	4928.59
84	3430	4392.28
90	2910	4016.97
96	2640	3704.41
102	2530	3460.53
Sai số Q <sub>max1</sub>	0.4%	
Sai số Q <sub>max2</sub>	0.9%	
Sai số tổng l-ợng	10.4%	
R <sup>2</sup>	71.7%	

Hình 3.2. Kết quả mô phỏng lũ từ 7h/3/XII - 13h/7/XII/1999

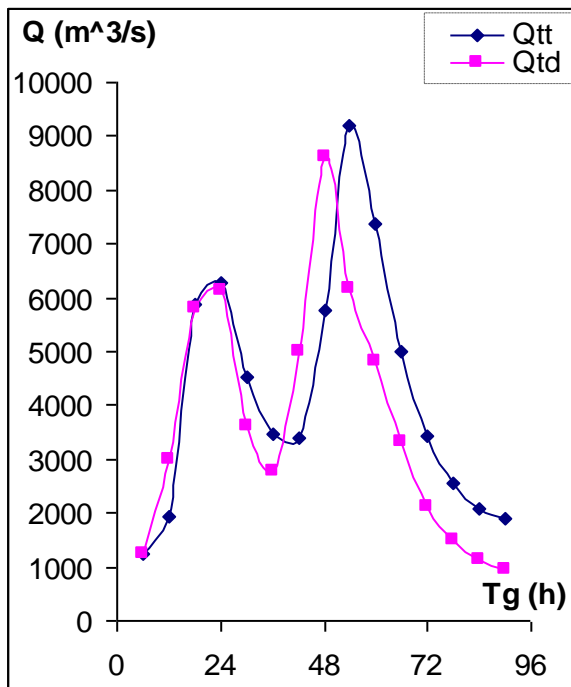
+ Trộn lũ 3 từ ngày 28/X – 30/X/2000



Tg (h)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)	Qtt(m <sup>3</sup> /s)
6	858	858
12	1200	866.06
16.7	2490	2088.52
24	5310	5167.75
30.7	3390	2786.91
37.1	2000	1786.36
42	1470	1371.56
48	1250	1177.95
54	1150	1074.56
60	934	1017.05
66	840	979.78
Sai số Q <sub>max</sub>	2.7%	
Sai số tổng l-ợng	8.2%	
R <sup>2</sup>	98.7%	

Hình 3.3. Kết quả mô phỏng lũ từ 7h/28/X - 19h/30/X/2000

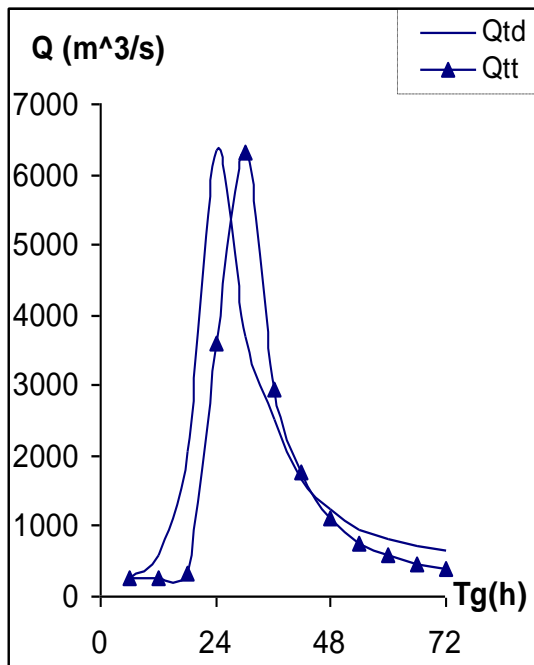
+Trận lũ 4 từ ngày 20/X – 23/X/2001



Tg (h)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)	Qtt (m <sup>3</sup> /s)
6	1250	1250.12
12	3000	1921.09
18	5800	5881.23
24	6130	6269.28
30	3600	4510.54
36	2790	3474.74
42	4990	3394.47
48	8600	5783.93
54	6180	9210.79
60	4800	7384.63
66	3320	5003.26
72	2130	3431.03
78	1490	2557.92
84	1120	2080.58
90	937	1906.61
Sai số Q <sub>max</sub> 1	2.3%	
Sai số Q <sub>max</sub> 2	7.1%	
Sai số l- ợng	14.1%	
R <sup>2</sup>	98.8%	

Hình 3.4. Kết quả mô phỏng lũ từ 7h/20/X – 19h/23/X/2001

+ Trận lũ 5 ngày 25/X - 27/X/2002

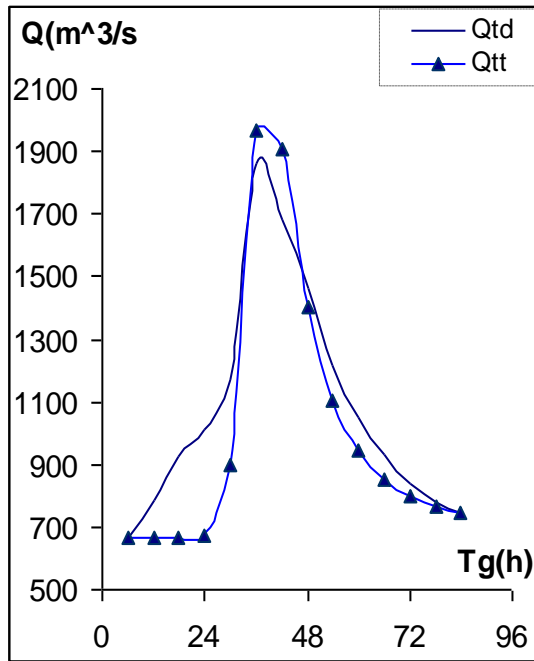


Tg (h)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)	Qtt (m <sup>3</sup> /s)
6	261	261.01
12	604	262.14
18	2070	318.96
24	6350	3594.14
30	3710	6306.21
36	2530	2956.39
42	1660	1771.74
48	1230	1125.78
54	964	767.37
60	809	577.27
66	710	471.72
72	641	407.03
Sai số Q <sub>max</sub>	0.7%	
Sai số tổng l- ợng	12.6%	
R <sup>2</sup>	75.1%	

Hình 3.5. Kết quả mô phỏng lũ từ 1h/25/X - 19h/27/X/2002



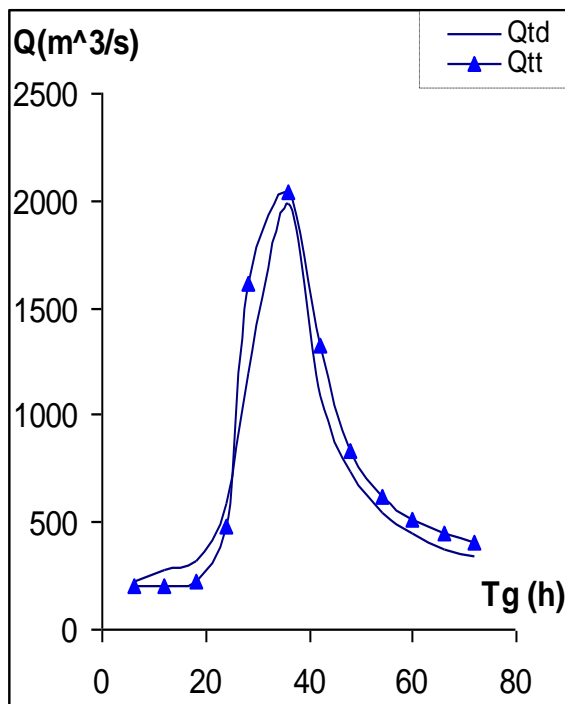
+Trận lũ 6 từ ngày 7/XI – 10/XI/2002



Tg (h)	Qtd (m³/s)	Qtt(m³/s)
6	663	663
12	783	663
18	922	663.76
24	1010	675.36
30	1170	896.77
36	1860	1967.75
42	1680	1909.76
48	1460	1402.32
54	1220	1103.5
60	1050	944.8
66	934	851.91
72	841	798.11
78	782	764.93
84	746	744.17
Sai số $Q_{max}$	5.8%	
Sai số tổng l- ợng	7.1%	
$R^2$	98.0%	

Hình 3.6. Kết quả mô phỏng lũ từ 1h/7/XI – 1h/10/XI/2002

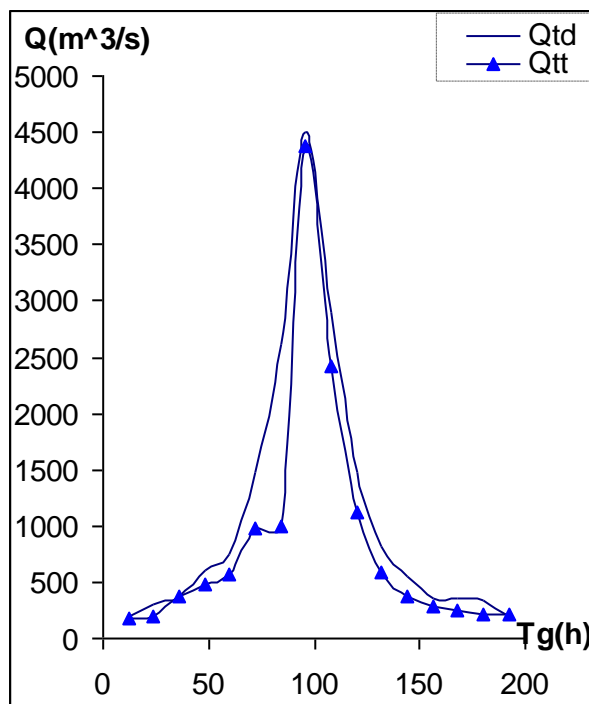
+Trận lũ 7 từ ngày 2/X – 8/X/2003



Tg (h)	Qtd (m³/s)	Qtt(m³/s)
6	224	205
12	283	205
18	321	223
24	589	485
28	1200	1618
36	1990	2038
42	1090	1320
48	740	829
54	545	618
60	448	511.8
66	378	451.6
72	341	409.7
Sai số $Q_{max}$	2.4%	
Sai số tổng l- ợng	9.4%	
$R^2$	90.3%	

Hình 3.7. Kết quả mô phỏng lũ từ 19h/2/X – 13/8/X – 2003

+Trận lũ 8 từ ngày 10/XI – 18/XI/2003



Tg (h)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)	Qtt(m <sup>3</sup> /s)
12	193	182
24	310	200.41
36	380	379.45
48	600	474.6
60	750	564.02
72	1480	981.64
84	2620	988.56
96	4510	4382.81
108	2900	2419.68
120	1470	1123.47
132	820	595.41
144	560	379.73
156	360	287.33
168	360	244.45
180	330	222.27
192	200	209.6
Sai số Q <sub>max</sub>	2.8%	
Sai số tổng l- ợng	23.6%	
R <sup>2</sup>	91.9%	

Hình 3.8. Kết quả mô phỏng lũ từ 7/10/XI – 7/18/XI/2003

Từ kết quả mô phỏng của tám trận lũ trên l- u vực sông Thu Bồn ta thấy rằng mô hình lựa chọn đã mô phỏng t- ợng đối chính xác dạng đ- ờng quá trình lũ trên l- u vực, điều đó chứng tỏ bộ thông số đã lập là khá ổn định và có thể ứng dụng đ- ợc.

Mô hình mô phỏng tám trận lũ trên l- u vực sông Thu Bồn cho kết quả t- ợng đối tốt về đỉnh (cả về l- ợng và thời gian xuất hiện). Theo tiêu chuẩn đánh giá sai số của tổ chức khí t- ợng thế giới (WMO) thông qua độ hữu hiệu (đánh giá theo chỉ tiêu R<sup>2</sup>) thì cả tám trận lũ trên đều thuộc loại khá trở lên (R<sup>2</sup> đều lớn hơn 70%).

Chỉ tiêu R<sup>2</sup> đ- ợc xác định nh- sau:

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

$$\text{Với: } F^2 = \sum_{i=1}^N (Q_{id} - Q_{it})^2, \quad F_0^2 = \sum_{i=1}^N (Q_{id} - \overline{Q_d})^2$$

Trong đó: Q<sub>id</sub> là l- u l- ợng thực đo; Q<sub>it</sub> là l- u l- ợng tính toán;  $\overline{Q_d}$  là l- u l- ợng thực đo tính trung bình trong thời kỳ tính toán.

Tiêu chuẩn đánh giá nh- sau:

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

Dựa vào các chỉ tiêu đánh giá sai số về đỉnh, về l- ợng và độ hữu hiệu (bảng 3.1) ta có:

- Về đỉnh: sai số dao động từ 0.4 – 5.8%, trung bình là 2.2% thuộc loại khá.
- Về l- ợng: sai số dao động từ 7.1 – 23.6%, trung bình là 12.1% thuộc loại tốt.
- Chỉ tiêu  $R^2$  dao động từ 71.7 – 98.8%, trung bình là 89.8 thuộc loại khá.

**Bảng 3.1. Bảng sai số tổng l- ợng, đỉnh lũ và độ hữu hiệu  $R^2$**

Sai số \ Lũ	1	2	3	4	5	6	7	8	Sai số Tb (%)
W (%)	11.3	10.4	8.2	14.1	12.6	7.1	9.4	23.6	12.1
$Q_{\max 1}$ (%)	0.7	0.4	2.7	2.3	0.7	5.8	2.4	2.8	2.2
$Q_{\max 2}$ (%)		0.9		7.1					4
$R^2$ (%)	93.9	71.7	98.7	98.8	75.1	98.0	90.3	91.9	89.8

Trên cơ sở các trận lũ đ- ợc lựa chọn đã mô phỏng tốt với thực trạng sử dụng đất trên l- u vực sông Thu Bồn, khoá luận này sử dụng luôn các bộ thông số mô phỏng lũ này để tiến hành xây dựng kịch bản và đánh giá ảnh h- ợng của các điều kiện sử dụng đất đến quá trình dòng chảy lũ.

### 3.3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC KHAI THÁC SỬ DỤNG ĐẤT ĐẾN QUÁ TRÌNH DÒNG CHẢY LŨ TRÊN LƯU VỰC SÔNG THU BỒN

Với mục đích là đánh giá ảnh h- ợng của việc khai thác l- u vực đến quá trình dòng chảy lũ, khoá luận này dựa trên việc phân tích các điều kiện mặt đệm tiến hành xây dựng các kịch bản sử dụng đất. Qua đó khảo sát và đánh giá ảnh h- ợng của việc sử dụng đất đến sự hình thành dòng chảy lũ nhằm phát hiện, cảnh báo về mức độ giới hạn khai thác l- u vực. Do khuôn khổ khoá luận có hạn chế về thời gian và tài liệu nên b- ớc đầu chỉ thử nghiệm với hai loại hình sử dụng đất. Cụ thể là đánh giá quá trình đô thị hoá và khai thác rừng. Từ đó vạch ra kế hoạch phát triển, khai thác sử dụng l- u vực hợp lý, tránh đ- ợc những thiệt hại không đáng xảy ra đối với nền kinh tế quốc dân.

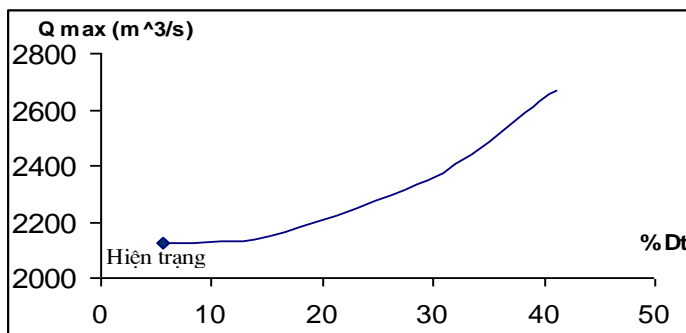
#### 3.3.1 Khảo sát ảnh hưởng của việc đô thị hóa đến quá trình dòng chảy lũ trên l- u vực sông Thu Bồn

Từ hiện trạng ban đầu trên l- u vực sông Thu Bồn ta tiến hành tăng diện tích đô

thị dọc theo dòng sông từ hạ l- u đến th- ượng l- u. Quá trình tăng diện tích đô thị hóa đ- ợc tiến hành cụ thể nh- sau: phát triển đô thị trên các vùng đất thổ c- và các mặt bằng qua bản đồ địa hình và bản đồ sử dụng đất, xác lập lại bộ thông số, cụ thể là chỉ số CN cho các phân tử khi sử dụng đất thay đổi (khu th- ượng mại và kinh doanh với CN=91, n=0.02). Sau đó ta tiến hành thay đổi các thông số CN và n trong các file số liệu đầu vào và tiến hành chạy lại cho các trận lũ đã lựa chọn trên sôngThu Bồn.

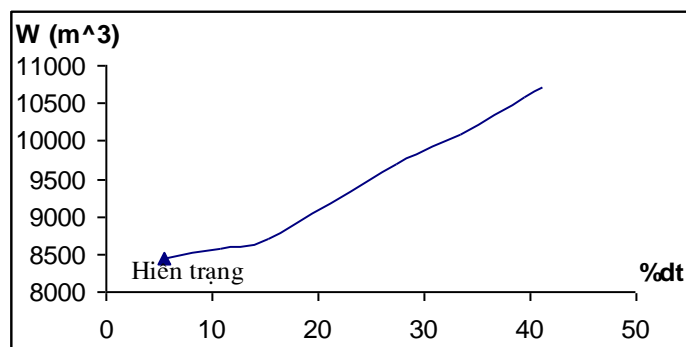
Ảnh h- ưởng của việc tăng diện tích đô thị hóa dọc sông từ hạ l- u lên th- ượng l- u của sông Thu Bồn đến dòng chảy lũ đ- ợc miêu tả bằng các quan hệ  $Q_{max} \sim F$  và  $W \sim F$  đ- ợc thể hiện trong các hình từ 3.9 đến 3.16. Sơ đồ thay đổi diện tích đô thị hóa trên l- u vực sông Thu Bồn thể hiện nh- sau: hiện trạng ban đầu  $\rightarrow$  XIX, XXI  $\rightarrow$  XX  $\rightarrow$  XVIII  $\rightarrow$  XVI, XVII  $\rightarrow$  XII, XIII, XIV, XV  $\rightarrow$  III, V, VI, VII, XIX.

Từ các hình 3.9 đến 3.16 ta thấy khi diện tích đô thị hóa ở trên l- u vực tăng lên thì tổng l- ượng dòng chảy lũ và đỉnh dòng chảy lũ cũng tăng lên. Điều đó phù hợp với quy luật của dòng chảy trên bề mặt l- u vực: tăng c- ồng quá trình đô thị hoá có nghĩa là tăng diện tích bề mặt không thấm dẫn đến tăng dòng chảy mặt (hệ số CN tăng CN=91 và hệ số nhám của phân tử giảm xuống  $n = 0.02$ ), khả năng tập trung dòng chảy nhanh, mức độ tổn thất do thấm giảm.



(a)

$Q_{max}(m^3/s)$	% Dt
2125.03	5.53
2127.93	10.14
2148.00	15.26
2317.00	27.45
2438.00	33.40
2630.67	39.46
2667.00	41.13

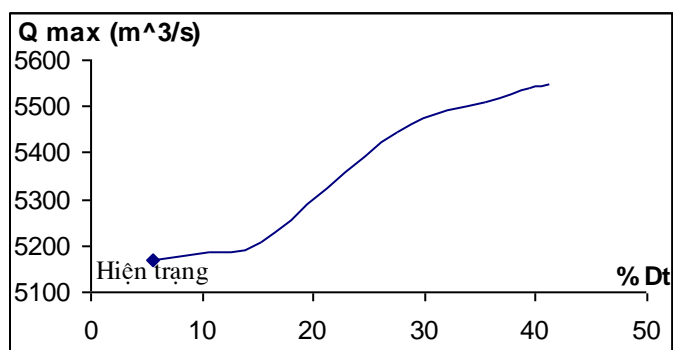


(b)

W (m <sup>3</sup> )	% Dt
8444.93	5.53
8570.00	10.14
8700.00	15.26
9689.99	27.45
10079.91	33.40
10573.29	39.46
10710.00	41.13

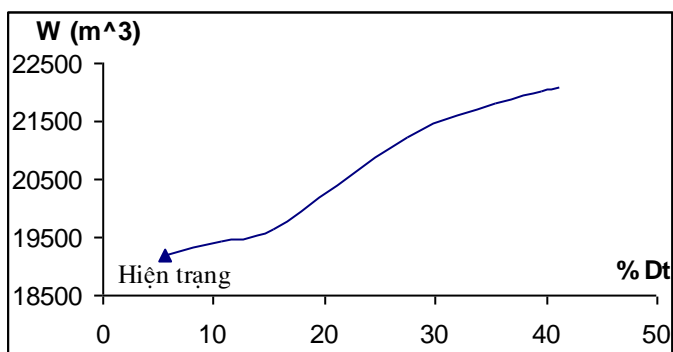
Hình 3.9. Ảnh h- ưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn,

a - đỉnh lũ, b - tổng l- ợng, 1h/17/10 – 7h/19/10-1999



(a)

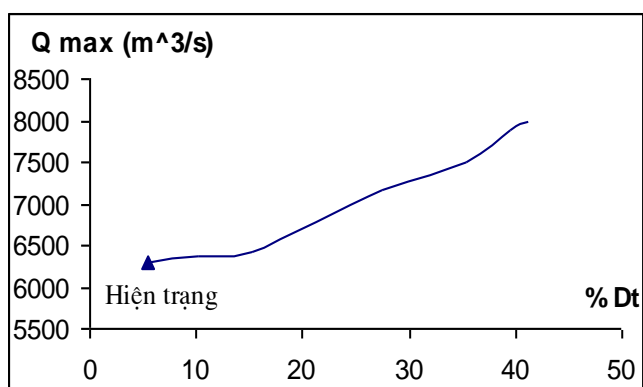
$Q_{\max}(\text{m}^3/\text{s})$	% Dt
5167.75	5.53
5186.00	10.14
5206.00	15.26
5443.00	27.45
5508.00	35.38
5537.87	39.46
5547.28	41.13



(b)

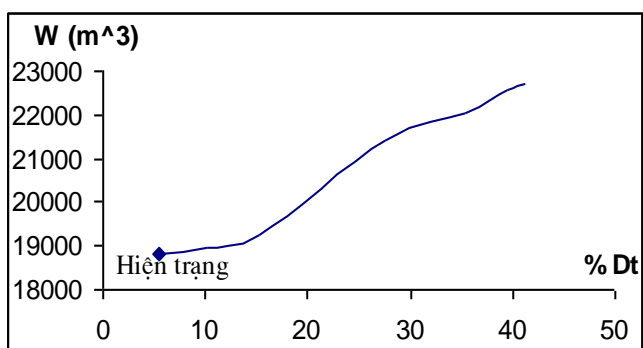
$W(\text{m}^3)$	% Dt
19174.50	5.53
19420.00	10.14
19640.00	15.26
21230.00	27.45
21800.00	35.38
22023.90	39.46
22086.76	41.13

Hình 3.10. Ảnh hưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, a - đỉnh lũ; b - tổng lượng, 7h/28/10 – 19h/30/10-2000



(a)

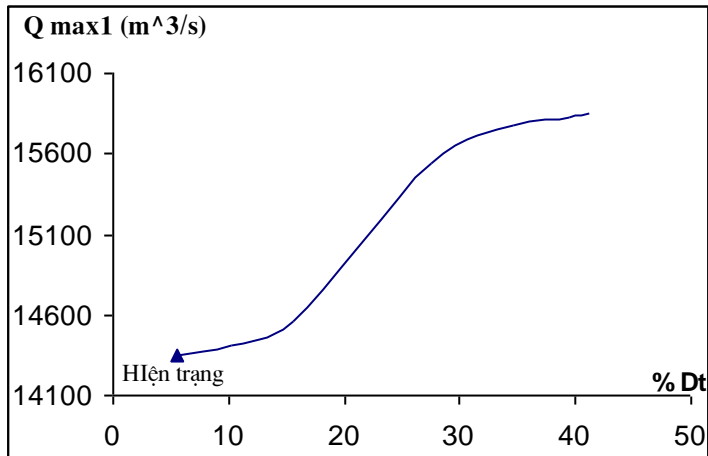
$Q_{\max}(\text{m}^3/\text{s})$	% Dt
6306.21	5.53
6360.00	10.14
6420.00	15.26
7160.00	27.45
7500.00	35.38
7879.05	39.46
7992.92	41.13



(b)

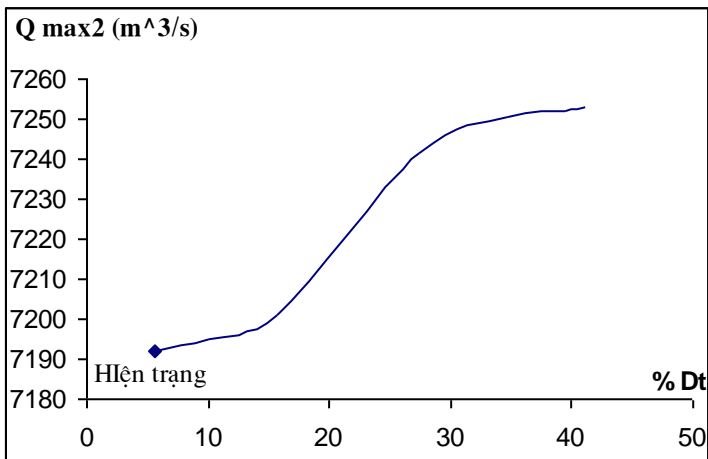
$W(\text{m}^3)$	% Dt
18819.76	5.53
18950.00	10.14
19240.00	15.26
21398.34	27.45
22033.66	35.38
22558.19	39.46
22712.29	41.13

Hình 3.11. Ảnh hưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ, (b) – tổng lượng, 1h/25/10 – 19h/27/10-2002



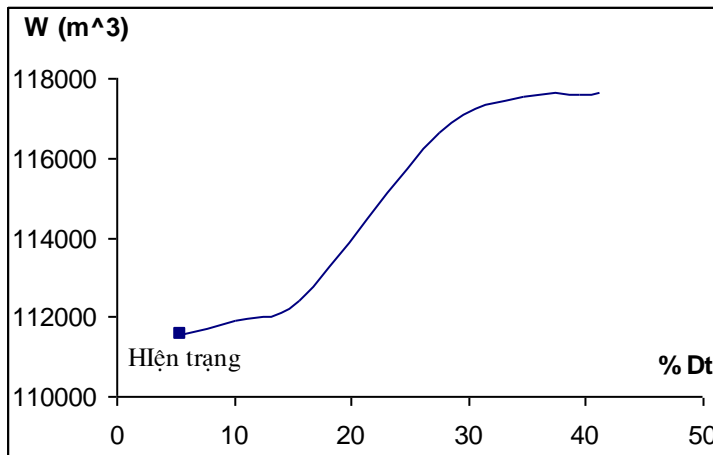
$Q_{\max 1}$ (m <sup>3</sup> /s)	% Dt
14347.14	5.53
14414.24	10.14
14559.24	15.60
15537.58	27.45
15774.24	34.60
15832.24	39.46
15853.71	41.13

(a)



$Q_{\max 2}$ (m <sup>3</sup> /s)	% Dt
7191.93	5.53
7194.99	10.14
7200.79	15.60
7241.39	27.45
7250.59	34.60
7251.99	39.46
7253.09	41.13

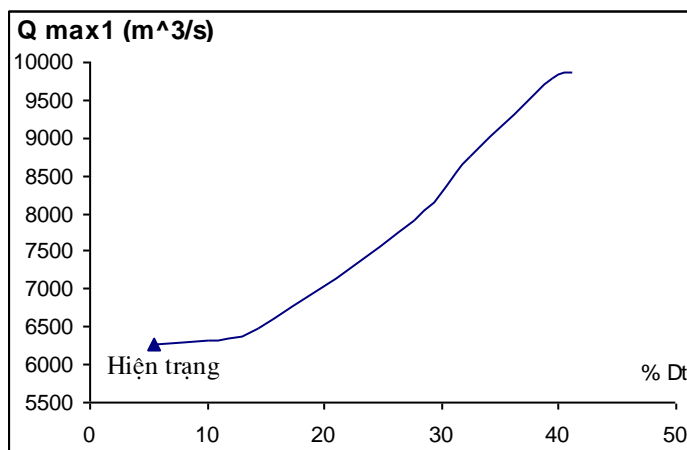
(b)



W (m <sup>3</sup> )	% Dt
111573.7	5.53
111926.5	10.14
112396.5	15.60
116641.6	27.45
117526.5	34.60
117615.6	39.46
117650.1	41.13

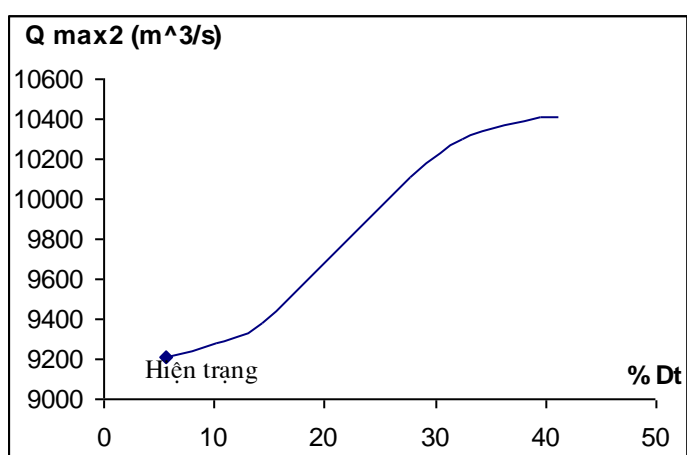
(c)

Hình 3.12. Ảnh hưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ 1, (b) - đỉnh lũ 2, (c) - tổng lượng, 7h/3/12 - 13h/7/12-1999



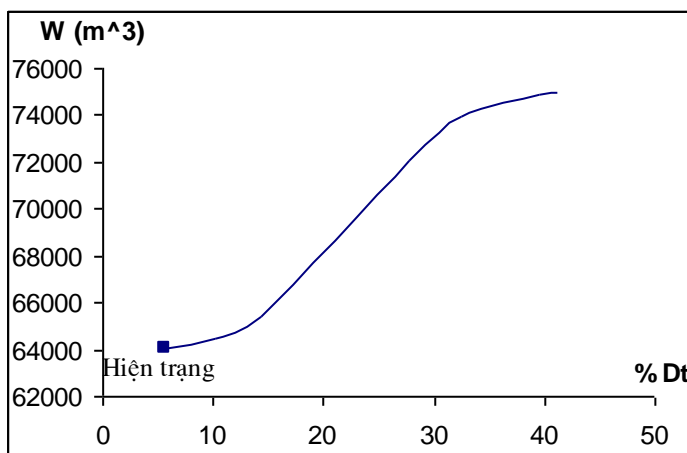
$Q_{max1}(m^3/s)$	% Dt
6269.28	5.53
6313.04	10.14
6483.04	14.30
7913.04	27.70
8765.02	32.50
9801.21	39.46
9862.65	41.13

(a)



$Q_{max2}(m^3/s)$	% Dt
9210.79	5.53
9279.61	10.14
9380.61	14.30
10105.61	27.70
10296.61	32.50
10410.24	39.46
10413.99	41.13

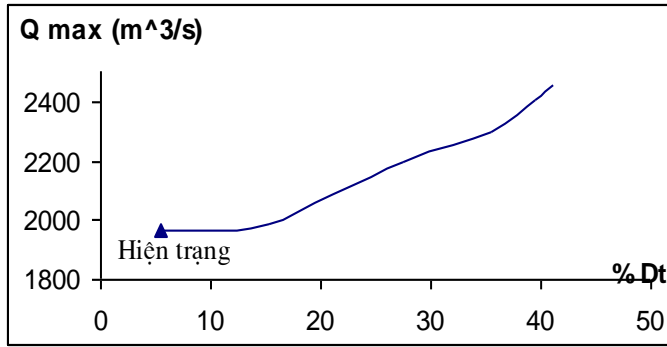
(b)



$W(m^3)$	% Dt
64060.22	5.53
64433.8	10.14
65413.8	14.30
72113.8	27.70
73973.8	32.50
74876.33	39.46
74956.55	41.13

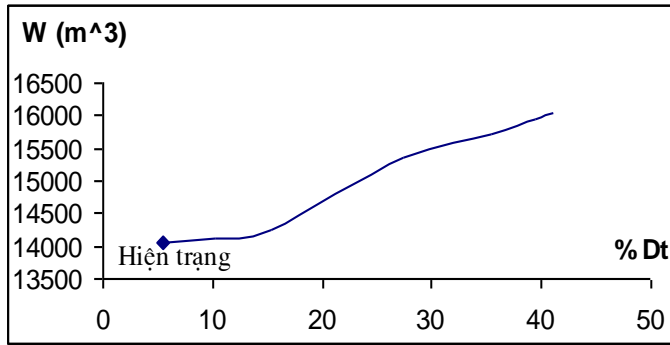
(c)

Hình 3.13. Ảnh hưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ 1, (b) - đỉnh lũ 2, (c) - tổng lượng, 7h/20/10 – 19h/23/10-2001



$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s)	% Dt
1967.75	5.53
1969.53	10.14
1984.44	15.26
2194.98	27.45
2294.78	35.38
2405.86	39.46
2457.42	41.13

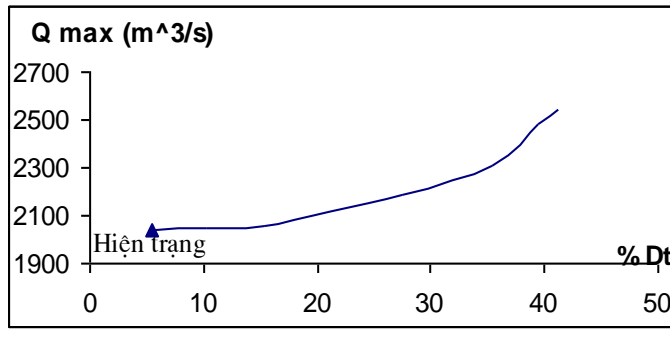
(a)



$W$ (m <sup>3</sup> )	% Dt
14049.14	5.53
14113.56	10.14
14253.56	15.26
15366.72	27.45
15723.05	35.38
15956.83	39.46
16032.14	41.13

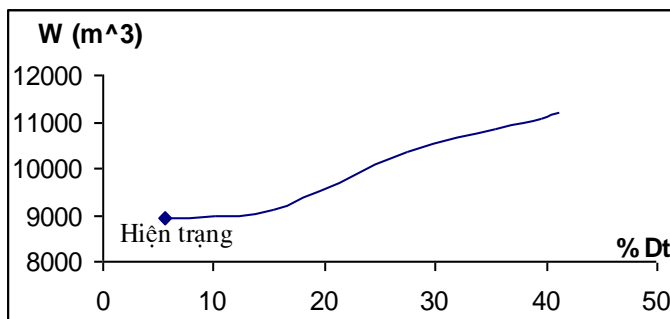
(b)

Hình 3.14. Ảnh hưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ, (b) - tổng lượng 1h/7/11 - 1h/10/11-2002



$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s)	% Dt
2037.83	5.53
2048.00	10.14
2057.00	15.26
2185.94	27.45
2310.80	35.38
2478.29	39.46
2543.38	41.13

(a)

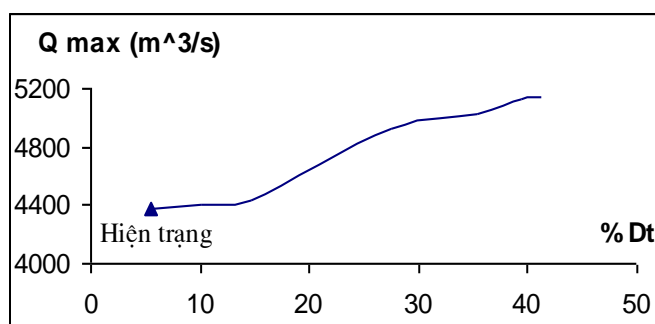


$W$ (m <sup>3</sup> )	% Dt
8914.34	5.53
8980.00	10.14
9090.00	15.26
10351.50	27.45
10860.00	35.38
11079.69	39.46
11193.09	41.13

(b)

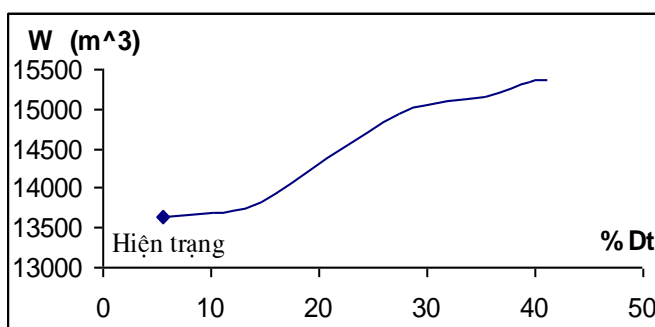
Hình 3.15. Ảnh hưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ, (b) - tổng lượng, 19h/2/10 - 13h/8/10-2003





(a)

$Q_{\max}$ ( $m^3/s$ )	% Dt
4382.81	5.53
4403.00	10.14
4437.00	14.60
4927.42	27.45
5019.43	35.38
5120.63	39.46
5148.23	41.13



(b)

W ( $m^3$ )	% Dt
13635.43	5.53
13701.00	10.14
13823.00	14.60
14950.30	27.45
15144.52	35.38
15332.17	39.46
15366.09	41.13

Hình 3.16. Ảnh hưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ, (b) – tổng l- ợng, 7h/10/11 – 7h/18/11-2003

Từ kết quả đô thị hóa trên sông Thu Bồn ta thấy: khi tiến hành tăng diện tích đô thị hóa từ 5.53% (diện tích đô thị hóa ban đầu) đến khoảng 12 – 17% thì giá trị tổng l- ợng và đỉnh lũ tăng chậm, tuy nhiên khi diện tích đô thị hóa vượt qua 17% ở l- u vực sông Thu Bồn thì tổng l- ợng và đỉnh dòng chảy tăng lên một cách đột ngột.

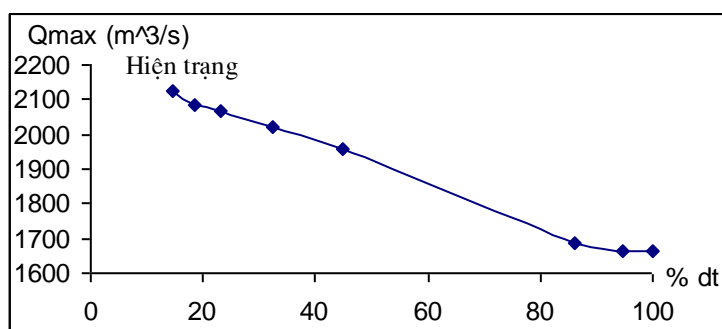
Từ kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình đô thị hoá, theo kịch bản tạo ra, thu đ- ợc trên l- u vực sông Thu Bồn chúng tôi có kiến nghị cảnh báo đối với các nhà quy hoạch và phát triển đô thị rằng: việc đô thị hóa trên l- u vực này không đ- ợc vượt quá ngưỡng 15% diện tích l- u vực vì nếu vượt quá thì sẽ làm tăng đột ngột quá trình lũ mà hậu quả của nó sẽ gây nên những thiệt hại khôn lường về người và của cho nhân dân trong vùng.

**Kết luận:** Việc tăng quá trình đô thị hoá trên l- u vực sông Thu Bồn dẫn đến tăng quy mô lũ lụt phù hợp với lý thuyết về sự hình thành dòng chảy trên sườn dốc (tăng dòng chảy mặt, giảm tổn thất do thấm) trên các l- u vực sông. Đặc biệt khi tăng diện tích đô thị đến khoảng 15% trên l- u vực sông Thu Bồn thì nguy cơ xảy ra lũ lớn, gây hậu quả nghiêm trọng và vì thế việc phát triển đô thị trên l- u vực phải duy trì ở một mức độ hợp lý để tránh những tác hại do khai thác quá tải l- u vực.

### 3.3.2 Khảo sát ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy lũ trên lưu vực sông Thu Bồn

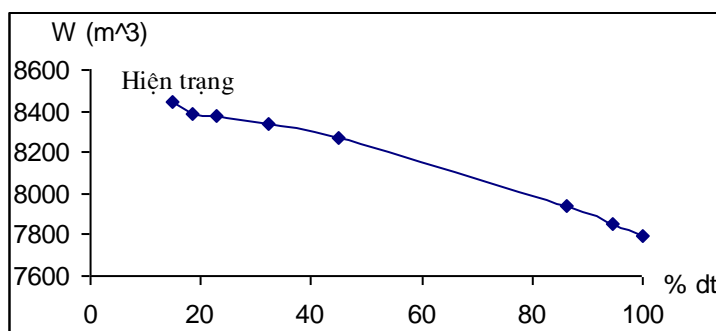
Từ hiện trạng rừng ban đầu trên lưu vực ta tiến hành tăng dần diện tích rừng tự nhiên trên lưu vực từ thượng lưu về hạ lưu trên lưu vực sông Thu Bồn. Khi thay đổi nhậy các hệ số CN và hệ số nhám trung bình của từng phần tử thay đổi ( $CN = 70, n = 0.4$ ). Tiến hành thay các hệ số CN và n vào các file số liệu đầu vào và kiểm nghiệm cho các trận lũ đã chọn trên lưu vực Thu Bồn. Ảnh hưởng của việc tăng diện tích rừng từ thượng lưu về hạ lưu của sông Thu Bồn đến dòng chảy lũ được khảo sát bằng các quan hệ  $Q_{max} \sim F$  và  $W \sim F$ .

Ta tiến hành tăng diện tích rừng từ hiện trạng rừng ban đầu theo sơ đồ: hiện trạng rừng ban đầu  $\rightarrow$  I, II  $\rightarrow$  III, IV, V, VI  $\rightarrow$  VII, VIII, IX, X, XII  $\rightarrow$  XI, XIII, XIV, XV, XVI  $\rightarrow$  XVII, XVIII, XX  $\rightarrow$  XIX, XXI, XXII  $\rightarrow$  XXIII, XXIV, XXV. Sau khi thay đổi CN và hệ số nhám trung bình phần tử trong các file số liệu ta tiến hành chạy cho hao trận lũ đã chọn trên sông Thu Bồn. Kết quả được thể hiện ở các hình 3.17 đến hình 3.24.



$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s)	% dt
2125.03	14.7
2083.09	18.4
2065.64	23.0
2020.26	32.3
1958.44	45.0
1684.65	85.1
1664.95	94.6
1664.22	100

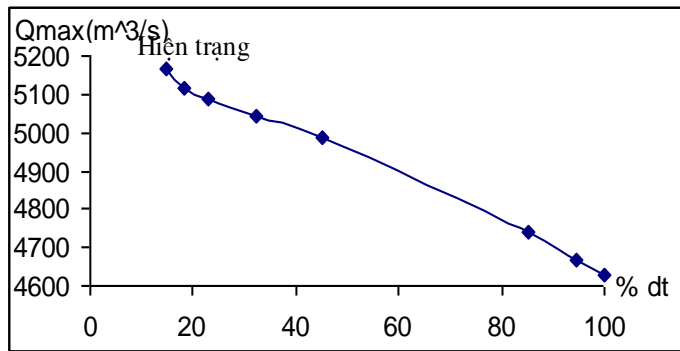
(a)



W (m <sup>3</sup> )	% dt
8444.93	14.7
8390.1	18.4
8376.62	23.0
8336.03	32.3
8273.54	45.0
7939.85	85.1
7853.17	94.6
7795.76	100

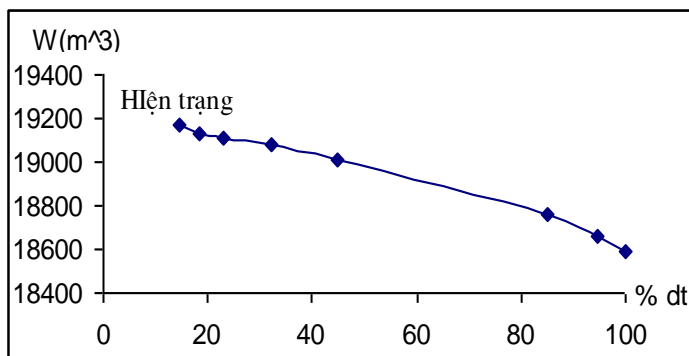
(b)

Hình 3.17. Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, a - đỉnh lũ, b - tổng lưu lượng, 1h/17/10 – 7h/19/10-1999



$Q_{\max}(\text{m}^3/\text{s})$	% dt
5167.75	14.7
5118.68	18.4
5088.00	23.0
5044.72	32.3
4987.86	45.0
4740.00	85.1
4666.02	94.6
4627.00	100

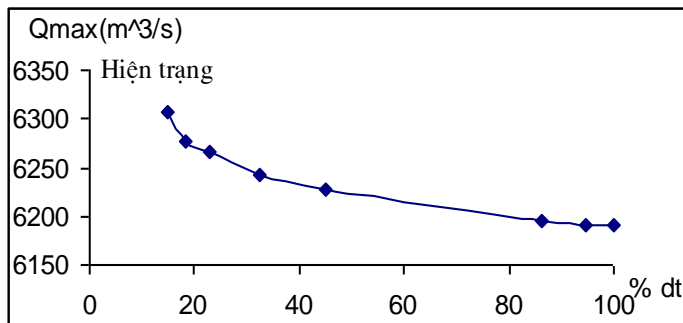
(a)



$W(\text{m}^3)$	% dt
19174.50	14.7
19131.00	18.4
19108.00	23.0
19076.00	32.3
19012.00	45.0
18760.00	85.1
18664.41	94.6
18586.81	100

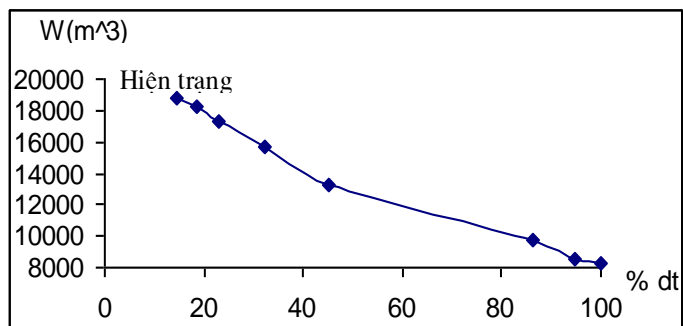
(b)

Hình 3.18. Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, a - đỉnh lũ; b - tổng lượng, 7h/28/10 – 19h/30/10-2000



$Q_{\max}(\text{m}^3/\text{s})$	% dt
6306.21	14.7
6276.1	18.4
6266.59	23.0
6242.25	32.3
6226.9	45.0
6196	85.1
6191	94.6
6190.3	100

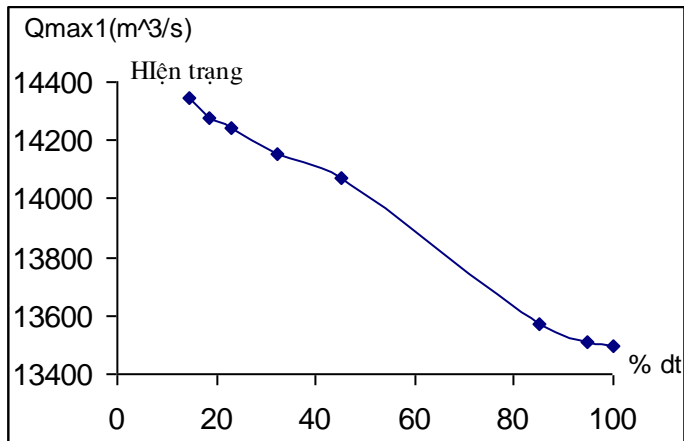
(a)



$W(\text{m}^3)$	% dt
18819.76	14.7
18300	18.4
17300	23.0
15700	32.3
13200	45.0
9700	85.1
8500	94.6
8300	100

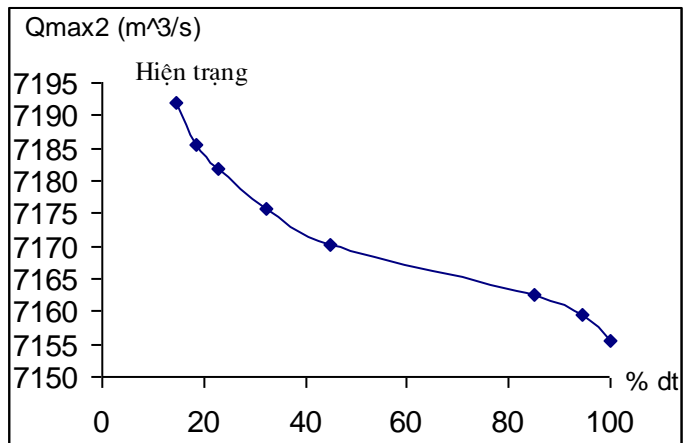
(b)

Hình 3.19. Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ, (b) - tổng lượng, 1h/25/10 – 19h/27/10-2002



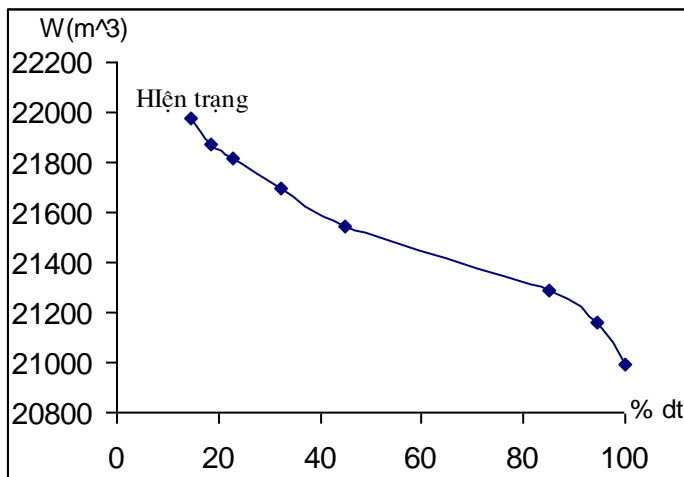
(a)

$Q_{max1} (m^3/s)$	% dt
14347	14.7
14276.82	18.4
14244.19	23.0
14156.58	32.3
14071.01	45.0
13570.9	85.1
13509.98	94.6
13495.53	100



(b)

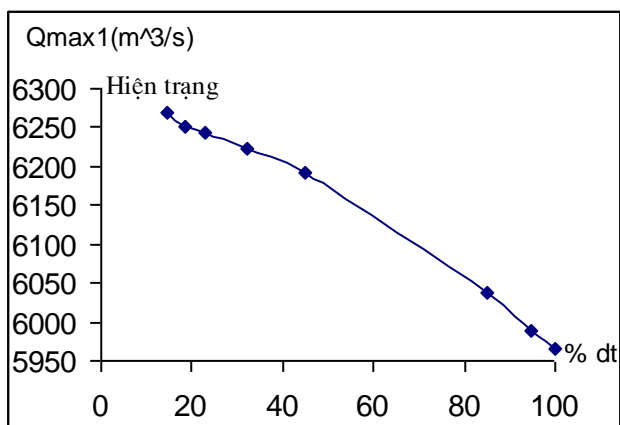
$Q_{max2} (m^3/s)$	% dt
7191.93	14.7
7185.56	18.4
7181.85	23.0
7175.69	32.3
7170.18	45.0
7162.66	85.1
7159.47	94.6
7155.63	100



(c)

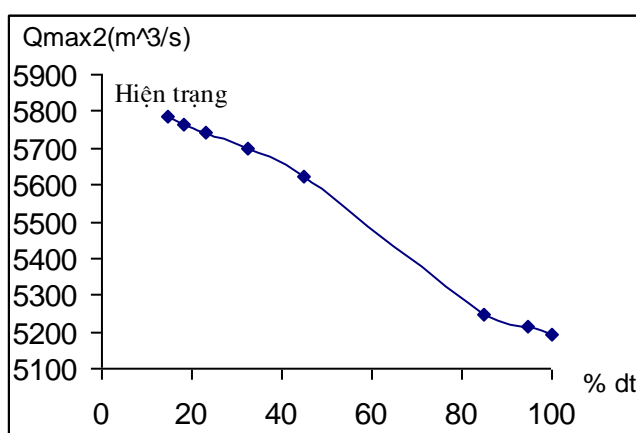
$W (m^3)$	% dt
21973.52	14.7
21874.31	18.4
21812.86	23.0
21694.61	32.3
21545.71	45.0
21287.16	85.1
21162	94.6
20995.39	100

Hình 3.20. Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ 1, (b) - đỉnh lũ 2, (c) - tổng lượng, 7h/3/12 - 13h/7/12-1999



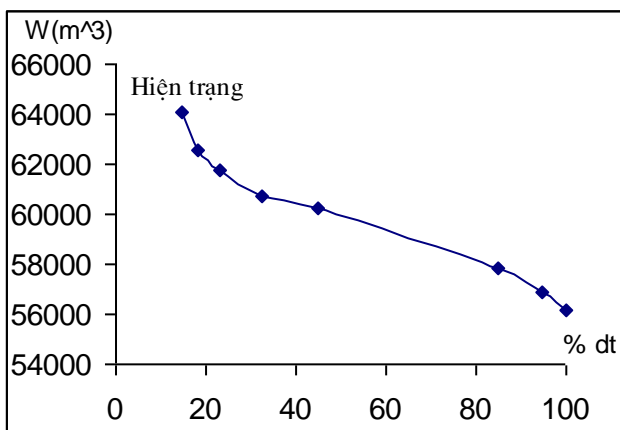
(a)

$Q_{max1} (m^3/s)$	% dt
6269.28	14.7
6251.59	18.4
6244.5	23.0
6223.22	32.3
6191.95	45.0
6036.52	85.1
5989.17	94.6
5966.19	100



(b)

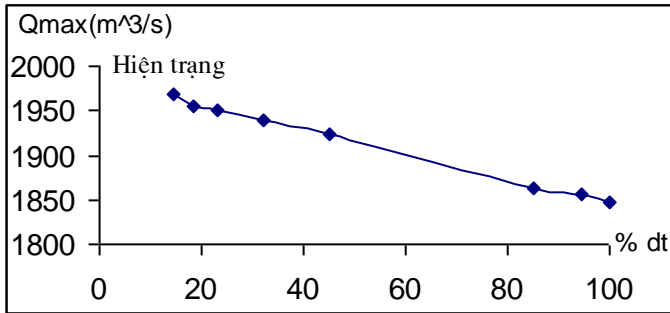
$Q_{max2} (m^3/s)$	% dt
5783.93	14.7
5761.38	18.4
5743.45	23.0
5697.15	32.3
5623.55	45.0
5248.96	85.1
5212.98	94.6
5190.15	100



(c)

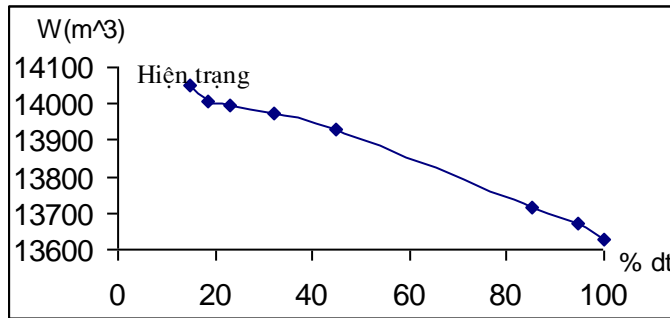
$W (m^3)$	% dt
64060.2	14.7
62580.5	18.4
61730.5	23.0
60696.0	32.3
60231.8	45.0
57842.0	85.1
56864.2	94.6
56161.4	100

Hình 3.21. Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ 1, (b) - đỉnh lũ 2, (c) - tổng lượng, 7h/20/10 – 19h/23/10-2001



$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s)	% dt
1967.75	14.7
1955.08	18.4
1950.35	23.0
1939.03	32.3
1923.27	45.0
1862.07	85.1
1856.26	94.6
1846.3	100

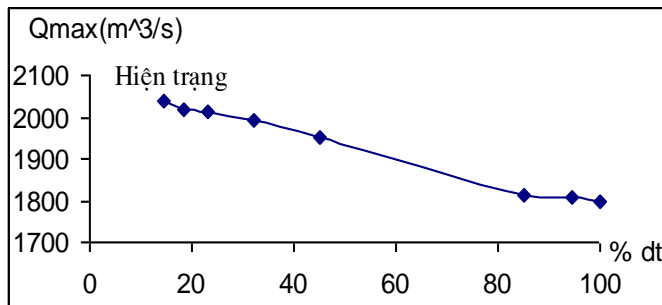
(a)



W (m <sup>3</sup> )	% dt
14049.14	14.7
14004.66	18.4
13998.06	23.0
13975.33	32.3
13931.8	45.0
13715.57	85.1
13668.97	94.6
13628.05	100

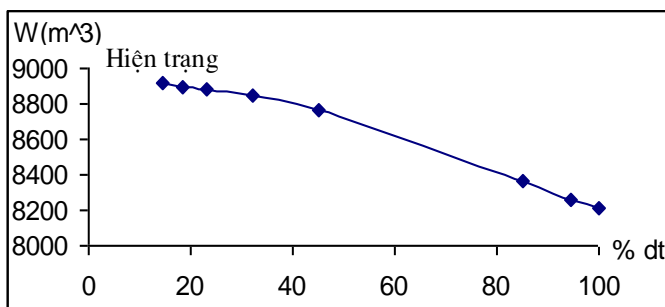
(b)

Hình 3.22. Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ, (b) - tổng lượng 1h/7/11 - 1h/10/11-2002



$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s)	% dt
2037.83	14.7
2018.05	18.4
2012.04	23.0
1990.36	32.3
1952.67	45.0
1814.20	85.1
1805.28	94.6
1800.00	100

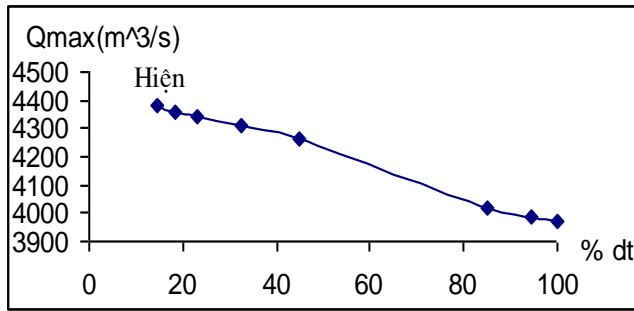
(a)



W (m <sup>3</sup> )	% dt
8914.34	14.7
8892.61	18.4
8876.58	23.0
8848.49	32.3
8764.99	45.0
8368.21	85.1
8258.94	94.6
8210.24	100

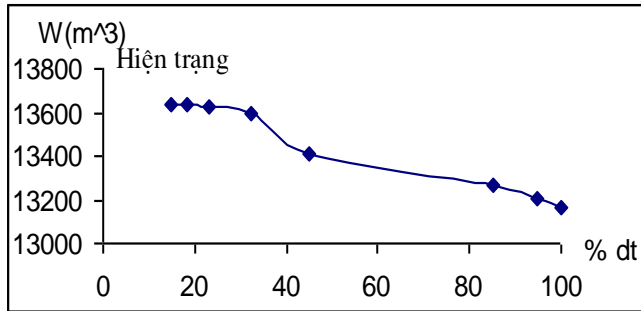
(b)

Hình 3.23. Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ, (b) - tổng lượng, 19h/2/10 - 13h/8/10-2003



Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	% dt
4382.81	14.7
4356.06	18.4
4341.33	23.0
4309.21	32.3
4259.55	45.0
4016.31	85.1
3986	94.6
3969.86	100

(a)



W (m <sup>3</sup> )	% dt
13635.43	14.7
13632.31	18.4
13629.18	23.0
13597.76	32.3
13412.89	45.0
13271.02	85.1
13200.32	94.6
13160.46	100

(b)

Hình 3.24. Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Thu Bồn, (a) - đỉnh lũ, (b) – tổng lượng, 7h/10/11 – 7h/18/11-2003

Bảng 3.2. So sánh đỉnh lũ (Q<sub>max</sub>)

Trận lũ	Q <sub>max</sub> rừng ban đầu (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>max</sub> 45% rừng (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>max</sub> giảm so với ban đầu (%)	Q <sub>max</sub> 85% rừng (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>max</sub> giảm so với ban đầu (%)
1	2125.03	1958.44	7.84	1684.65	20.72
2	14347.00	14071.01	1.92	1357.09	90.5
3	5167.75	4987.86	3.48	4740.00	8.28
4	6269.28	6191.95	1.23	6036.52	1.26
5	6306.21	6226.90	1.26	6196.00	1.75
6	1967.75	1923.27	1.26	1862.07	5.37
7	2037.83	1952.67	4.18	1814.20	10.97
8	4382.81	4259.55	2.81	4016.31	8.36
Trung bình			3.12		18.71

**Bảng 3.3. So sánh tổng l- ợng (W)**

Trận lũ	W rừng ban đầu (m <sup>3</sup> )	W 45% rừng (m <sup>3</sup> )	W giảm so với ban đầu (%)	W 100% rừng (m <sup>3</sup> )	W giảm so với ban đầu (%)
1	8444.93	8273.54	2.03	7795.76	7.69
2	21973.52	21545.71	1.95	20995.39	4.45
3	19174.50	19012.00	0.85	18586.81	3.06
4	64060.20	60231.80	5.98	56161.4	12.33
5	18819.76	13200.00	29.86	8300.00	55.90
6	14049.14	13931.80	0.84	13628.05	3.00
7	8914.34	8764.99	1.68	8210.24	7.90
8	13635.43	13412.89	1.63	13160.46	3.48
Trung bình			5.37		11.77

**Nhận xét:** Từ việc thay đổi hiện trạng rừng trên l- u vực sông Thu Bồn (hình 3.17 đến 3.24) ta thấy: khi tăng diện tích rừng trên l- u vực sông (từ 14.7% ban đầu lên 100%) dẫn đến tổng l- ợng và đỉnh lũ giảm xuống. Bởi vì khi diện tích rừng trên l- u vực tăng lên thì hệ số nhám trên bề mặt l- u vực tăng, hệ số CN giảm, (CN=70, n=0.4). Do đó, làm cho l- ợng tổn thất dòng chảy tăng lên, l- ợng m- a sinh dòng chảy mặt giảm xuống, thời gian xuất hiện đỉnh chậm hơn so với hiện tại, đỉnh lũ trở lên bệ hơn.

*\* Về đỉnh lũ:*

+ Tính trung bình cho cả tám trận thì đỉnh lũ giảm khoảng 3.12% với độ che phủ rừng đạt 45% và khoảng 18.7% với độ che phủ rừng đạt 85%.

+ Với riêng từng trận lũ: Có những trận đỉnh lũ giảm nhiều so với đỉnh lũ ở hiện trạng rừng ban đầu (trận 1: giảm 7.84% với độ che phủ rừng 45% và 20.72% với độ che phủ rừng 85%). Tuy nhiên cũng có những trận khi tăng diện tích rừng thì đỉnh lũ giảm không đáng kể (nh- trận 2, 4 và trận 5 đỉnh lũ giảm khoảng 1% với độ che phủ 45% và khoảng từ 1.7 - 3.5 %). Điều này có thể do nhiều nguyên nhân, một trong những nguyên nhân đó là việc tăng diện tích rừng ch- a tính đến những diện tích mà ở đó không trồng đ- ợc rừng hoặc ch- a nghiên cứu đến thời gian suất hiện lũ (lũ đầu mùa và cuối mùa). (Bảng 3.2).

*\* Về đỉnh lũ:*

+ Tính trung bình cho cả tám trận thì đỉnh lũ giảm khoảng 3.12% với độ che



phủ rừng đạt 45% và khoảng 18.7% với độ che phủ rừng đạt 85%.

+ Với riêng từng trận lũ: Có những trận đỉnh lũ giảm nhiều so với đỉnh lũ ở hiện trạng rừng ban đầu (trận 1: giảm 7.84% với độ che phủ rừng 45% và 20.72% với độ che phủ rừng 85%). Tuy nhiên cũng có những trận khi tăng diện tích rừng thì đỉnh lũ giảm không đáng kể (nh- trận 2, 4 và trận 5 đỉnh lũ giảm khoảng 1% với độ che phủ 45% và khoảng từ 1.7 - 3.5 %). Điều này có thể do nhiều nguyên nhân, một trong những nguyên nhân đó là việc tăng diện tích rừng ch- a tính đến những diện tích mà ở đó không trồng đ- ợc rừng hoặc ch- a nghiên cứu đến thời gian suốt hiện lũ (lũ đầu mùa và cuối mùa). (Bảng 3.1).

*\* Về tổng l- ợng:*

+ Khi tính trung bình cho cả tám trận lũ thì tổng t l- ợng cũng giảm khi tăng diện tích rừng trên l- u vực. Tổng l- ợng giảm khoảng 5.37% với độ che phủ rừng đạt 45% và 11.77% với độ che phủ rừng đạt 85%.

+ Với riêng từng trận lũ: Có những trận lũ khi ta tăng diện tích rừng thì tổng l- ợng lại giảm không đáng kể (nh- trận 2, 3 và trận 6 chỉ trên d- ới 1%). Nh- ng có những trận lũ thì tổng l- ợng lại thay đổi một cách đáng kể (khoảng 29% so với tổng l- ợng ban đầu với độ che phủ rừng đạt 45% và 55% với độ che phủ rừng đạt 85%). (Bảng 3.3).

Do vậy, tổng l- ợng dòng chảy và đỉnh lũ giảm xuống một cách rõ rệt (sự giảm đỉnh lũ và tổng l- ợng có thể không xuất hiện trong cùng trận lũ), điều này cho thấy việc tăng diện tích rừng tự nhiên trên l- u vực góp phần điều hòa dòng chảy trên l- u vực, làm giảm c- ờng độ và tần xuất lũ lụt trên l- u vực. Điều này rất phù hợp với lý thuyết về vai trò điều tiết của rừng.

### ***Kết luận***

Rừng đóng vai trò hết sức quan trọng trong quá trình hình thành dòng chảy và điều tiết lũ lụt, nhất là đối với các khu rừng đầu nguồn và rừng phòng hộ. Việc tăng diện tích rừng sẽ góp phần điều hòa dòng chảy trong năm, nó làm giảm dòng chảy mặt và tăng dòng chảy ngầm, từ đó dẫn đến làm giảm tổng l- ợng, đỉnh và thời gian xuất hiện lũ. Ngoài ra rừng còn góp phần vào việc chống xói mòn và rửa trôi trên bề mặt l- u vực, làm tăng độ phì nhiêu của đất và làm cân bằng hệ sinh thái trên l- u vực.

Do vậy, việc tăng diện tích rừng trên các l- u vực là một trong những biện pháp tích cực và có hiệu quả trong việc phòng chống thiên tai, lũ lụt và chống ô nhiễm môi tr- ờng nhất là những khu vực rừng đầu nguồn và rừng phòng hộ. Điều này càng quan

trọng đối với một n-óc nằm ở khu vực nhiệt đới gió mùa nóng ẩm quanh năm, l-ợng m-a bình quân t-ơng đối lớn (khoảng 1960 mm năm) và có hệ thống sông ngòi dày đặc với chế độ lũ diễn biến rất phức tạp từ bắc vào nam nh- n-óc ta.

Tuy nhiên do việc tăng diện tích che phủ của rừng ở đây đ-ợc tiến hành một cách cơ học, ch-a nghiên cứu kỹ những diện tích l-u vực không thể trồng rừng nên kết quả thể hiện ch-a đ-ợc rõ ràng lắm. Để nâng cao độ chính xác của việc thay đổi diện tích rừng thì ta cần nghiên cứu l-u vực một cách kỹ hơn.

## KẾT LUẬN

Khoá luận này đã thực hiện đ- ọc một số công việc sau:

1. B- ớc đầu tổng quan đ- ọc các mô hình toán, nhất là các mô hình m- a – dòng chảy để phục vụ sử dụng hợp lý tài nguyên đất và n- ớc trên l- u vực. Với việc phân tích - u nh- ọc của từng mô hình, khoá luận này lựa chọn mô phân tử hữu hạn sóng động học một chiều để thử nghiệm đánh giá việc sử dụng đất đến dòng chảy l- u vực sông Thu Bồn. Vì ph- ơng pháp có - u điểm là xét chi tiết từng phần tử trên l- u vực và có thể diễn toán dòng chảy từ m- a cho từng phần tử thông qua việc áp dụng mô hình sóng động học một chiều nên có thể đ- a đầy đủ hơn các thông tin về mặt đệm (tức là thông tin của hệ thống).
2. Đã tổng quan về các ph- ơng pháp tính thấm và tìm hiểu ph- ơng pháp SCS cũng nh- sự phát triển của ph- ơng pháp này trong các nghiên cứu [16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27].
3. Tìm hiểu về điều kiện địa lý tự nhiên trên l- u vực sông Thu Bồn, đặc điểm chung về địa hình địa mạo, địa chất thổ nh- ỡng, lớp phủ thực vật, mạng l- ới thủy văn và tình hình nghiên cứu.
4. Sử dụng bộ thông số đã đ- ọc tối - u hoá cho l- u vực sông Thu Bồn để đánh giá ảnh h- ưởng của việc khai thác l- u vực đến quá trình dòng chảy lũ trên l- u vực này. Với bộ thông số đã đ- ọc tối - u này, tiến hành kiểm chứng cho các kịch bản khác nhau về ảnh của đô thị hoá và ảnh h- ưởng của khai thác rừng đến dòng chảy lũ trên l- u vực sông Thu Bồn.
5. Khảo sát ảnh h- ưởng của đô thị hóa đến quá trình dòng chảy trên l- u vực sông Thu Bồn. Từ hiện trạng dân c- ban đầu trên l- u vực, tiến hành thay phần diện tích của các phần tử nằm dọc sông từ hạ l- u tới th- ượng l- u (thuận lợi về giao thông, địa hình t- ơng đối bằng phẳng) bằng phần diện tích đô thị hóa (với CN = 91 và n = 0.02). Sau khi thay đổi hệ số CN và hệ số nhám trung bình của phần tử trong file số liệu, tiến hành chạy mô hình, kết quả thu đ- ọc thể hiện trong các hình từ 3.9 đến 3.16 cho thấy, khi tăng diện tích đô thị hóa lên thì tổng l- ượng và đỉnh lũ tăng lên do tỷ lệ bề mặt không thấm tăng lên, làm tăng dòng chảy mặt và giảm dòng chảy ngầm, thời gian xuất hiện lũ tăng lên. Khi tỉ lệ diện tích đô thị hóa trên l- u vực v- ọt quá 20% so với diện tích l- u vực thì tổng l- ượng và đỉnh lũ tăng lên đột ngột. Từ kết quả này chúng tôi đ- a ra kiến nghị rằng để đảm bảo an toàn cho dân c- và

các công trình ở trên l-u vực thì tỉ lệ phát triển đô thị hóa trên l-u vực sông Thu Bồn không đ-ợc v-ợt quá 15 % diện tích.

6. Khảo sát ảnh h-ởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên l-u vực sông Thu Bồn. Từ diện tích rừng tự nhiên ban đầu, tiến hành tăng dần diện tích của chúng từ th-ợng l-u về hạ l-u trên l-u vực sông Thu Bồn. Kết quả đ-ợc thể hiện trong các hình từ 3.17 đến 3.24. Kết quả này cho thấy khi diện tích rừng tăng lên thì tổng l-ợng, đỉnh lũ giảm và thời gian xuất hiện chậm lại. Bởi vì khi tiến hành tăng diện tích rừng làm tăng hệ số nhám bề mặt l-u vực dẫn đến làm giảm dòng chảy mặt và tăng dòng chảy ngầm. Do vậy, rừng có vai trò rất quan trọng đối với quá trình dòng chảy trên l-u vực là góp phần điều hòa dòng chảy, làm c-ờng độ và thời gian xuất hiện các trận lũ giảm. Ngoài ra rừng còn góp phần chống xói mòn và rửa trôi trên bề mặt l-u vực, tăng độ phì nhiêu của đất và làm cân bằng hệ sinh thái. Đây là một biện pháp tích cực và có hiệu quả góp phần phòng chống lũ lụt trên các l-u vực sông.

Từ các minh chứng trên cho thấy bất cứ một tác động nào của con ng-ời lên bề mặt l-u vực cũng dẫn đến sự thay đổi quá trình dòng chảy. Do vậy để đảm bảo sự phát triển bền vững của tự nhiên cần cần trọng trong việc khai thác l-u vực, duy trì đ-ợc khả năng tái tạo của tự nhiên.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### 1. TIẾNG VIỆT

1. L- ong Tuấn Anh, 1996. *Một mô hình mô phỏng quá trình m-a – dòng chảy trên các l- u vực vừa và nhỏ ở Miền Bắc Việt Nam*. Luận án PTS Địa lý , Hà Nội.
2. *Bản đồ địa hình tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng*, 2000. Tổng cục Địa chính.
3. *Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng*, 2000. Tổng cục Địa chính.
4. *Bản đồ mạng l- ới thủy văn và phân bố các trạm khí t- ượng, thủy văn tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng*, 2000. Tổng cục Địa chính.
5. *Bản đồ rừng tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng*, 2000. Tổng cục Địa chính.
6. Nguyễn Văn C- và nnk., 1999. *Nghiên cứu hiện trạng, b- ớc 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.
7. Bùi Văn Đức, Vũ Văn Tuấn, L- ong Tuấn Anh, 2000. *Các mô hình toán về m- a - dòng chảy*. Giáo trình chuyên đề bậc tiến sĩ. Viện Khí t- ượng thủy văn, Hà Nội.
8. Phạm Quang Huy, 2004. *Đánh giá ảnh h- ưởng khai thác sử dụng đất đến dòng chảy lũ l- u vực sông Vệ và sông Trà Khúc bằng mô hình phân tử hữu hạn sóng động học và ph- ơng pháp SCS*. Khóa luận tốt nghiệp.
9. Nguyễn Hữu Khải, Nguyễn Thanh Sơn, 2003. *Mô hình toán thủy văn*, NXB ĐHQGHN, Hà Nội.
10. Nguyễn Thanh Sơn, L- ong Tuấn Anh, 2003. *áp dụng mô hình thủy động học các phân tử hữu hạn mô tả quá trình dòng chảy l- u vực*. Tạp chí khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, T.XIX, No1, Hà Nội.
11. Nguyễn Thanh Sơn, Ngô Chí Tuấn, 2004. *Kết quả mô phỏng lũ bằng mô hình sóng động học một chiều l- u vực sông Vệ*. Tạp chí khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, T.XIX, No1, Hà Nội.
12. Phạm Hồng Thái, *Ứng dụng mô hình phân tử hữu hạn sóng động học và ph- ơng pháp SCS mô phỏng quá trình m- a - dòng chảy l- u vực sông Thu Bồn - trạm Nông Sơn*. Khóa luận tốt nghiệp.
13. Ngô Chí Tuấn, 2003. *Ứng dụng mô hình phân tử hữu hạn sóng động học đánh giá tác động của sử dụng đất đến dòng chảy l- u vực sông Trà Khúc*. Khóa luận tốt nghiệp.
14. Trần Tuất, Nguyễn Đức Nhật, 1980. *Khái quát địa lý thủy văn sông ngòi Việt Nam*. Tổng cục KTTV.

15. Ven Techow, *Thủy văn ứng dụng*, Nhà xuất bản Giáo Dục – 1994.

## 2. TIẾNG ANH

16. Alish Pandey, V.M. Chowdary, B.C. Mal and P.P. Dabral; *Estimation of runoff agricultural watershed using SCS Curve Number and Geographic Information System*; Map India Conference 2003 @ Gisdevelopment.net, All rights reserved.
17. AndrzejCiepielowski<sup>1</sup>, Jo'zep Wo'jcik<sup>2</sup>, Kazimierz Banasik<sup>1</sup>. *Adaptation of unit hydrograph method to the conditions in Polish forests*.
18. Bofoyu, *Theoretial Justification of SCS method for runoff Estimation*; Journal of Irrigation and rainage engineering/ November/ December 1998.
19. BSE 472 – 2004, *Chaper III Runoff*.
20. Chanadana Gangodagamage; BSc. (Eng), PG Dip (Remote Sensing and GIS), AM (IESL); Arthur C Clarke Center for Modern Technologies. Katubedda, Sri Lanka. *Hydrological Modeling Using Remote Sensing and GIS*. Paper presented at the 22<sup>nd</sup> Asian Conference on Remote Sensing, 5 - 9 November 2001, Singapore.
21. E. Symeonakis, S. Koukoulas, A. Calvo – Cases, E. Armnau – Rosalen and I. makris. *A landuse change and land degradation study in Spain and Greece using remote sensing and GIS*. Commission VII, WG VII/4.
22. Fouad H. Jaber, Rabi H. mohtar\*. *Stability and accuracy of finite element schemes for the one-dimensional wave solution*. Advances in Water Resources (2002).
23. George E. Blandford and Michael E. Meadows. *Finita Element Simulation of Nonlinear Kinematic Surface Runoff*. Journal of Hydrology, 119 (1990) 335 – 356.
24. Lashman Nandagiri, *Callibrating Hydrological Models in unggaged Basins- Possible use of Areal Evapotran Siration Instead of Stream Flows*. Department of Applied Mechanics & Hydraulics National Institute of Technology Karnataka, Surathkal Srinivasnaga P.O, Karnataka, India 575025 (I and @ rocketmail.com).
25. Review DRAFT, *SCS Hydrologic Method*, September 2004. ISWM Dwsign Manual for Development/Redevelopment.
26. Steve W. Lyon, M. Todd Walter, Pierre Ge'rard – Marchant and Tammo S. Steenhuis\*. *Using a topographic index to distribute variable source area runoff predicted with the SCS curve-number equation*. Hydrological Processes, Hydro Process. 18, 2757-2771 (2004).
27. Tammos, Steenhuis, Michael Winchell, Tane Rossing, Tames A.Zollweg and Micheal F. Walter. *SCS runoff Equation Renisited for Variable- Source Runoff Areas*. Journal of Irrigation and Prainage engineering (Mary/ June 1995).

## PHỤ LỤC

### Phụ lục 1: M-a thời đoạn tại các trạm Nông Sơn, Giao Thủy, Hiệp Đức

+ M- a thời đoạn sáu giờ từ 1h ngày 17/X – 7h ngày 19/X năm 1999

Ngày	giờ	M- a		
		Nông Sơn	Giao Thủy	Hiệp Đức
17	1	24.3	43.6	10.5
	7	37.5	33.0	60.0
	13	9.7	7.2	36.2
	19	2.4	1.7	1.7
18	1	8.8	5.6	6.0
	7	3	1.7	1.8
	13	0		0.2
	19	0	0.4	0.5
19	1	1.5	4.7	0.3
	7	7.7	16.2	9.3

+ M- a thời đoạn sáu giờ từ 7h ngày 3/XII – 7h ngày 7/XII năm 1999

Ngày	Giờ	M- a		
		Nông Sơn	Giao Thủy	Hiệp Đức
3	7	43.5	92.4	23.0
	13	106.0	138.0	126.8
	19	211.7	28.7	207.8
4	1	71.9	6.5	109.2
	7	144.6	11.5	158.1
	13	56.5	2.0	29.6
	19	1.9		3.5
5	1	29.5	9.0	53.5
	7	55.6	5.1	66.1
	13	42.2	1.2	43.5
	19	13.4	3.1	18.3
6	1	14.0	10.6	15.0
	7	10.0	6.2	10.4
	13	7.2	1.3	9.8
	19	2.0	0.3	7.6
7	1	2.7	1.6	10.8
	7	2.1	1.0	4.6

+ M- a thời đoạn sáu giờ từ 7h ngày 28/X – 19h/30/X năm 2000

Ngày	Giờ	M- a		
		Nông Sơn	Giao Thủy	Hiệp Đức
28	7	58.9	131.0	60.3
	13	106.2	225.7	87.8
	19	242.5	23.7	91.0
29	1	2.6	1.2	
	7	2.1	0.4	6.0
	13	0.0		1.0
	19	0.0		
30	1	0.0	0.3	20.0
	7	0.5	1.0	0.0
	13	0.0		1.5
	19	1.6		

+ M- a thời đoạn sáu giờ từ 7h ngày 20/X – 19h ngày 23/X năm 2001

Ngày	Giờ	M- a		
		Nông Sơn	Giao Thủy	Hiệp Đức
20	7	77.2	73.2	101.5
	13	165.4	56.3	84.8
	19	1.1	0.2	2.5
21	1	36.3	12.7	24.5
	7	6.6	3.6	1.5
	13	14.3	0.4	18.0
	19	47.3	51.2	37.5
22	1	92.0	73.4	71.6
	7	54.4	18.8	37.5
	13	10.1	0.3	3.2
	19	0.0		0.5
23	1			
	7	0.3	3.3	
	13	0.0		0.7
	19	38.5	4.7	26.7

+ M- a thời đoạn sáu giờ từ 1h ngày 25/X – 19h ngày 27/X năm 2002

Ngày	Giờ	M- a		
		Nông Sơn	Giao Thủy	Hiệp Đức
25	1	32.5	28.3	13.5
	7	5.6	3.7	65.0
	13	38.1	2.1	
	19	106.0	28.2	221.9
26	1	11.3	45.6	
	7	12.2	8.7	14.1
	13	0.0	8.0	
	19	0.0	12.3	1.6
27	1	0.0	2.3	
	7	0.0		0.6
	13	0.0		
	19	0.8		0.0



+ M- a thời đoạn sáu giờ từ 1h/7/XI – 1h/10/XI năm 2002

Ngày	Giờ	M- a		
		Nông Sơn	Giao Thủy	Hiệp Đức
7	1	23.6	8.5	
	7	2.1	3.8	39.5
	13	9.3	18.7	
	19	21.1	7.4	57.3
8	1	0.8	0.3	
	7	0.2	0.4	1.2
	13	0		
	19	0	0.7	
9	1	0		
	7	2.4		0.0
	13	0		
	19	0	0.2	2.0
10	1	0	1.2	

+ M- a thời đoạn sáu giờ từ 19h ngày 2/X – 13h ngày 5/X năm 2003

Ngày	Giờ	M- a		
		Nông Sơn	Giao Thủy	Hiệp Đức
2	19	20.8	5.2	28.3
3	1	11.4	9.0	
	7	27.8	47.7	50.4
	13	34.9	23.4	
	19	7.8	1.4	67.9
4	1			
	7		0.3	2.2
	13		2.0	
	19	9.0	0.4	2.1
5	7	6.0		
	13	2.5	1.0	8.4
	19	0.0		

+ M- a thời đoạn sáu giờ từ 7h ngày 10/XI – 7h ngày 18/XI năm 2003

Ngày	Giờ	M- a		
		Nông Sơn	Giao Thủy	Hiệp Đức
10	7	0.0	5.2	0.0
	13	9.4	6.7	
	19	3.3	1.6	14.1
11	1	13.3	29.3	
	7	29.5	16.8	51.8
	13	0.1	0.2	
	19	1.8	0.3	10.0
12	1	1.5		
	7	2.6	0.4	2.7
	13	14.8	1.5	
	19	19.4	9.2	28.0
13	1	7.5	5.3	
	7	20.2	7.2	10.1
	13	10.3	1.4	
	19	14.9	8.3	8.2
14	1	38.0	29.7	
	7	74.4	16.5	86.5
	13	16.4	9.7	
	19	1.8		14.5
15	1	0.0		
	7	6.3	5.3	3.0
	13	0.0		
	19			0.7
16	1			
	7			
	13			
	19			
17	1			
	7		1.4	
	13	1.2	2.0	
	19	7.6	4.4	2.9
18	1	0.8	1.4	
	7		2.1	0.3

**Phụ lục 2: Lưu lượng của tám trận lũ theo giờ tại trạm Nông Sơn**

Tg (h)	Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>5</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>6</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>7</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>8</sub> (m <sup>3</sup> /s)
6	234	2460	858	1250	261	663	224	193
12	342	3760	1200	3000	604	783	283	310
18	1100	7660	2490	5800	2070	922	321	380
24	2140	10450	5310	6130	6350	1010	589	600
30	1710	14400	3390	3600	3710	1170	1200	750
36	1270	8760	2000	2790	2530	1860	1990	1480
42	940	7050	1470	4990	1660	1680	1090	2620
48	730	5250	1250	8600	1230	1460	740	4510
54	580	5300	1150	6180	964	1220	545	2900
60	480	7450	934	4800	809	1050	448	1470
66		7130	840	3320	710	934	378	820
72		5620		2130	641	841	341	560
78		4280		1490		782		360
84		3430		1120		746		360
90		2910		937				330
96		2640						200
102		2530						

Trong đó:

Q<sub>1</sub> là lưu lượng của trận lũ từ 1h ngày 17/X – 7h ngày 19/X năm 1999.

Q<sub>2</sub> là lưu lượng của trận lũ từ 7h ngày 3/XII – 7h ngày 7/XII năm 1999.

Q<sub>3</sub> là lưu lượng của trận lũ từ 7h ngày 28/X – 19h/30/X năm 2000.

Q<sub>4</sub> là lưu lượng của trận lũ từ 7h ngày 20/X – 19h ngày 23/X năm 2001.

Q<sub>5</sub> là lưu lượng của trận lũ từ 1h ngày 25/X – 19h ngày 27/X năm 2002.

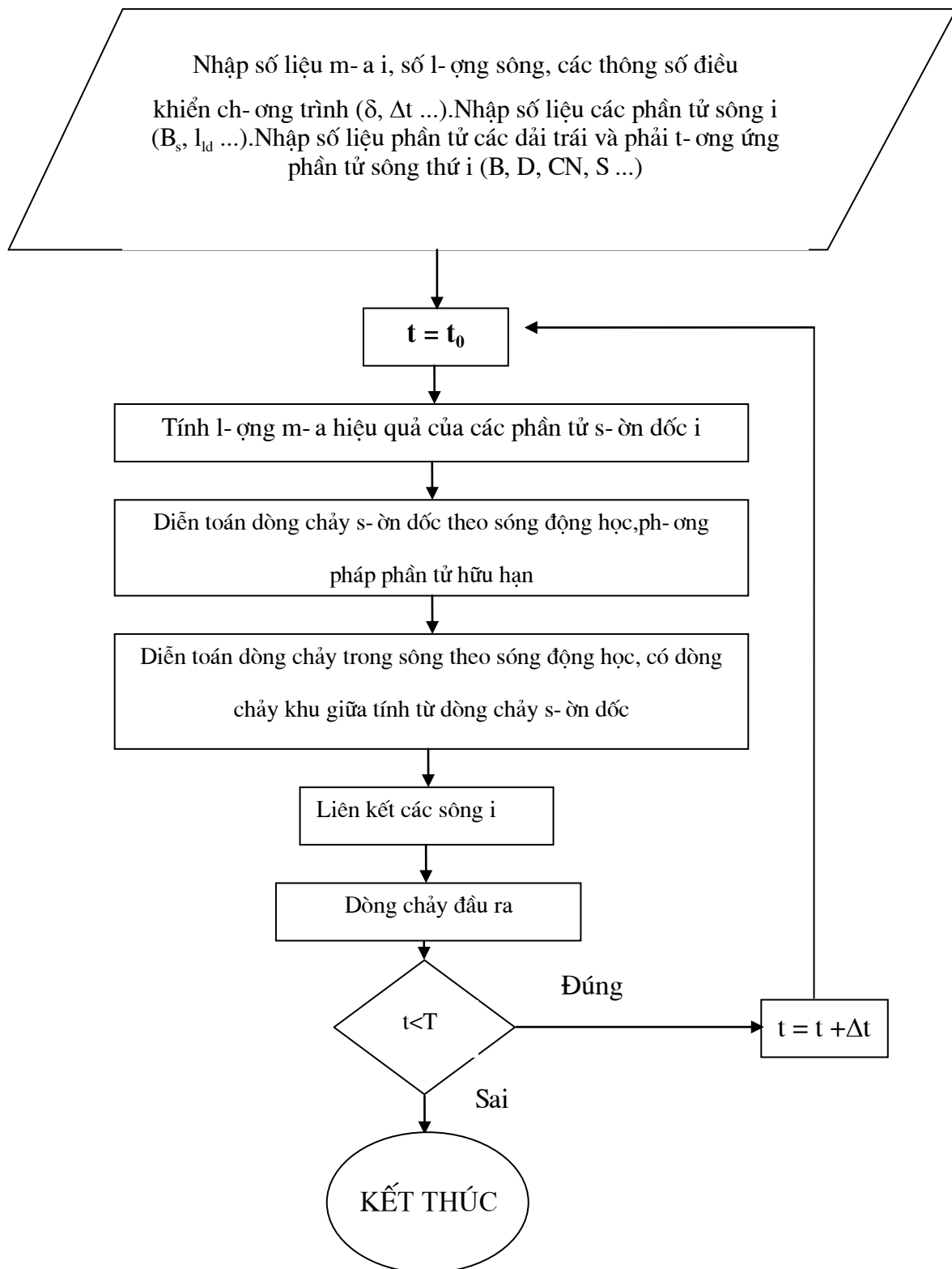
Q<sub>6</sub> là lưu lượng của trận lũ từ 1h ngày 7/XI – 1h ngày 10/XI năm 2002.

Q<sub>7</sub> là lưu lượng của trận lũ từ 19h ngày 2/X – 13h ngày 5/X năm 2003.

Q<sub>8</sub> là lưu lượng của trận lũ từ 7h ngày 10/XI – 7h ngày 18/XI năm 2003.

### Phụ lục 3: Chương trình tính và file số liệu

#### \* Chương trình tính (sơ đồ khối)



Hình3.4. Sơ đồ khối của ch- ợng trình mô phỏng dòng chảy theo ph- ợng pháp phần tử hữu hạn sóng động học

**\* File số liệu**

25 0.0001 20 11 60 100 2  
 0 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60  
 0 10.5 70.5 106.7 108.4 114.4 116.2 116.4 116.9 117.2 126.5  
 1 song1 (song 1 trong ban do) so dai  
 0 song do vao  
 20 do rong cua song ung voi tung dai  
 1.5 do doc mai kenh  
 16700 chieu dai doan long dan cua dai  
 0.1257 do doc doan long dan cua dai  
 1 so phan tu trai  
 1 so phan tu phai  
 0.06 do nham song  
 12174.36 chieu rong left cua cac phan tu thuoc dai 1  
 11558.82 chieu rong right cua cac phan tu thuoc dai 1  
 3900 chieu dai left cua cac phan tu thuoc dai 1  
 1700 chieu dai right cua cac phan tu thuoc dai 1  
 0.352 he so nham left cua cac phan tu thuoc dai 1  
 0.348 he so nham right cua cac phan tu thuoc dai 1  
 77 he so CN left cua dai 1  
 77 he so CN right cua dai 1  
 0.4116 do doc left cua cac phan tu thuoc dai 1  
 0.4301 do doc right cua cac phan tu thuoc dai 1  
 2 song2 (song2 trong ban do) so dai  
 0 so song do vao song 2  
 20 25 chieu rong cua song ung voi tung dai  
 1.5 1.5 do doc mai kenh  
 9600 7600 chieu dai doan long dan cua dai  
 0.099 0.0329 do doc doan long dan cua dai  
 1 1 so phan tu trai  
 1 1 so phan tu phai  
 0.08 0.07 he so nham long song  
 5659.02 do rong pt trai dai 1  
 6630.3 phai  
 6100 chieu dai pt trai dai 1  
 3300 phai  
 0.331 do nham pt trai dai 1  
 0.334 phai  
 71.13 CN pt trai dai 1  
 66.15 phai  
 0.3491 do doc pt trai dai 1  
 0.3491 phai  
 4860 rong trai 2  
 6388.89 rong phai 2  
 9000 dai trai 2  
 3600 dai phai 2  
 0.34 nham trai 2  
 0.311 nham phai 2  
 75.63 CN trai 2  
 71.31 CN phai 2  
 0.3958 doc trai 2  
 0.339 doc phai 2  
 1 song3 (song3 trong ban do) so dai  
 2  
 1 2 song do vao  
 30 do rong cua song ung voi tung dai  
 1.5 do doc mai kenh  
 11100 chieu dai doan long dan  
 0.0108 do doc doan long dan  
 1 so phan tu trai

1	so phan tu phai
0.07	do nham long song
7000	rong pt trai dai 1
7252	phai 1
2500	dai pt trai dai 1
2500	phai 1
0.3	nham pt trai dai 1
0.306	phai dai 1
72.5	CN pt trai dai 1
74.7	phai 1
0.3233	do doc pt trai dai 1
0.2454	phai dai 1
1	song 4 ( song4 trong ban do)
0	
35	
1.5	
12000	
0.1433	
1	
1	
0.08	
9342.86	
8195.78	
2100	
7100	
0.331	
0.352	
70.7	
75.6	
0.4812	
0.4859	
1	song 5 (song5 trong ban do)
2	
3 4	
35	
1.5	
2000	
0.065	
1	
1	
0.08	
1763.13	
976.36	
1600	
1100	
0.3	
0.3	
65.14	
65.38	
0.3491	
0.3491	
2	song 6 (song6 trong ban do)
0	
30 35	
1.5 1.5	
7500 10100	
0.1093 0.0327	
1 1	
1 1	
0.09 0.08	
4633.33	
5812.9	

3000  
3100  
0.392  
0.319  
66.83  
68.71  
0.3465  
0.3402  
5487  
5150  
5400  
6600  
0.338  
0.31  
67.32  
67.17  
0.227  
0.3069  
2 song 7 (song 7 trong ban do)  
2  
5 6  
35 40  
1.5 1.5  
6100 7300  
0.0082 0.0007  
2 2  
1 1  
0.08 0.07  
6371.93 6027.94  
5339.394  
5700 6800  
3300  
0.307 0.316  
0.344  
71.26 68.01  
68.01  
0.357 0.3573  
0.349  
5262.963 5815  
6345.33  
2700 4000  
1500  
0.327 0.367  
0.3  
75.96 70.11  
67.11  
0.3491 0.3491  
0.3491  
1 song 8 (song 8 trong ban do)  
0  
35  
1.5  
18800  
0.0481  
1  
1  
0.08  
12100  
17142.31  
2600  
2600  
0.373

0.35  
 67.93  
 68.2  
 0.3491  
 0.3491  
 1 song 9 (song 9 trong ban do)  
 2  
 7 8  
 40  
 1.5  
 2400  
 0.0021  
 1  
 1  
 0.09  
 1529.524  
 1691.923  
 2100  
 2600  
 0.3  
 0.3  
 67.81  
 66.03  
 0.3491  
 0.3491  
 2 song 10 (song 10 trong ban do)  
 0  
 40 45  
 1.5 1.5  
 11600 9800  
 0.0724 0.0173  
 1 1  
 1 1  
 0.1 0.09  
 6068.6  
 9560.38  
 8600  
 5300  
 0.357  
 0.365  
 74.66  
 75.74  
 0.3491  
 0.3491  
 8481.58  
 7768.75  
 3800  
 3200  
 0.315  
 0.322  
 69.47  
 74.65  
 0.3491  
 0.3491  
 1 song11 (song11 trong ban do) so dai  
 2  
 9 10 so song do vao song11  
 45 chieu rong cua song ung voi tung dai  
 1.5 do doc mai kenh  
 4600 chieu dai doan long dan cua dai  
 0.0011 do doc doan long dan cua dai  
 1 so phan tu trai



1		so phan tu phai
0.07		he so nham long song
3689.65		do rong pt trai dai 1
2877.06		phai
2900		chieu dai pt trai dai 1
1700		phai
0.3		do nham pt trai dai 1
0.3		phai
71.01		CN pt trai dai 1
66.49		phai
0.3491		do doc pt trai dai 1
0.3491		phai
1	song12 (song12 trong ban do)	so dai
0		so song do vao song 12
30		chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5		do doc mai kenh
15300		chieu dai doan long dan cua dai
0.0389		do doc doan long dan cua dai
1		so phan tu trai
1		so phan tu phai
0.07		he so nham long song
12634.62		do rong pt trai dai 1
9964.86		phai
2600		chieu dai pt trai dai 1
3700		phai
0.35		do nham pt trai dai 1
0.307		phai
68.08		CN pt trai dai 1
68.18		phai
0.3513		do doc pt trai dai 1
0.3779		phai
1	song13 (song13 trong ban do)	so dai
2		
11 12		so song do vao song 13
40		chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5		do doc mai kenh
3100		chieu dai doan long dan cua dai
0.0016		do doc doan long dan cua dai
1		so phan tu trai
1		so phan tu phai
0.08		he so nham long song
1428.57		do rong pt trai dai 1
2497.92		phai
2800		chieu dai pt trai dai 1
4800		phai
0.3		do nham pt trai dai 1
0.3		phai
72.35		CN pt trai dai 1
74.62		phai
0.4654		do doc pt trai dai 1
0.4868		phai
2	song14 (song14 trong ban do)	so dai
0		so song do vao song 14
30 35		chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5 1.5		do doc mai kenh
7500 9400		chieu dai doan long dan cua dai
0.0667 0.0021		do doc doan long dan cua dai
1 1		so phan tu trai
1 1		so phan tu phai
0.08 0.07		he so nham long song
6175.5		do rong pt trai dai 1
4983.5		phai

4500	chieu dai pt trai dai 1
10300	phai
0.308	do nham pt trai dai 1
0.303	phai
71.94	CN pt trai dai 1
72.12	phai
0.3491	do doc pt trai dai 1
0.3825	phai
4733.96	rong trai 2
7473.77	rong phai 2
5300	dai trai 2
6100	dai phai 2
0.347	nham trai 2
0.31	nham phai 2
77	CN trai 2
74.14	CN phai 2
0.3492	doc trai 2
0.3499	doc phai 2
1	song15 (song15 trong ban do) so dai
2	
13 14	so song do vao song 15
45	chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5	do doc mai kenh
7000	chieu dai doan long dan cua dai
0.0007	do doc doan long dan cua dai
1	so phan tu trai
1	so phan tu phai
0.07	he so nham long song
5759.3	do rong pt trai dai 1
2901.9	phai
2700	chieu dai pt trai dai 1
1600	phai
0.31	do nham pt trai dai 1
0.3	phai
77.07	CN pt trai dai 1
75.2	phai
0.3617	do doc pt trai dai 1
0.3602	phai
3	song16 (song16 trong ban do) so dai
0	so song do vao song 16
30 35 40	chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5 1.5 1.5	do doc mai kenh
12600 5400 8300	chieu dai doan long dan cua dai
0.0325 0.0074 0.0066	do doc doan long dan cua dai
1 1 1	so phan tu trai
1 1 1	so phan tu phai
0.09 0.08 0.07	he so nham long song
8438.2	do rong pt trai dai 1
7418.7	phai
3400	chieu dai pt trai dai 1
4800	phai
0.317	do nham pt trai dai 1
0.3	phai
68.75	CN pt trai dai 1
70.54	phai
0.5237	do doc pt trai dai 1
0.5041	phai
7078.95	rong trai 2
3690.2	rong phai 2
7600	dai trai 2
5100	dai phai 2
0.345	nham trai 2

0.307	nham phai 2
69.4	CN trai 2
72.9	CN phai 2
0.5129	doc trai 2
0.4778	doc phai 2
6187	rong trai 3
4090.9	rong phai 3
7700	dai trai 3
5500	dai phai 3
0.317	nham trai 3
0.3	nham phai 3
72.88	CN trai 3
70.65	CN phai 3
0.4695	doc trai 3
0.492	doc phai 3
3	song17 (song17 trong ban do) so dai
2	so song do vao song 17
15 16	
35 40 45	chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5 1.5 1.5	do doc mai kenh
10500 10400 13400	chieu dai doan long dan cua dai
0.0005 0.0005 0.0004	do doc doan long dan cua dai
1 1 1	so phan tu trai
1 2 2	so phan tu phai
0.07 0.08 0.09	he so nham long song
22438.89	do rong pt trai dai 1
6872.97	phai
1800	chieu dai pt trai dai 1
7400	phai
0.323	do nham pt trai dai 1
0.309	phai
76.14	CN pt trai dai 1
69.85	phai
0.4507	do doc pt trai dai 1
0.4912	phai
6714.28	rong trai 2
6846.67 7635.3	rong phai 2
5600	dai trai 2
7500 5100	dai phai 2
0.327	nham trai 2
0.3 0.319	nham phai 2
73.45	CN trai 2
72.98 65.09	CN phai 2
0.4945	doc trai 2
0.4064 0.5117	doc phai 2
6482.14	rong trai 3
4738.9 6706.7	rong phai 3
5600	dai trai 3
5400 6000	dai phai 3
0.322	nham trai 3
0.316 0.337	nham phai 3
71.53	CN trai 3
72.93 72.11	CN phai 3
0.292	doc trai 3
0.3444 0.2423	
4	song18 (song18 trong ban do) so dai
0	so song do vao song 18
30 35 40 45	chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5 1.5 1.5 1.5	do doc mai kenh
26800 8800 8500 7800	chieu dai doan long dan cua dai
0.0116 0.0011 0.0012 0.0013	do doc doan long dan cua dai
5 1 1 1	so phan tu trai

1 1 1 1	so phan tu phai
0.09 0.08 0.07 0.07	he so nham long song
20077.27 20779.31 22848.39 21236.36 15666.67	do rong pt trai dai 1
13010.34	phai
2200 2900 3100 2200 3300	chieu dai pt trai dai 1
5800	phai
0.3 0.3 0.306 0.311 0.312	do nham pt trai dai 1
0.312	phai
71.39 73.09 72.71 73.13 73.85	CN pt trai dai 1
74.26	phai
0.4297 0.4033 0.3623 0.3493 0.3647	do doc pt trai dai 1
0.3703	phai
8710.9	rong trai 2
8041	rong phai 2
5500	dai trai 2
9500	dai phai 2
0.312	nham trai 2
0.313	nham phai 2
75.03	CN trai 2
75.02	CN phai 2
0.4735	doc trai 2
0.3747	doc phai 2
5577.55	rong trai 3
9998.6	rong phai 3
4900	dai trai 3
7000	dai phai 3
0.346	nham trai 3
0.316	nham phai 3
69.46	CN trai 3
70.48	CN phai 3
0.3327	doc trai 3
0.3574	
4559.26	rong trai 4
7296.15	rong phai 4
2700	dai trai 4
5200	dai phai 4
0.34	nham trai 4
0.303	nham phai 4
68.24	CN trai 4
74.69	CN phai 4
0.3407	doc trai 4
0.46	
1	song19 (song19 trong ban do) so dai
2	
17 18	so song do vao song 2
45	chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5	do doc mai kenh
8400	chieu dai doan long dan cua dai
0.0006	do doc doan long dan cua dai
1	so phan tu trai
1	so phan tu phai
0.08	he so nham long song
4282.2	do rong pt trai dai 1
9120.3	phai
4500	chieu dai pt trai dai 1
7400	phai
0.307	do nham pt trai dai 1
0.302	phai
71.91	CN pt trai dai 1
73.98	phai
0.4171	do doc pt trai dai 1
0.2749	phai

3 song20 (song20 trong ban do) so dai  
 0 so song do vao song 20  
 25 30 35 chieu rong cua song ung voi tung dai  
 1.5 1.5 1.5 do doc mai kenh  
 12600 8600 6300 chieu dai doan long dan cua dai  
 0.0317 0.0023 0.0024 do doc doan long dan cua dai  
 1 1 1 so phan tu trai  
 4 2 2 so phan tu phai  
 0.08 0.07 0.07 he so nham long song  
 8136.6 do rong pt trai dai 1  
 7057.4 8190.6 10095.8 8824.53 phai  
 4100 chieu dai pt trai dai 1  
 4700 3200 4800 5300 phai  
 0.315 do nham pt trai dai 1  
 0.318 0.307 0.311 0.308 phai  
 75.04 CN pt trai dai 1  
 70.24 72.13 71.06 72.64 phai  
 0.3491 do doc pt trai dai 1  
 0.461 0.3759 0.3754 0.369 phai  
 6922.97 rong trai 2  
 7186.96 6922.39 rong phai 2  
 7400 dai trai 2  
 4600 6700 dai phai 2  
 0.301 nham trai 2  
 0.315 0.304 nham phai 2  
 76.78 CN trai 2  
 72.13 75.49 CN phai 2  
 0.3491 doc trai 2  
 0.4469 0.3757 doc phai 2  
 4788.64 rong trai 3  
 5352.27 5789.87 rong phai 3  
 4400 dai trai 3  
 8800 7900 dai phai 3  
 0.3 nham trai 3  
 0.331 0.326 nham phai 3  
 72.2 CN trai 3  
 73.33 74.09 CN phai 3  
 0.3491 doc trai 3  
 0.516 0.4735 doc phai 3  
 1 song21 (song21 trong ban do) so dai  
 2  
 19 20 so song do vao song 2  
 45 chieu rong cua song ung voi tung dai  
 1.5 do doc mai kenh  
 12700 chieu dai doan long dan cua dai  
 0.0004 do doc doan long dan cua dai  
 1 so phan tu trai  
 1 so phan tu phai  
 0.07 he so nham long song  
 6443.64 do rong pt trai dai 1  
 8774.5 phai  
 5500 chieu dai pt trai dai 1  
 5500 phai  
 0.307 do nham pt trai dai 1  
 0.302 phai  
 73.33 CN pt trai dai 1  
 74.34 phai  
 0.3493 do doc pt trai dai 1  
 0.3686 phai  
 2 song22 (song22 trong ban do) so dai  
 0 so song do vao song 22  
 35 40 chieu rong cua song ung voi tung dai

1.5 1.5	do doc mai kenh
10200 10300	chieu dai doan long dan cua dai
0.0461 0.0029	do doc doan long dan cua dai
1 1	so phan tu trai
2 1	so phan tu phai
0.08 0.07	he so nham long song
4056.1	do rong pt trai dai 1
5922.22 5194.3	phai
4100	chieu dai pt trai dai 1
5400 3500	phai
0.331	do nham pt trai dai 1
0.338 0.357	phai
75.04	CN pt trai dai 1
72.78 69.91	phai
0.5237	do doc pt trai dai 1
0.5207 0.4804	phai
8024.4	rong trai 2
8370	rong phai 2
4100	dai trai 2
3000	dai phai 2
0.319	nham trai 2
0.345	nham phai 2
75.24	CN trai 2
70.21	CN phai 2
0.3796	doc trai 2
0.3499	doc phai 2
1 song23 (song23 trong ban do)	so dai
2	
21 22	so song do vao song 2
50	chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5	do doc mai kenh
5100	chieu dai doan long dan cua dai
0.001	do doc doan long dan cua dai
1	so phan tu trai
1	so phan tu phai
0.07	he so nham long song
3381.9	do rong pt trai dai 1
2939.3	phai
2100	chieu dai pt trai dai 1
2900	phai
0.347	do nham pt trai dai 1
0.35	phai
76.28	CN pt trai dai 1
74.17	phai
0.5231	do doc pt trai dai 1
0.5237	phai
3 song24 (song24 trong ban do)	so dai
0	so song do vao song 24
35 40 45	chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5 1.5 1.5	do doc mai kenh
10200 6200 3800	chieu dai doan long dan cua dai
0.0216 0.0177 0.0066	do doc doan long dan cua dai
1 1 1	so phan tu trai
2 1 1	so phan tu phai
0.08 0.07 0.07	he so nham long song
6471.05	do rong pt trai dai 1
6022.86 7846.15	phai
3800	chieu dai pt trai dai 1
3500 6500	phai
0.311	do nham pt trai dai 1
0.317 0.315	phai
72.7	CN pt trai dai 1

68.92	70.2	phai
0.5237		do doc pt trai dai 1
0.5237	0.5072	phai
3475		rong trai 2
3912.9		rong phai 2
5200		dai trai 2
3100		dai phai 2
0.3		nham trai 2
0.302		nham phai 2
74.22		CN trai 2
75.3		CN phai 2
0.5237		doc trai 2
0.4708		doc phai 2
3043.6		rong trai 3
2883.75		rong phai 3
3900		dai trai 3
1600		dai phai 3
0.318		nham trai 3
0.349		nham phai 3
73.96		CN trai 3
75.97		CN phai 3
0.5237		doc trai 3
0.5237		doc phai 3
1	song25 (song25 trong ban do)	so dai
2		
23	24	so song do vao song 25
50		chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5		do doc mai kenh
6400		chieu dai doan long dan cua dai
0.0008		do doc doan long dan cua dai
1		so phan tu trai
1		so phan tu phai
0.07		he so nham long song
4080		do rong pt trai dai 1
5748.05		phai
3500		chieu dai pt trai dai 1
7700		phai
0.333		do nham pt trai dai 1
0.333		phai
74.64		CN pt trai dai 1
73.9		phai
0.5232		do doc pt trai dai 1
0.4451		phai