

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**  
**TR- ỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

**ĐOÀN MẠNH HÙNG**

**KHOÁ LUẬN TỐT NGHIỆP**  
**CỬ NHÂN KHOA HỌC HỆ CHÍNH QUY NGÀNH THỦY VĂN HỌC**

**MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH M- A - DÒNG CHẢY**  
**TRÊN L- U VỰC SÔNG THU BỒN - TRẠM NÔNG**  
**SƠN BẰNG 1DKWM- FEM &SCS**

**HÀ NỘI- 2007**

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

**KHOÁ LUẬN TỐT NGHIỆP**  
**CỬ NHÂN KHOA HỌC HỆ CHÍNH QUY NGÀNH THỦY VĂN HỌC**

**MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH M- A - DÒNG CHẢY**  
**TRÊN L- U VỰC SÔNG THU BỒN - TRẠM NÔNG**  
**SƠN BẰNG 1DKWM- FEM &SCS**

**Người hướng dẫn: Nguyễn Thanh Sơn**  
**Người thực hiện: Đoàn Mạnh Hùng**

**HÀ NỘI- 2007**

## MỤC LỤC

<b>Lời nói đầu</b> .....	03
<b>Ch- ơng 1: Đặc điểm địa lý tự nhiên l- u vực sông Thu Bồn</b> .....	04
1.1 Vị trí địa lý.....	04
1.2 Địa hình.....	04
1.3 Địa chất, thổ nh- ỡng.....	04
1.4 Thảm thực vật.....	07
1.5 Khí hậu.....	07
1.6 Mạng l- ới sông suối và tình hình lũ lụt.....	11
<b>Ch- ơng 2: Tổng quan các mô hình m- a - dòng chảy</b> .....	14
2.1 Các mô hình m- a - dòng chảy.....	14
2.2 Các ph- ơng pháp tính thấm.....	22
2.3 Mô hình sóng động học một chiều - ph- ơng pháp phần tử hữu hạn.....	25
2.4 Ph- ơng pháp SCS và phát triển.....	34
<b>Ch- ơng 3: Áp dụng mô hình sóng động học một chiều - ph- ơng pháp phần tử hữu hạn và SCS mô phỏng quá trình m- a - dòng chảy l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn</b> .....	36
3.1 Tình hình số liệu.....	36
3.2 Xây dựng bộ thông số mô hình sóng động học một chiều trên l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn.....	37
3.3 Ứng dụng mô hình sóng động học một chiều - ph- ơng pháp phần tử hữu hạn và SCS mô phỏng lũ trên l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn .....	45
<b>Kết luận</b> .....	61
<b>Tài liệu tham khảo</b> .....	62
<b>Phụ lục</b> .....	63

## LỜI NÓI ĐẦU

Lũ lụt luôn là vấn đề rất quan trọng và đặc biệt quan tâm trong số các thiên tai do thiên nhiên gây ra. Nó ảnh hưởng lớn đến đời sống vật chất, tinh thần của con người. Mỗi trận lũ có thể thiệt hại hàng ngàn tỷ đồng. Đặc biệt, lũ lụt miền Trung nước ta diễn ra vô cùng ác liệt, phức tạp, khó lường vì những lưu vực sông ở đây cao, sông ngắn, và dốc. Hàng năm mỗi một lưu vực sông ở đây lũ lụt thường diễn ra nhiều, trung bình từ 4 - 5 trận lũ nên mô hình toán thường được áp dụng phục vụ mô phỏng, dự báo lũ trên các sông.

Trong mô hình toán được chia làm hai loại là mô hình tất định và mô hình ngẫu nhiên. Mô hình ngẫu nhiên yêu cầu số liệu nhiều và lưu vực sông Thu Bồn không đáp ứng đầy đủ về yêu cầu số liệu nên trong khóa luận dùng mô hình tất định. Trong mô hình tất định có mô hình thông số phân bố và mô hình thông số tập trung. Mô hình thông số tập trung cũng được áp dụng trên những lưu vực sông miền Trung của nước ta (Mô hình TANK đơn, SSARR...). Tuy nhiên, mô hình thông số tập trung không phản ánh hết những biến đổi từng nơi trên bề mặt lưu vực. Đó chính là lý do để chọn mô hình tất định với thông số phân phối - nó phản ánh được những biến đổi từng khu vực trên bề mặt lưu vực. Trong số các mô hình toán thủy văn thì mô hình thủy động lực có cơ sở vật lý nhất, đặc biệt đối với các lưu vực sông miền Trung, nói chung và lưu vực sông Thu Bồn, nói riêng. Và mô hình sóng động học một chiều mang đầy đủ những điều kiện trên.

Một mô hình thủy động lực học tốt là mô hình mô phỏng chính xác quá trình vận chuyển và quá trình thấm. Và mô hình sóng động học một chiều - phương pháp phân tử hữu hạn mô phỏng tốt quá trình vận chuyển chất lỏng trên sườn dốc và trong lòng dẫn (đã được nói đến ở nhiều tài liệu) [2]. Còn phương pháp SCS thì mô phỏng tốt quá trình thấm trên bề mặt lưu vực. Những điều kiện trên là lý do để chọn đề tài mô phỏng lũ trên lưu vực sông Thu Bồn bằng mô hình sóng động học một chiều - phương pháp phân tử hữu hạn và phương pháp SCS.

Cuối cùng, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến thầy Th.S Nguyễn Thanh Sơn đã chỉ bảo tận tình trong quá trình em làm khóa luận, các thầy cô trong bộ môn Thủy văn khoa Khí tượng Thủy văn Hải dương học, anh Ngô Chí Tuấn và các bạn đã giúp đỡ em hoàn thành khóa luận này.

# CH- ƠNG 1

## ĐẶC ĐIỂM ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN

### L- U VỰC SÔNG THU BỒN TRẠM NÔNG SƠN

#### 1.1 VỊ TRÍ ĐỊA LÝ

L- u vực sông Thu Bồn nằm trong khoảng từ  $14^{\circ}54'31''$  đến  $15^{\circ}45'11''$  độ vĩ Bắc và  $107^{\circ}50'10''$  đến  $108^{\circ}28'29''$  độ kinh Đông (Phạm Hồng Thái, 2004). Phần lớn l- u vực sông thuộc tỉnh Quảng Nam và một phần thuộc thành phố Đà Nẵng, phía tây giáp với dãy Tr- ờng Sơn, phía tây nam giáp tỉnh Kom Tum, phía đông giáp Biển Đông, phía đông nam giáp tỉnh Quảng Ngãi. Tổng diện tích của l- u vực là  $3155 \text{ km}^2$  - tính đến trạm Nông Sơn. Sông Thu Bồn đổ ra cửa biển Hội An. *Vậy với địa thế giáp biển, đ- ợc chắn bởi các dãy núi cao thuận lợi cho việc hình thành m- a lớn, gây lũ trên các sông* (hình 1.1).

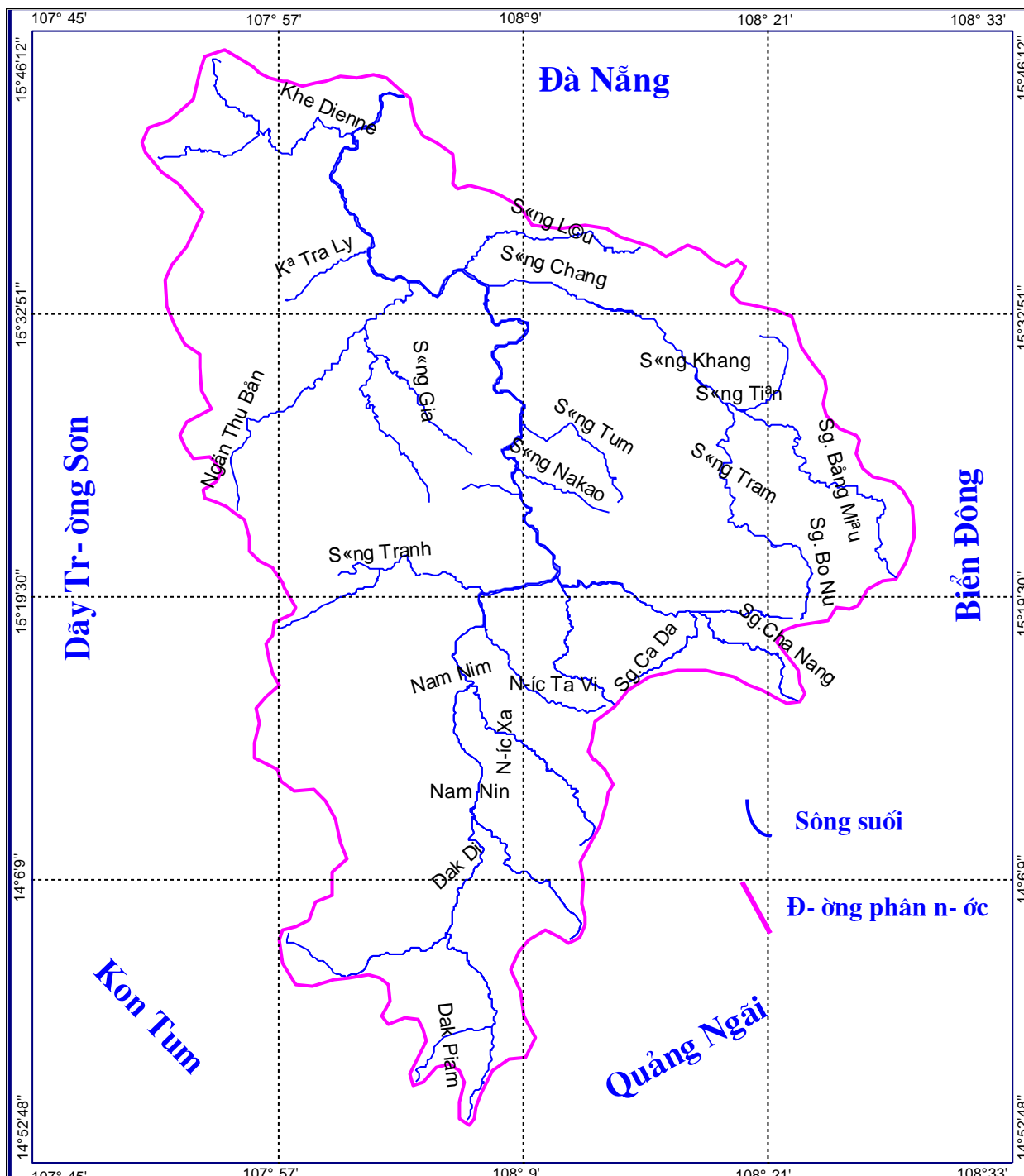
#### 1.2 ĐỊA HÌNH, ĐỊA MẠO

L- u vực sông Thu Bồn có nguồn sông chính nằm ở vùng núi Ngọc Lĩnh ở độ cao 1600 m. 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 700 m ở hạ l- u cao dần đến trên 2000 m. 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 aluvi – proluvi (Phạm Hồng Thái, 2004). Đồng bằng cao tích tụ xâm thực trên thềm sông biển cổ cao từ 10 - 15 m phía biển đến 40 - 50 m ở chân núi và chúng bị chia cắt mạnh bởi các dòng chảy th- ờng xuyên. L- u vực dài 148 km, rộng bình quân là 70 km, cao bình quân là 552 m, độ cao giảm dần từ tây sang đông. *Đặc điểm địa hình l- u vực: cao, dốc, ngắn, tập trung n- ớc lớn, điều kiện này dễ dàng xảy ra lũ lụt* (hình 1.2).

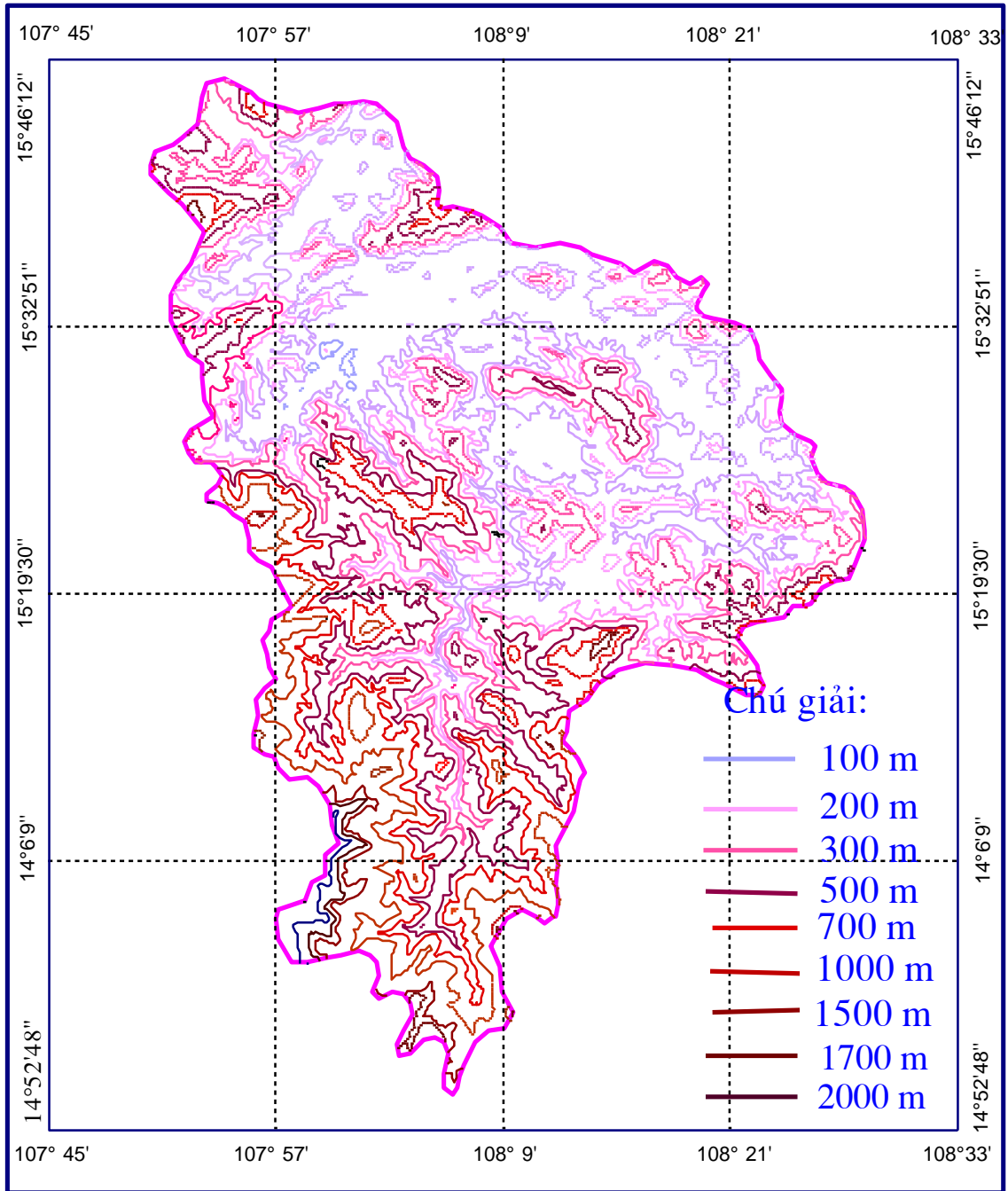
#### 1.3 ĐỊA CHẤT, THỔ NH- ỘNG

L- u vực có thành phần đất đá khá đa dạng. Ở vùng th- ợng 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 cuội, sỏi, mảnh vụn, cát, bột, sét. Vùng 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. Phân th- ợng nguồn là đất mùn vàng đỏ trên núi, dọc hai bờ sông là đất đỏ vàng



Hình 1.1 Bản đồ l- u vực sông Thu Bồn



*Hình 1.2* Bản đồ địa hình 1- u vực sông Thu Bồn - trạm Nông Sơn

trên phiến sét và đất xói mòn trơ sỏi đá. Đất núi dốc phần lớn trên 20°, 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 (Phạm Hồng Thái, 2004). Tầng đất nông, lớp thấm không nhiều, tầng đá gốc gần mặt thuận lợi cho việc tạo dòng chảy lớn (hình 1.3).

**Bảng 1.1 Hiện trạng sử dụng đất năm 2000 l- u vực sông Thu Bồn**

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

#### 1.4 THẨM THỰC VẬT

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- ơng rẫy xen dân c- (hình 1.4). Với độ che phủ của các loại rừng đ-ợc trình bày trong bảng 1.2.

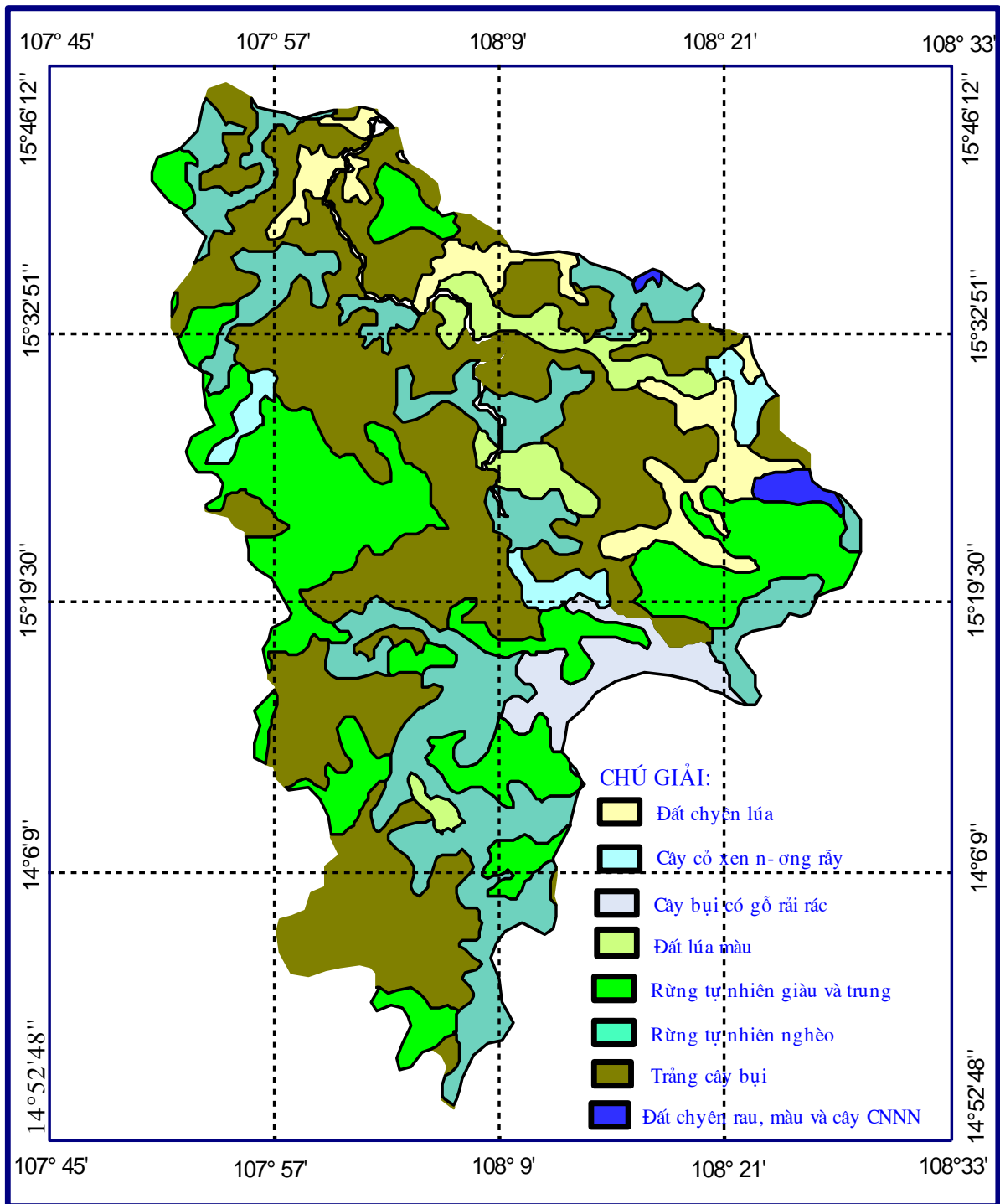
*Những điều kiện về mặt đệm trên giúp cho việc hình thành dòng chảy từ m- a thuận lợi, tạo điều kiện lũy tích ẩm cho các thời kỳ sau đó.*

#### 1.5 KHÍ HẬU

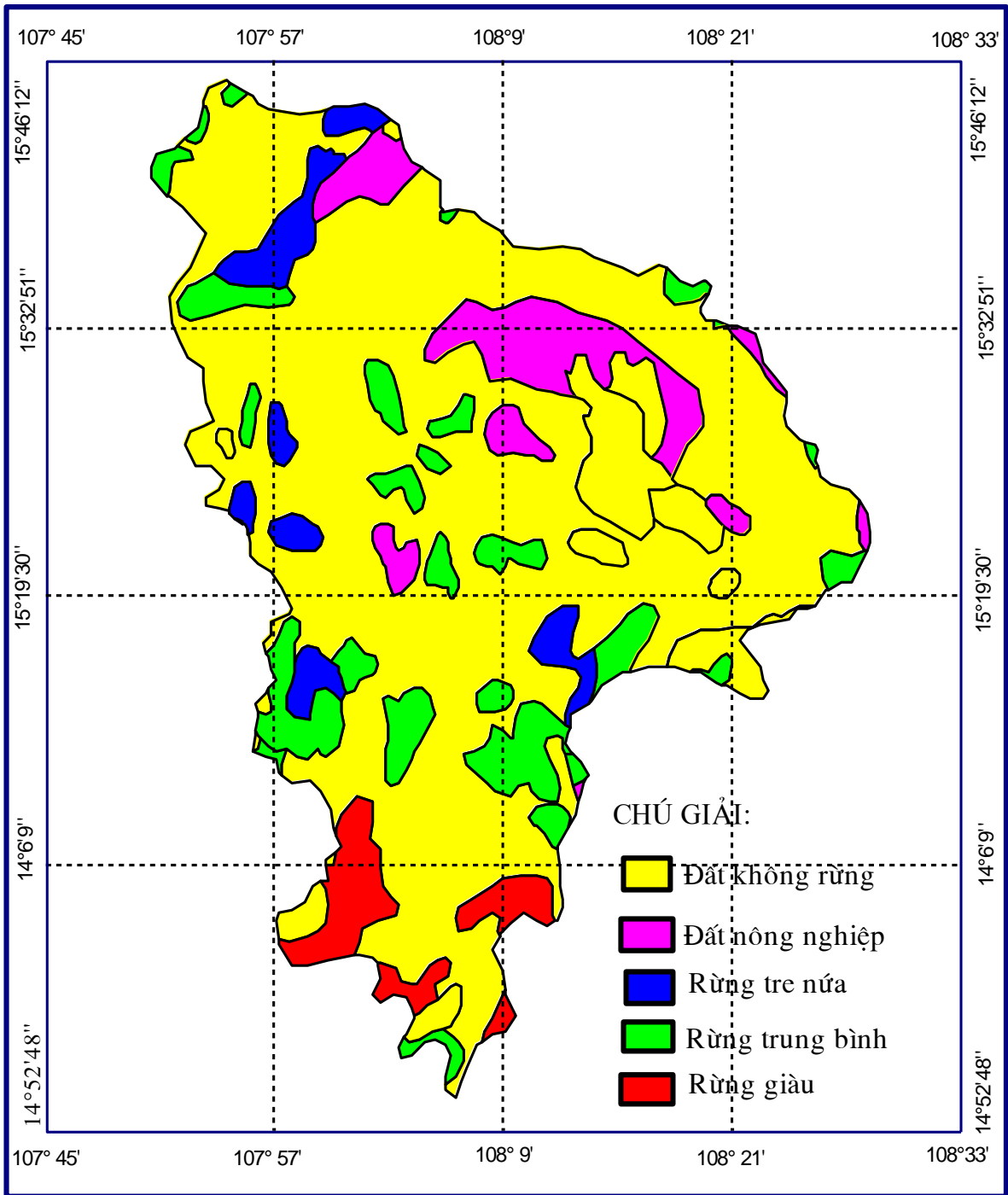
Khí hậu của l- u vực sông Thu Bồn là nhiệt đới ẩm gió mùa, không có mùa lạnh rõ rệt, nhiệt độ tối thấp trung bình không xuống d- ới 10<sup>0</sup>C, là vùng ẩm - ớt nhất khu vực Trung Bộ.



- *Hoàn l- u khí quyển*: Trong mùa hè thì l- u vực chịu ảnh hưởng của luồng không khí nhiệt đới Ấn Độ D- ong, không khí xích đạo, tín phong mùa hè - luồng không khí nhiệt đới từ Thái Bình D- ong thổi tới. Về mùa đông, trên l- u vực chịu



Hình 1.3 Bản đồ hiện trạng sử dụng đất I- u vực sông Thu Bôn - trạm Nông Sơn



Hình 1.4 Bản đồ rừng l- u vực sông Thu Bồn - trạm Nông Sơn

**Bảng 1.2 Lớp phủ thực vật theo mức độ che tán và tỷ lệ % so với l- u vực**

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

ảnh h- ớng của luồng không khí tín phong, không khí cực đới.

- *Số giờ nắng*: Số giờ nắng trung bình năm biến đổi trong phạm vi từ d- ới 2000 giờ ở vùng núi cao đến 2600 giờ ở vùng đồng bằng ven biển với xu thế tăng dần từ Bắc vào Nam, từ miền núi đến đồng bằng.

- *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. Mùa đông h- ớng gió chính là h- ớng bắc, tây bắc và đông bắc; về mùa hạ chủ yếu là gió tây nam và đông nam.

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

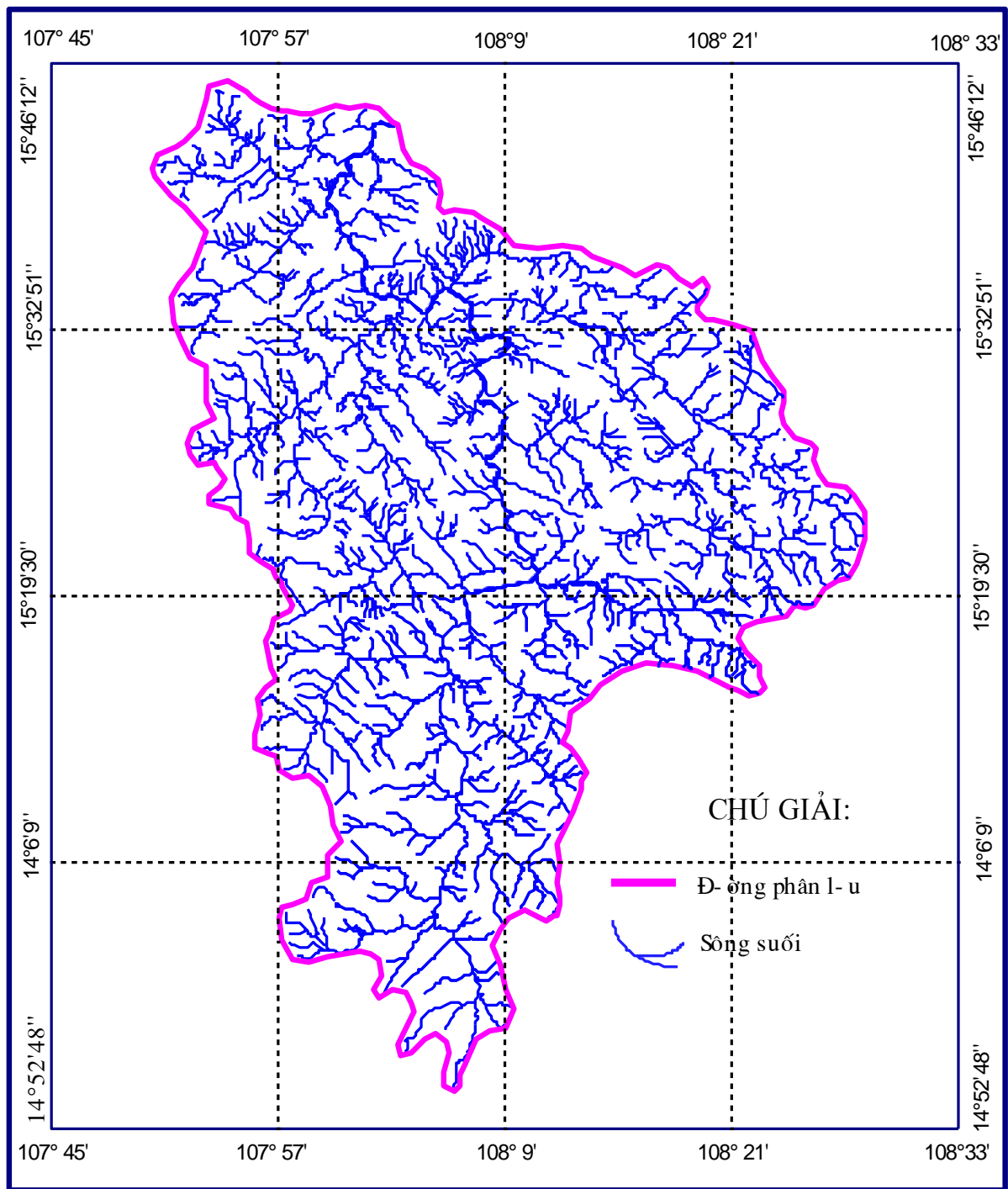
- *M- a*: Nằm trong địa hình cao nhất của dãy Tr- ờng Sơn nên l- u vực sông Thu Bồn rất thuận lợi đón gió nên nguyên nhân gây m- a khá đa dạng. Hoàn l- u Tây Nam cùng với sự hoạt động của dải hội tụ nhiệt đới, hoàn l- u Đông Bắc cùng với các nhiễu động thời tiết đem l- ợng m- a lớn cho toàn l- u vực. Trên l- u vực có tâm m- a lớn: Tâm m- a Bạch Mã với l- ợng m- a năm v- ợt trên 3000 mm. Tuy nhiên, m- a trên l- u vực phân bố không đều cả về không gian và thời gian. Xét cả về l- ợng lẫn độ dài mùa m- a trên l- u vực thì có xu h- ớng giảm dần từ phía Tây sang phía Đông, từ miền núi xuống miền đồng bằng.

*Với những điều kiện về khí hậu nhiệt đới có những điều kiện thuận lợi trong tích lũy ẩm, lượng mưa dồi dào... Vì vậy, trên lưu vực hình thành những trận lũ lớn.*

## 1.6 MẠNG L- ỚI SÔNG SUỐI VÀ TÌNH HÌNH LŨ LỤT

Sông Thu Bồn là một hệ thống sông lớn ở Nam Trung Bộ, lưu vực sông nằm trong vùng sạt vông trung sinh đại, dốc theo hướng Tây Nam - Đông Bắc. Độ cao bình quân lưu vực là 552 m. Mật độ sông suối trung bình đạt 0.47 km/km<sup>2</sup> tương ứng với tổng chiều dài toàn bộ sông suối là 4865 km. Dòng chính sông Thu Bồn dài 205 km bắt nguồn từ đỉnh Ngọc Lĩnh ở độ cao 1600 m và chảy ra biển Hội An. Toàn bộ hệ thống có 19 phụ lưu các cấp. Độ dốc bình quân lưu vực đạt 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. Phân bố lưu vực và trung lưu chảy trong vùng núi chủ yếu là granit xuống vùng trũng chủ yếu là sa thạch, cuội kết có xen lẫn diệp thạch và đá vôi (Đỗ Thị Tâm, 2005).

Dòng chảy theo hướng Bắc - Nam. Phần hạ lưu sông chảy theo hướng Tây - Đông và đổ ra biển. Càng về hạ lưu 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 l/s.km<sup>2</sup> 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 lưu vực sông suối phát triển hình tỏa tia, mức độ tập trung mưa lớn cả về lưu 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 thức thời tiết chủ yếu gây mưa 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 1.5).



Hình 1.5 Bản đồ mạng l- ới thủy văn l- u vực sông Thu B- ờn - trạm Nông Sơn

**Bảng 1.3 Danh sách trạm khí tượng thủy văn trên l- 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	
Cầu 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

## CH- ONG 2

### TỔNG QUAN CÁC MÔ HÌNH M- A - DÒNG CHẢY

Mô hình hệ thống thủy văn có thể là mô hình vật lý hay toán học. Mô hình vật lý là mô hình mô phỏng hệ thống thực d- ới dạng thu nhỏ, ví dụ nh- mô hình thủy lực của đập tràn [1]. Mô hình toán học là tập hợp các ph- ong trình toán, các mệnh đề logic thể hiện các quan hệ giữa các biến và các thông số của mô hình để mô phỏng hệ thống tự nhiên, hay nói cách khác mô hình toán học là một hệ thống biến đổi đầu vào (hình dạng, điều kiện biên, lực...) thành đầu ra (tốc độ chảy, mực n- ớc, áp suất...).

#### 2.1 CÁC MÔ HÌNH M- A - DÒNG CHẢY

Mô hình m- a - dòng chảy có thể là mô hình tất định hoặc mô hình ngẫu nhiên [1]. Mô hình tất định là mô hình mô phỏng quá trình biến đổi của các hiện t- ợng thủy văn trên l- u vực mà ta đã biết tr- ớc. 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: 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 đ- ợc 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 đ- ợc phân loại thành các mô hình thông số phân phối và các mô hình thông số tập trung.

##### 2.1.1 Các mô hình m- a - dòng chảy thông số tập trung

Mô hình thông số tập trung là mô hình mà các thông số đ- ợc trung bình hoá trong không gian. Vì thế mô hình loại này t- ong đối đơn giản, có ý nghĩa vật lý trực quan thích hợp với l- u vực vừa và nhỏ. Tuy nhiên ch- a đ- a đ- ợc những thay đổi theo không gian của những yếu tố cảnh quan vào trong mô hình.

##### *1. Mô hình của trung tâm khí t- ợng thủy văn Liên Xô (HMC)*

Mô hình mô phỏng quá trình tổn thất dòng chảy của l- u vực và sau đó ứng dụng cách tiêm cận hệ thống để diễn toán dòng chảy tới mặt cắt cửa ra của l- u vực.

L- ợng m- a hiệu quả sinh dòng chảy mặt P đ- ợc tính từ ph- ong trình:

$$P = h - E - I \quad (2.1)$$



trong đó:  $h$  là c-ờng độ m- a trong thời đoạn tính toán (6h, 24h,...);  $E$  là l- ợng bốc hơi n- ớc;  $I$  là c- ờng độ thấm trung bình.

Tuy nhiên mô hình cũng có hạn chế của nó: số liệu về l- ợng bốc hơi trên các l- u vực còn thiếu rất nhiều, chủ yếu đ- ợc tính từ các ph- ơng trình xác định trực tiếp l- ợng bốc hơi. Còn c- ờng độ thấm trung bình th- ờng đ- ợc lấy trung bình cho toàn l- u vực với thời gian không xác định.

Mô hình HMC đã đ- ợc áp dụng ở một số l- u vực miền núi Tây Bắc và Đông Bắc của n- ớc ta (*Nguyễn Thị Hiền, 2006*).

## **2. Mô hình SSARR [1]**

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- ơng trình cơ bản của SSARR sử dụng để diễn toán dòng chảy trên l- u vực, đó là luật liên tục trong ph- ơng pháp trữ n- ớc áp dụng cho hồ chứa tự nhiên trên cơ sở ph- ơng trình cân bằng n- ớc:

$$\left[ \frac{I_1 + I_2}{2} \right] \Delta t - \left[ \frac{O_1 + O_2}{2} \right] \Delta t = S_2 + S_1 \quad (2.2)$$

Ph- ơng trình l- ợng trữ của hồ chứa là:

$$\frac{dS}{dt} = T_s \frac{dQ}{dt} \quad (2.3)$$

Mô hình SSARR cho phép diễn toán trên toàn bộ l- u vực, nh- ng hạn chế với những l- u vực có điều kiện ẩm không đồng nhất vì thế khi tính toán sẽ cho kết quả mô phỏng không chính xác. Mô hình này không thể sử dụng một cách trực tiếp để kiểm tra những thay đổi đặc điểm l- u vực sông đến các quá trình thủy văn ví dụ nh- khai thác và sử dụng đất, các hoạt động bảo vệ và quản lý đất trên một bộ phận nào đó của lãnh thổ, các kiểu thảm thực vật...

Mô hình SSARR đã đ- ợc áp dụng ở đồng bằng sông Cửu Long (*Nguyễn Thị Hiền, 2006*).

## **3. Mô hình TANK**

Mô hình TANK đ-ợc phát triển năm 1956 tại trung tâm nghiên cứu quốc gia về phòng chống thiên tai tại Tokyo, Nhật Bản. Theo mô hình, l- u vực đ- ợc mô phỏng bằng chuỗi các bể chứa theo ph- ơng thẳng đứng và theo ph- ơng ngang phù hợp với diện tích đất [1]. Hệ thức cơ bản của mô hình gồm:

*M- a bình quân l- u vực (P)*

$$P = \sum_{i=1}^n W_i \cdot x_i / \sum_{i=1}^n W_i \quad (2.4)$$

trong đó: n là số điểm đo m- a;  $X_i$  và  $W_i$  là l- ợng m- a và trọng số của điểm m- a thứ i. Theo M.Sugawara  $W_i$  là một trong bốn số sau: 0.25; 0.5; 0.75; 1.0.

*Bốc hơi l- u vực (E)*

$$E = \begin{cases} 0,8EVT & \text{Khi } XA - PS - E \geq 0 \\ 0,75(0,8EVT - h_f) + h_f & \text{Khi } XA - PS - E < 0 \\ 0,6EVT & \text{va } XA - PS - H_f > 0 \\ & \text{XA} < PS \end{cases} \quad (2.5)$$

*Cơ cấu truyền ẩm*

Bể chứa trên cùng đ- ợc chia làm hai phần: trên và d- ới, giữa chúng xảy ra sự trao đổi ẩm. Coi tốc độ truyền ẩm từ d- ới lên là  $T_1$ , từ trên xuống là  $T_2$  và đ- ợc tính theo công thức:

$$T_1 = TB_0 + (1 - \frac{XA}{PS})TB \quad (2.6)$$

$$T_2 = TC_0 + (1 - \frac{XS}{SS})TC \quad (2.7)$$

trong đó: XS, SS là l- ợng ẩm thực và l- ợng ẩm bão hoà phần d- ới bể A;  $TB_0, TB, TC_0, TC$  là các thông số truyền ẩm, theo M. Sugawar chúng nhận những giá trị:  $TB = TB_0 = 3$  mm/ngày đêm;  $TC = 1$  mm/ngày đêm;  $TC_0 = 0,5$  mm/ngày đêm.

Dòng chảy từ bể A: L- ợng n- ớc đi vào bể A là m- a (P). Dòng chảy qua các cửa bên ( $YA_1, YA_2$ ) và cửa đáy ( $YA_0$ ) đ- ợc xác định theo các công thức sau:

$$H_f XA + P - PS \quad (2.8)$$

$$YA_0 = H_f A_0 \quad (2.9)$$

$$YA_1 = \begin{cases} (H_f - HA_1); & \text{ khi } H_f > HA_1 \\ 0 & \text{ khi } H_f \leq HA_1 \end{cases} \quad (2.10)$$

Trong mô hình, tác dụng điều tiết của s- ờn 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<sub>1</sub> chỉ là lớp cấp n- ớc tại một điểm. Đây là một hạn chế của mô hình TANK. Tuy nhiên, mô hình TANK lại t- ong đối đơn giản, có ý nghĩa vật lý trực quan, thích hợp với các lưu vực vừa và nhỏ nhưng khó thể hiện sự “trễ” của dòng chảy so với mưa, do mô hình đ- ợc cấu tạo từ các bể chứa tuyến tính, các thông số ở cửa ra ở một số tr- ờng hợp kém nhạy.

Mô hình TANK đã áp dụng hiệu quả cho khu vực miền Trung (*Nguyễn Thị Hiền, 2006*).

#### 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-ơng 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 điền trũng 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 rễ 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 ngậm trên và bể chứa n-ớc tầng ngậm 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  $QIF$ :

$$QIF = \begin{cases} \frac{L}{L_{max}} - CLIF & \text{Vũ } \frac{L}{L_{max}} > CLIF \\ CQIF \frac{L_{max}}{1 - CLIF} U & \\ 0 & \text{Khi } \frac{L}{L_{max}} \leq CLIF \end{cases} \quad (2.11)$$

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

Dòng chảy tràn  $QOF$ :

$$QOF = \begin{cases} CQOF \frac{\frac{L}{L_{\max}} - CLOF}{1 - CLOF} P_N & \text{Vii } \frac{L}{L_{\max}} > CLOF \\ 0 & \text{Khi } \frac{L}{L_{\max}} \leq CLOF \end{cases} \quad (2.12)$$

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

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

$$Q_{out} = Q_{out}^0 e^{-\frac{t}{CK}} + Q_{in} \left( 1 - e^{-\frac{t}{CK}} \right) \quad (2.13)$$

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.

Mô hình NAM được áp dụng ở một số vùng đồng bằng ở Việt Nam (Nguyễn Thị Hiền, 2006).

### 2.1.2 Các mô hình m- a - dòng chảy thông số phân phối

Khi giá trị của tài nguyên nước ngày càng được đề cao yêu cầu về việc quản lý tài nguyên nước và đánh giá chất lượng nước sẽ ngày càng tăng. Nghiên cứu tài nguyên nước tập trung vào những vấn đề như mối quan hệ và ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất đến nông nghiệp, rừng, thực tế ô nhiễm đến sử dụng nước. Các mô hình m- a - dòng chảy thông số tập trung đã không theo kịp với những vấn đề mới phát triển này. Vì thế, mô hình m- a - dòng chảy thông số phân phối có tiềm năng phát triển mạnh mẽ hơn mô hình m- a - dòng chảy thông số tập trung.

Mô hình m- a - dòng chảy thông số phân phối là mô hình xem xét sự diễn biến của mọi quá trình thủy văn tại các điểm khác nhau trong không gian và định nghĩa các biến trong mô hình như hàm tọa độ. Điểm lôi cuốn của những mô hình này là khả năng cung cấp thông tin của chúng tại những điểm trên lưu vực và sử dụng chúng cho một hướng nghiên cứu mới là đánh giá tài nguyên nước và chất lượng nước. Nhưng khi sử dụng nó cần phải thay đổi về các phương pháp xác định thông số cũng như các phương pháp đo đạc các đặc trưng của hệ thống.

Sự cần thiết của hệ thống mô hình m- a - dòng chảy thông số phân phối đã đ- ợc nhận ra từ giữa những năm 1970 và ngày nay chúng đang đ- ợc sử dụng rất phổ biến.

### **1. Mô hình USDAHL**

Mô hình này đ- ợc công bố vào năm 1970, USDAHL là mô hình thông số dải theo các tiểu vùng thủy văn. Mô hình chia bề mặt l- u vực thành các tiểu vùng thủy văn với các đặc tr- ng nh- loại đất, sử dụng đất... Ở mỗi vùng, các quá trình nh- m- a, bốc thoát hơi, thấm, điền trũng, dòng chảy đ- ợc tính toán xử lý trong mối liên kết giữa vùng này với vùng khác. Quá trình hình thành dòng chảy đ- ợc mô phỏng nh- sau: dòng chảy mặt bao gồm quá trình thấm, quá trình trữ và chảy tràn. Quá trình thấm đ- ợc mô phỏng bằng ph- ơng trình Holtan:

$$f_t = A \cdot GI \cdot S_{at}^{1.4} + f_c \quad (2.14)$$

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

$$S_{at} = S_{at-1} - f_{t-1} + f_c \quad (2.15)$$

Quá trình trữ, chảy tràn đ- ợc thực hiện dựa trên cơ sở ph- ơng trình cân bằng n- ớc. Quá trình dòng chảy d- ới mặt đất đ- ợc xem xét dựa trên cơ sở ph- ơng trình cân bằng độ ẩm đất. Dòng chảy trong lòng dẫn đ- ợc diễn toán theo mô hình tuyến tính. Mô hình này có khả năng đánh giá tác động của các yếu tố l- 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- ơng trình cân bằng n- ớc, và mỗi thành phần này đã đ- ợc xử lý xem xét dựa trên những ph- ơng 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 khả năng đánh giá tác động của các yếu tố l- u vực đến sự hình thành dòng chảy là kém (*Ngô Chí Tuấn, 2003*).

### **2. Mô hình THALES**

Mô hình THALES do Grayson đ- a ra đã đ- ợc khai thác nh- là một công cụ dùng để mô tả những quá trình trên l- u vực và nghiên cứu những vấn đề liên quan đến kiểm tra và ứng dụng mô hình vật lý. Vì khả năng mô phỏng các quá trình thủy văn tất định và đ- a ra ph- ơng pháp chính xác rất khiêm tốn.

Điểm khó khăn khi dùng mô hình liên quan đến cả khả năng am hiểu về mô hình và những giả định cơ bản cũng như thuật toán sử dụng trong mô hình. Ngày nay thì THALES ngày càng phổ biến bởi những ứng dụng cho việc phân tích số liệu, kiểm tra những giả thiết liên quan đến nghiên cứu trên lưu vực, nâng cao sự hiểu biết các quá trình thủy văn và những ảnh hưởng lẫn nhau của các quá trình này. Ưu điểm của mô hình này là khả năng cung cấp thông tin về đặc điểm của dòng chảy vì thế mô hình thường sử dụng cho dự báo.

Cơ sở của mô hình là coi hệ thống tương ứng với quá trình vận chuyển của bùn cát và năng lượng. Mô hình THALES xây dựng biểu đồ dòng chảy mặt thông qua việc ước tính chuỗi số liệu dòng chảy trong lưu vực sông từ sự tổng hợp bởi mô hình, cuối cùng sẽ ước tính được dòng chảy tại cửa ra. Bốn nguyên tắc của mô hình: *parsimony* là số thông số tối thiểu và giá trị mà chúng thu được nhờ bộ số liệu; *modesty* là phạm vi và ứng dụng của mô hình phải xem xét cẩn thận không nên quá đề cao; *accuracy* là giá trị đo đạc phải chính xác hơn giá trị dự báo; *testability* là mô hình phải được áp dụng vào thực tế và tính chính xác phải được xác nhận. Trong định hướng phát triển mô hình phải dùng đến sự cần thiết của lý thuyết tổng hợp quá trình ô nhiễm, làm cho sự tương ứng giữa mô hình dự báo và các quá trình thực tế sát nhau hơn, và cho những khẳng định nghiêm túc về những điều còn chần chừ trong mô hình dự báo. Thêm vào đó nội dung mô hình cũng cần phát triển, phải tìm thêm những áp dụng của chúng trong tương lai, và phải lựa chọn để mô hình thích hợp cho những ứng dụng đó (Nguyễn Thị Hiền, 2006).

### **3. Mô hình SHE**

Mô hình SHE ra đời từ năm 1976. SHE ra đời từ sự liên kết của viện thủy lực Đan Mạch, viện thủy văn Anh và viện SOGREAH Pháp với sự hỗ trợ tài chính của cộng đồng Châu Âu. SHE ra đời phục vụ cho việc đánh giá hoạt động sử dụng đất và đánh giá chất lượng nước (Nguyễn Thị Hiền, 2006).

Mô hình SHE không đòi hỏi nhiều số liệu, bao gồm dữ liệu về địa lý, thực vật và tính chất đất, độ dài của chuỗi số liệu khí tượng thủy văn và phân bố tự nhiên khác nhau trong lưu vực. Ứng dụng mô hình SHE, yêu cầu lưu vực thông số lớn, bản chất giá trị thông số không cần xác định vì chúng dựa vào phép đo vật lý. SHE là mô hình triển vọng, đảm nhiệm việc phát triển hệ thống mô hình phân phối sử dụng cho mục đích

th-ong mại. Tuy nhiên, sử dụng SHE phải chú ý đến kết quả của việc xây dựng modula trong hệ thống.

Ph-ong trình cơ bản dùng trong SHE:

*Chảy tràn:* Dùng ph-ong pháp hai chiều dựa trên việc sử dụng ph-ong trình lan truyền sóng xấp xỉ của St.Vernant bỏ qua điều kiện ma sát, mô hình đ-ợc viết d-ới dạng:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = q \quad (2.16)$$

$$\text{Với: } \frac{\partial h}{\partial x} = S_{0x} - S_{fx} \text{ xác định trực tiếp đ-ợc x} \quad (2.17)$$

$$\frac{\partial h}{\partial y} = S_{0y} - S_{fy} \text{ xác định trực tiếp đ-ợc y} \quad (2.18)$$

trong đó:  $h(x,y)$  là chiều cao cột n-ớc địa ph-ong;  $t$  là thời gian;  $u(x,y)$ ,  $v(x,y)$  là vận tốc dòng chảy theo trục  $x$  và  $y$ ;  $S_{0x}$ ,  $S_{0y}$  là độ dốc mặt theo trục  $x$  và  $y$ ;  $S_{fx}$ ,  $S_{fy}$  là ma sát theo trục  $x$  và  $y$ .

*Dòng chảy trong kênh:* dòng chảy dọc theo kênh

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(Au)}{\partial x} = q_L \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} = S_{0x} + S_{fx} \quad (2.20)$$

trong đó:  $A(x)$  là diện tích mặt cắt;  $S_{0x}$  là độ dốc đáy kênh;  $q_L(x)$  là quan hệ nguồn với dòng chảy ảnh h-ởng bởi l-ợng bốc hơi, m- a rơi, cuối cùng sự trao đổi giữa l-ợng n-ớc đến và l-ợng n-ớc đi của dòng chảy mặt với n-ớc ngầm.

Một sự liên kết phức tạp cho phép các thành phần mô phỏng đ-ợc sử dụng khi một hoặc quá nhiều quá trình thuỷ văn không phù hợp để áp dụng. Nh- các tr-ờng hợp sau:

1. Nghiên cứu phân ngậ n-ớc của l- u vực có bề mặt là đá gốc và l- ợng n- ớc thấm qua quá ít đó là tr- ờng hợp không bão hoà và thành phần bão hoà có thể bỏ qua.

2. Toàn bộ hoặc hầu hết vùng tới của l- ợng giáng thuỷ thấm xuống hoặc bốc hơi từ tầng trên và tại mặt đất, vì vậy thành phần chảy tràn trên bề mặt và kênh không cần thiết.



3. Những l- u vực hoang mạc hoặc bán hoang mạc có rất ít hoặc không có sự xuất hiện của thực vật và tổng thành phần bốc hơi chiếm đáng kể, thực tế chỉ có giáng thủy và bốc hơi tiềm năng.

#### 4. Mô hình MDOR

Mô hình m- a - dòng chảy thông số tập trung đòi hỏi l- ượng tính toán lớn, điều đó có thể cản trở việc sử dụng ph- ơng pháp tối - u hoá tự động. Năm 1977 ở INRSEAU, mô hình phân phối MDOR đã đ- ợc khởi động (Nguyễn Thị Hiền, 2006). Mô hình MDOR với tốc độ nhanh hơn đã cho kết quả đầu tiên vào năm 1978. Sự phát triển hơn nữa để tạo ra hàm của mô hình đ- ợc mang lại nhờ Daudelin vào năm 1984.

MDOR là một mô hình phân phối mà cấu trúc đã đ- ợc đơn giản hoá cho phép thực hiện nhanh hơn những mô phỏng hàng ngày. Thiết lập mô hình phân phối đ- ợc sử dụng để tính lặp cho tất cả các thành phần trong mỗi b- ớc thời gian.

Ph- ơng trình d- ưới đây tính tổng cấu trúc nh- sau:

$$Q_j = \sum_{d=1}^T \sum_{s=1}^N \sum_{t=1}^S (P_{s(j-d+1),t} \cdot M_{s,d,t}) \quad (2.21)$$

trong đó:  $Q_j$  là l- u l- ượng ngày  $j$ ;  $T$  là thời gian chảy truyền;  $d$  là b- ớc thời gian lặp;  $S$  là giá trị đồng nhất của trạm khí t- ượng;  $t$  là giá trị loại thành phần đồng nhất;  $P_{a,b,c}$  đ- ợc tạo thành khi một thành phần hoàn thiện có dạng  $c$ , trong l- u vực  $b$  và chịu ảnh h- ưởng của vị trí  $a$ ;  $M_{a,b,c}$  là giá trị của thành  $c$  trong l- u vực  $b$  và chịu ảnh h- ưởng của vị trí  $a$ .

Mô hình MDOR đ- ợc cấu tạo từ hai thành phần chính: (1) ch- ơng trình BASSIN, trong đó chia nhóm các thành phần thành “thành phần hoàn thiện” - thực hiện các phép tính của thời gian diễn biến để xác định l- u vực nhỏ và phép tính đa giác *Thiersel* cho dạng những thành phần đồng nhất; (2) ch- ơng trình DEBIT cho phép mô phỏng l- u l- ượng từ l- u vực đã đ- ợc chia từ phần trên. Trong DEBIT, những mô phỏng cũng chia ra từ đầu vào đến đầu ra. Điều này cho phép sàng lọc mà không phải lặp lại thủ tục đầu vào - ra vì nó sẽ làm tăng đáng kể thời gian tính. Ch- ơng trình DEBIT tìm cách làm đơn giản hoá sự mô phỏng, thực hiện các mô phỏng đơn giản và cung cấp bản kết quả hoàn thành cân bằng n- ớc và ch- ơng trình DEBNUIT thực hiện xác định thông số bằng ph- ơng pháp phi tuyến MDOR.

Ngoài ba mô hình m- a - dòng chảy thông số phân phối trên thì mô hình sóng động học một chiều nếu giải bằng ph- ơng pháp phần tử hữu hạn cũng là một mô hình

m-a - dòng chảy thông số phân phối. Tuy nhiên, mô hình sóng động học sẽ đ- ợc trình bày chi tiết ở phần sau.

## 2.2 CÁC PH- ƠNG PHÁP TÍNH THẨM

### 2.2.1 Tổng quan về quá trình thẩm

Thẩm là quá trình n- ớc từ bề mặt thâm nhập vào trong đất. Có rất nhiều nhân tố ảnh h- ớng đến quá trình thẩm nh- điều kiện bề mặt đất, lớp phủ thực vật, tính chất của đất nh- độ rỗng, độ dẫn thuỷ lực và hàm l- ượng ẩm hiện có trong đất, loại đất [3].

Do sự biến đổi rất lớn trong không gian và thời gian của mỗi loại đất, nên khi có sự thay đổi về l- ượng ẩm đã làm cho quá trình thẩm trở thành phức tạp. Vì thế chỉ có thể mô tả nó một cách gần đúng bằng các ph- ơng trình toán học.

Đặc tr- ợng cho quá trình thẩm là tốc độ thẩm  $f$  (cm/giờ)- là tốc độ theo đó n- ớc từ mặt đất đi vào trong đất. Nếu trên mặt đất có lớp n- ớc đọng thì n- ớc sẽ thẩm xuống đất theo độ thẩm tiềm năng. Nếu tốc độ cấp n- ớc trên mặt đất lại nhỏ hơn tốc độ thẩm tiềm năng, thì tốc độ thẩm thực tế sẽ nhỏ hơn tốc độ thẩm tiềm năng. Phần lớn các ph- ơng trình về thẩm mô tả tốc độ thẩm tiềm năng. L- ượng thẩm tích lũy  $F$  là độ sâu cộng dồn của n- ớc thẩm trong một thời kỳ đã cho và bằng tích phân của tốc độ thẩm trên thời kỳ đó:

$$F(t) = \int_0^t f(\tau) d\tau \quad (2.22)$$

trong đó  $\tau$  là một biến hình thức của thời gian dùng trong tích phân. Biến đổi ng- ợc ta có:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2.23)$$

### 2.2.2 Các ph- ơng trình thẩm

Cơ sở dựa vào ph- ơng trình điều khiển dòng không ổn định của Richard một chiều:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial \theta}{\partial z} + K \right) \quad (2.24)$$

trong đó:  $K$  là hệ số thẩm Darcy;  $D=K \partial \Psi / \partial \theta$  là độ khuếch tán n- ớc trong đất;  $\Psi$  là biến đổi cột n- ớc mao dẫn;  $\theta$  là hàm l- ượng ẩm.

#### 1. Định luật Darcy [3]

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.

$$v = KI = -K \frac{\Delta H}{\Delta l} \quad (2.25)$$

$$\text{hay} \quad Q = K\omega l \quad (2.26)$$

trong đó:  $v$  là l- u tốc thấm (m/s),  $K$  là hệ số thấm (m/s),  $l$  là độ dốc thủy lực,  $\frac{\Delta H}{\Delta l}$  là gradient cột n- ớc.  $Q$  là l- u l- ợng thấm ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $\omega$  là diện tích toàn phần mặt cắt ngang của dòng n- ớc ngầm.

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.

### 2. Ph- ơng trình *Horton* [3]

*Horton* nhận xét rằng quá trình thấm bắt đầu từ một tốc độ thấm  $f_0$  nào đó, sau giảm dần theo quan hệ số mũ đến khi đạt tới giá trị không đổi  $f_c$ .

$$f(t) = f_0 + (f_0 + f_c)e^{-kt} \quad (2.27)$$

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

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( D \frac{\partial \theta}{\partial z} + K \right) \quad (2.28)$$

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 (2.28) thu gọn thành:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \quad (2.29)$$

Đó là ph- ơng 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- ơng trình *Horton* đ- ợc suy ra từ việc giải ph- ơng trình cho tốc độ khuếch tán ẩm  $D \frac{\partial \theta}{\partial z}$  tại mặt đất.

### 3. Ph- ơng trình *Phillip* [3]

*Phillip* (1957, 1969) đã giải ph- ơng 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

dùng phép biến đổi Boltzmann  $B(\theta) = zt^{1/2}$  để chuyển đổi (2.24) thành một phương trình vi phân đạo hàm thường theo  $B$  và giải phương trình:

$$F(t) = St^{1/2} + K \quad (2.30)$$

để thu được một chuỗi vô hạn lượng tử tích  $F(t)$ . Trong đó  $S$  là một thông số phụ thuộc vào thể mao dẫn của đất và độ dẫn thủy lực  $K$ . Vi phân phương trình (2.30):

$$f(t) = \frac{1}{2} St^{-1/2} + K \quad (2.31)$$

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

#### 4. Phương pháp Green - Ampt [3]

Phương pháp này được xây dựng trên một cơ sở lý thuyết vật lý ít chặt chẽ hơn với phương pháp Horton và Phillip nhưng có nghiệm giải tích chính xác. Cơ sở của phương pháp là dựa vào phương trình liên tục và phương trình động lượng.

*Phương trình liên tục*

$$F(t) = L(\eta - \theta_i) = L\Delta\theta \quad (2.32)$$

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

trong đó:  $L$  là độ sâu;  $\theta_i$  là hàm lượng ẩm;  $L(\eta - \theta_i)$  là diện tích mặt cắt ngang;  $F$  là độ sâu lũy tích của nước thấm vào trong đất.

*Phương trình động lượng*

$$q = -K \frac{\partial h}{\partial z} \quad (2.33)$$

trong đó:  $h$  là chiều sâu cột nước theo chiều  $z$ ;  $q$  là lưu lượng thấm;  $K$  là hệ số thấm.

Từ đó rút ra phương trình Green - Ampt đối với độ sâu thấm tích lũy:

$$F(t) = K + \psi\Delta\theta \ln\left(1 + \frac{F(t)}{\psi\Delta\theta}\right) \quad (2.34)$$

Những phương pháp tính thấm trên yêu cầu số liệu phải đầy đủ, cần nhiều các yếu tố mặt đệm. Do không đáp ứng được đầy đủ về số liệu vì thế phương pháp SCS - phương pháp tính thấm từ m- a rào là phù hợp, đảm bảo yêu cầu thực tế, thuận lợi áp dụng cho lưu vực sông Thu Bồn. Phương pháp này sẽ được trình bày chi tiết ở phần sau.

## 2.3 MÔ HÌNH SỐNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU - PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

Hiện nay khoa học về thủy văn đã tích lũy được 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 được 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 xử lý tất cả các dạng số liệu khí tượng 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 1- u vực và tích phân số trị các phương trình đạo hàm riêng mô tả các quá trình vật lý diễn ra trên 1- u vực như phương trình bảo toàn và phương trình chuyển động của chất lỏng.

Đối với mô hình thủy động lực học, quá trình hình thành dòng chảy sông được chia làm hai giai đoạn: Chảy trên sườn dốc và trong lòng dẫn [2].

Ngày nay ta đã xây dựng được mô hình sóng động lực học hai chiều, một chiều và mô hình sóng động học hai chiều, một chiều với nhiều phương pháp giải, như phương pháp giải mang lại kết quả cao là phương pháp phân tử hữu hạn.

Mô hình sóng động học hai chiều mô phỏng dòng chảy sườn dốc có 2- 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 chưa có khả năng áp dụng vào thực tế vì thuật toán phức tạp cũng như khả năng đáp ứng yêu cầu thông tin vào một cách chi tiết và đồng bộ rất hạn chế.

Mô hình sóng động học áp dụng cho dòng chảy sườn dốc và lòng dẫn có dạng như sau:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (2.35)$$

$$Q = \frac{1}{\eta} R^{2/3} S^{1/2} A \quad (2.36)$$

trong đó:  $Q$  là lưu lượng trên bãi dòng chảy trên mặt hoặc trong kênh;  $q$  là 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 đầu ra của dòng chảy trên mặt đối với kênh dẫn);  $A$  là diện tích dòng chảy trong bãi dòng chảy trên mặt hoặc trong kênh;  $x$  là khoảng cách theo hướng dòng chảy;  $t$  là thời gian;  $S$  là độ dốc đáy của bãi dòng chảy;  $R$  là bán kính thủy lực;  $\eta$  là hệ số nhám Manning [2].

Việc khảo sát ph-ong trình (2.36) 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-òn dốc, với lòng dẫn có độ dốc t-ong đối lớn. Một trong các cách tiếp cận mô phỏng dòng chảy s-òn dốc bằng mô hình sóng động học một chiều có nhiều triển vọng nhất là mô hình với ph-ong pháp phân tử hữu hạn.

### **2.3.1 Giả thiết**

Để xấp xỉ l-u vực sông bằng các phân tử hữu hạn, lòng dẫn đ-ợc chia thành các phân tử lòng dẫn và s-òn dốc đ-ợc chia thành các dải t-ong ứng với mỗi phân tử lòng dẫn sao cho: trong mỗi dải dòng chảy xảy ra độ lệch 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-òn dốc. Trong mỗi dải lại chia ra thành các phân tử s-òn dốc sao cho độ dốc s-òn dốc trong mỗi phân tử t-ong đối đồng nhất.

Mô hình sóng động học và ph-ong pháp phân tử hữu hạn đánh giá tác động của việc sử dụng đất trên l-u vực đến dòng chảy và đ-ợc xây dựng dựa trên hai ph-ong pháp: ph-ong pháp phân tử hữu hạn và ph-ong pháp SCS.

### **2.3.2 Ph-ong 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-ợt thấm là đầu vào của mô hình. Ph-ong pháp phân tử hữu hạn số kết hợp với ph-ong pháp giảm d- của Galerkin đ-ợc sử dụng để giải hệ ph-ong 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-ong pháp này để phân tích vấn đề dòng chảy thấm. Nhiều nhà nghiên cứu khác cũng đã áp dụng áp dụng ph-ong pháp phân 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 phân tử hữu hạn. Tác giả đã sử dụng ph-ong pháp giảm 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 phân 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- ơng pháp phân tử hữu hạn kết hợp với ph- ơng pháp Galerkin còn đ- ọc Al- Mashidani và Taylor (1974) áp dụng để giải hệ ph- ơng trình dòng chảy mặt ở dạng vô h- ớng. So với các ph- ơng pháp số khác, ph- ơng pháp phân tử hữu hạn đ- ọc 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- ơng pháp Galerkin khi giải bằng ph- ơng pháp phân tử hữu hạn cho dòng chảy trong kênh hở và thu đ- ọc kết quả tốt. Ảnh h- ớng của các kỹ thuật tổng hợp thời gian khác nhau cũng đ- ọc đánh giá. Ph- ơng pháp phân tử hữu hạn đặc biệt đ- ọc ứng dụng vào việc đánh giá ảnh h- ớng của những thay đổi trong sử dụng đất đến dòng chảy lũ vì l- u vực có thể đ- ọc chia thành một số hữu hạn các l- u vực con hay các phân tử. Những đặc tính thủy văn của một hoặc tất cả các phân tử có thể đ- ọc thay đổi để tính toán các tác động đến phản ứng thủy văn của toàn bộ hệ thống l- u vực.

### **2.3.3 Xây dựng mô hình**

Desai và Abel (1972) đã kể ra những b- ớc cơ bản trong ph- ơng pháp phân 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- ơng trình phân tử hữu hạn.
4. Tập hợp các ph- ơng trình đại số cho toàn bộ khối liên tục đã đ- ọc rời rạc hoá.
5. Giải cho vector của các biến của tr- ờng tại nút.
6. Tính toán các kết quả của từng phân tử từ biên độ của các biến của tr- ờng tại nút.

Những b- ớc này sẽ đ- ọc 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- ọc chia thành một hệ thống t- ờng đ- ờng gồm những phân 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 phân tử hữu hạn đều có liên quan đến chúng. Dù vậy cần xác định phân tử sao cho bảo toàn đ- ọc 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 phân tử hữu hạn. Có thể sử dụng một số l- ợng lớn các phân 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 phân 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 phân 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:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \tag{2.37}$$

Ph- ơng trình động l- ợng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) = gA(S - S_f) - gA \frac{\partial y}{\partial x} \tag{2.38}$$

trong đó:  $Q$  là l- u l- ợng trên bãi dòng chảy trên mặt hoặc trong kênh;  $q$  là 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 đầu ra của dòng chảy trên mặt đối với kênh dẫn);  $A$  là diện tích dòng chảy trong bãi dòng chảy trên mặt hoặc trong kênh dẫn;  $x$  là khoảng cách theo h- ớng dòng chảy;  $t$  là thời gian;  $g$  là gia tốc trọng tr- ờng;  $S$  là độ dốc đáy của bãi dòng chảy;  $S_f$  là độ dốc ma sát;  $y$  là 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 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:

$$S = S_f \tag{2.39}$$

Ph- ơng trình (2.39) 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:



$$Q = \frac{1}{\eta} R^{2/3} S^{1/2} A \quad (2.40)$$

trong đó:  $R$  là bán kính thủy lực;  $\eta$  là hệ số nhám Manning.

Sau khi xấp xỉ sóng động học sẽ còn lại hai biến của tr- òng 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- ọc biểu diễn trong dạng ẩn tại các điểm nút,  $A$  và  $Q$  có thể đ- ọc coi là phân bố trong từng phần tử theo  $x$  nh- sau:

$$A(x,t) \approx A^H(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x)A_i(t) = [N]\{A\} \quad (2.41)$$

$$Q(x,t) \approx Q^H(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x)Q_i(t) = [N]\{Q\} \quad (2.42)$$

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

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

$$A^0(x,t) = N_i(x)A_i(t) + N_{i+1}(x)A_{i+1}(t) \quad (2.43)$$

$$Q^0(x,t) = N_i(x)Q_i(t) + N_{i+1}(x)Q_{i+1}(t) \quad (2.44)$$

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- òng đ- ọc 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.

### ***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 ph- ơng pháp th- òng đ- ọc 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 giảm d- có trọng số.

Ph- ơng pháp giảm d- có trọng số của Galerkin đ- ọc lựa chọn cho việc thiết lập các ph- ơng trình vì ph- ơng pháp này, đã đ- ọc chứng tỏ là một ph- ơng pháp tốt đối với các bài toán về dòng chảy mặt (Judah, 1973; Taylor và nnk, 1974).

Ph- ơng pháp Galerkin cho rằng tích phân:

$$\int_D N_i \cdot R \cdot dD = 0 \quad (2.45)$$

trong đó:  $D$  là khối chứa các phần tử;  $R$  là giảm d- sẽ đ- ọc gán trọng số trong hàm nội suy  $N_i$ .

Do ph- ong trình (2.45) đ- ọc viết cho toàn bộ không gian nghiệm nên nó có thể đ- ọc áp dụng cho từng phần tử nh- d- ối đây, ở đó hàm thử nghiệm sẽ đ- ọc thay thế vào ph- ong trình (2.45) và lấy tích phân theo từng phần tử của không gian:

$$\sum_{i=1}^{NE} \int_{D_e} \left\{ N_i \left[ \frac{\partial Q}{\partial x} + \dot{A} - q \right] \right\} dD_e = 0 \quad (2.46)$$

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

Xét riêng một phần tử, ph- ong trình (2.46) trở thành:

$$\int_{D_e} \left[ N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\} - N_i q \right] dD_e = 0 \quad (2.47)$$

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

$$\int_{x_1}^{x_2} \left[ N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\}_i - N_i q \right] dx = 0 \quad (2.48)$$

Lấy tích phân của từng số hạng trong (2.48):

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

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

T- ong tự, lấy tích phân của tất cả các số hạng khác, cuối cùng nhận đ- ọc:

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

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

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

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

$$[F_A]\{\dot{A}\} + [F_Q]\{Q\} - q\{F_q\} = 0 \quad (2.49)$$

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

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

phương trình (2.49) trở thành:

$$\frac{1}{\Delta t}[F_A]\{A\}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t}[F_A]\{A\}_t + [F_Q]\{Q\} - q\{F_q\} = 0 \quad (2.50)$$

**Tổng hợp hệ phương trình đại số cho toàn bộ miền tính toán**

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

Viết phương trình (2.50) cho n phần tử tuyến tính ta có phương trình dạng:

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

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

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

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

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

**Giải hệ phương trình cho véc tơ các biến của trường tại các nút**

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

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} = \{f_q\} \quad (2.51)$$

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

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

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

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

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

#### **2.3.4 Chương trình diễn toán lũ**

Trong chương trình đưa vào các đặc trưng thủy văn như độ dốc, hệ số Manning, m-ật thấm trong từng phân tử. Các công trình chậm lũ hoặc hồ chứa cũng có thể được mô hình hoá.

Đầu vào của quá trình diễn toán lũ là lưu lượng m-ật thấm được tính theo phương pháp SCS.

Hệ số Manning của từng phần tử cũng đ- ợc xác định theo cách lấy trung bình có trọng số. Độ dốc của từng phần tử có thể xác định theo bản đồ địa hình của khu vực. Độ dốc của các lòng dẫn có thể tìm đ- ợc theo cách t- ơng tự.

### **2.3.5 Kiểm tra mô hình**

Số liệu đo đạc dòng chảy từ các bãi dòng chảy s- ờn dốc của Crawford và Linsley (1966), đã đ- ợc sử dụng để kiểm tra tính đúng đắn của ch- ơng trình diễn toán lũ đối với dòng chảy s- ờn dốc. Ph- ơng pháp xấp xỉ bằng phần tử hữu hạn cho kết quả có thể thoả mãn mặc dù việc lấy hệ số Manning biến đổi theo độ sâu có thể còn cho kết quả tốt hơn nữa. Mô hình này còn có thể áp dụng cho cả l- u vực lớn trong tự nhiên. Các phép kiểm tra sự hội tụ, tính ổn định và ảnh h- ưởng của của việc phân bố các l- ới ô khác nhau đến dòng chảy lũ cũng đ- ợc xét đến.

### **2.3.6 Nhận xét về mô hình**

Khi chia l- u vực ra thành các phần tử chi tiết thì có thể tính toán mô phỏng dòng chảy sinh ra từ m- a ứng với từng phần tử của l- u vực, thông qua việc áp dụng mô hình sóng động học một chiều ph- ơng pháp phần tử hữu hạn. M- a hiệu quả trên l- u vực đ- ợc tính thông qua ph- ơng pháp SCS, ph- ơng pháp này có tính đến cả tổn thất ban đầu, c- ờng độ thấm liên tục và độ ẩm tr- ớc lũ nên việc tính m- a hiệu quả theo ph- ơng pháp này là khá chính xác.

Việc kết hợp mô hình sóng động học ph- ơng pháp phần tử hữu hạn và ph- ơng pháp SCS thu đ- ợc kết quả mô phỏng lũ t- ơng đối chính xác. Kết hợp với công nghệ GIS phát triển thì việc chia l- u vực thành các phần tử và việc xác định thông số l- u vực có nhiều thuận lợi. Tuy nhiên các bản đồ chuyên ngành ch- a sử dụng những tiêu chí theo ph- ơng pháp SCS do vậy việc xác định các thông số từ những phần tử còn gặp một số v- ớng mắc (*Phạm Hồng Thái, 2004*).

## 2.4 PH- ƠNG PHÁP SCS VÀ PHÁT TRIỂN

### 2.4.1 Ph- ơng pháp SCS

Cơ quan bảo vệ thổ nh- ỡng Hoa Kỳ (1972) đã phát triển một ph- ơng pháp để tính tổn thất dòng chảy từ m- a rào (gọi là ph- ơng pháp SCS) [2, 5]. 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- ượt quá độ sâu m- a  $P$ . T- ơng 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 tiềm năng tối đa nào đó,  $S$  (hình 2.1). Ta còn có một l- ượng m- a  $I_a$  bị tổn thất hết nên không sinh dòng chảy, đó là l- ượng tổn thất ban đầu tr- ớc thời điểm sinh n- ớc đọng trên bề mặt l- u vực. Do đó, ta có l- ượng dòng chảy tiềm năng là  $P - I_a$ . Trong ph- ơng pháp SCS, ng- ời ta giả thiết rằng tỉ số giữa hai đại l- ượng có thực  $P_e$  và  $F_a$  bằng với tỉ số giữa hai đại l- ượng tiềm năng  $P - I_a$  và  $S$ . Vậy ta có:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (2.52)$$

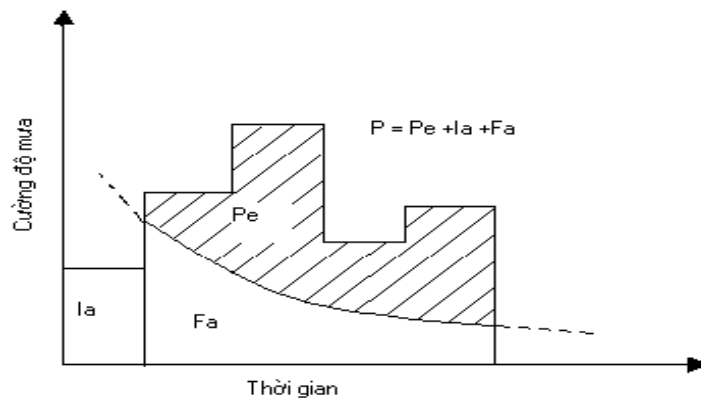
Từ nguyên lí liên tục, ta có:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2.53)$$

Kết hợp (2.52) và (2.53) để giải  $P_e$ :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2.54)$$

Đó là ph- ơng trình cơ bản của ph- ơng pháp SCS để tính độ sâu m- a hiệu dụng hay dòng chảy trực tiếp từ một trận m- a rào.



Hình 2.1 Các biến số có tổn thất dòng chảy trong ph- ơng pháp SCS

$I_a$  là độ sâu tổn thất ban đầu,  $P_e$  là độ sâu m- a hiệu dụng,  
 $F_a$  là độ sâu thấm liên tục,  $P$  là tổng độ sâu m- a.

Qua nghiên cứu các kết quả thực nghiệm trên nhiều l- u vực nhỏ, ng- ời ta đã xây dựng đ- ọc quan hệ kinh nghiệm [2, 5]:

$$I_a = 0.2S \quad (2.55)$$

Trên cơ sở này, ta có:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.56)$$

Lập đồ thị quan hệ giữa  $P$  và  $P_e$  bằng các số liệu của nhiều l- u vực, ng- ời ta đã tìm ra đ- ọc họ các đ- ờng cong. Để tiêu chuẩn hoá các đ- ờng cong này, ng- ời ta sử dụng số liệu của đ- ờng cong,  $CN$  làm thông số. Đó là một số không thứ nguyên, lấy giá trị trong khoảng  $0 \leq CN \leq 100$  [5]. Đối với các mặt không thấm hoặc mặt n- óc,  $CN = 100$ ; đối với các mặt tự nhiên,  $CN < 100$ . Số hiệu của đ- ờng cong và  $S$  liên hệ với nhau qua ph- ơng trình:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ (inche)} \quad \text{hay} \quad S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ (mm)} \quad (2.57)$$

#### 2.4.2 Phát triển ph- ơng pháp SCS

Ph- ơng pháp SCS đã đ- ọc 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- ọc 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- ọc chấp nhận ở những l- u vực có rừng 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- ọc duy trì qua nhiều năm bởi vì nó dễ áp dụng, ta có thể lựa chọn các giá trị thông số theo những đặc tr- ng tự nhiên của l- u vực.

Hiện nay, ph- ơng pháp SCS có những h- ớng phát triển:

1. Chứng minh tính lý luận của ph- ơng pháp SCS (Trong nghiên cứu của Bofu Yu: Đối với l- u vực không thấm với khả năng thấm bằng không, dòng chảy m- a rào cân bằng với l- ợng m- a hiệu quả. Khi c- ờng độ m- a tăng dần, dòng chảy m- a rào cũng tăng với khả năng thấm bình quân nhất định).

2. Hiệu chỉnh công thức tính thấm  $I_a = 0.2S$  (Trong nghiên cứu của Lashman Nandagiri với công thức  $I_a = 0.3S$  cho l- u vực Karso ở Ấn Độ).



3. Lập lại bảng CN (Trong công trình của Lê Văn - ớc: tiến hành phân loại đất đá ở Lai Châu và thiết lập lại bảng CN ứng với từng loại đất).

## CH- ƠNG 3

# ÁP DỤNG MÔ HÌNH SỐNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU - PH- ƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN VÀ SCS MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH M- A - DÒNG CHẢY L- U VỰC SÔNG THU BỒN - TRẠM NÔNG SƠN

### 3.1. TÌNH HÌNH SỐ LIỆU

*Tài liệu m- a:* Tài liệu thu thập là m- a ngày và m- a giờ với thời đoạn là 6 giờ trên l- u vực sông Thu Bồn - trạm Nông Sơn. Gồm có 5 trận m- a gây lũ tiêu biểu của các năm 1999, 2000, 2001 và 2002 để xây dựng bộ thông số mô hình sóng động học một chiều. Hai trận lũ độc lập đ- ợc sử dụng để kiểm tra bộ thông số sau khi đã xây dựng đ- ợc là các trận m- a gây lũ trong năm 2002 và 2005. Thời gian của các trận lũ nh- sau:

*Bảng 3.1 Thời gian của các trận m- a gây lũ*

STT	Thời gian	Ghi chú
1	07h/03/12/1999 - 07h/07/12/1999	Xây dựng bộ thông số
2	07h/28/10/2000 - 19h/30/10/2000	-
3	19h/25/12/2000 - 19h/31/12/2000	-
4	07h/10/12/2001 - 07h/12/12/2001	-
5	01h/25/10/2002 - 19h/27/10/2002	-
6	01h/07/11/2002 - 01h/10/11/2002	Kiểm định bộ thông số
7	13h/10/10/2005 - 01h/13/10/2005	-

Thời gian của các trận lũ đơn trung bình khoảng 2 đến 6 ngày đo tại trạm đo m- a Nông Sơn. Tài liệu này do Trung tâm T- liệu KTTV, Bộ Tài nguyên và Môi tr- ờng cung cấp.

**Số liệu dòng chảy:** là giá trị dòng chảy tại cửa ra (trạm Nông Sơn) theo ngày và giờ t- ơng ứng với thời gian từng trận m- a gây lũ đ- ợc cung cấp bởi Trung tâm T- liệu KTTV.

**Số liệu mặt đê:** Bao gồm bản đồ địa hình, bản đồ rừng, bản đồ sử dụng đất, bản đồ độ dốc và bản đồ mạng l- ới thủy văn năm 2000.

- **Bản đồ địa hình:** Là bản đồ các đ- ờng đồng mức tỷ lệ 1:100.000, đ- ợc sử dụng để xét độ dốc và h- ớng dòng chảy phục vụ việc phân chia các đoạn sông, dải và phần

tử. Ngoài ra bản đồ địa hình còn đ- ọc dùng trong việc tính độ dốc các phân tử, các lòng dẫn.

- *Bản đồ rừng tỷ lệ 1:100.000* mô tả hiện trạng các loại cây trồng và rừng tự nhiên trên l- u vực, đ- ọc sử dụng để tính thông số CN của mô hình, hệ số nhám của phân tử.

- *Bản đồ hiện trạng sử dụng đất sử dụng đất*: Trong bản đồ này mô tả tình hình sử dụng đất tại từng khu vực trên l- u vực, đ- ọc sử dụng để lấy hệ số CN theo ph- ơng pháp SCS, hệ số nhám phân tử.

- *Bản đồ mạng l- ới thủy văn* dùng để phân chia l- u vực thành các đoạn sông, dải và phân tử. Bản đồ còn đ- ọc dùng để tính chiều dài lòng dẫn, độ dốc lòng dẫn của dải, diện tích phân tử, chiều dài, chiều rộng của phân tử.

- *Bản đồ độ dốc* để phân chia phân tử và tính độ dốc trung bình phân tử, tính độ dốc lòng dẫn của dải.

Các loại bản đồ trên đều đã đ- ọc số hoá và có thể truy xuất dễ dàng qua các phần mềm GIS thông dụng. Trong khoá luận này sử dụng phần mềm *MAPINFO*.

### 3.2 XÂY DỰNG BỘ THÔNG SỐ MÔ HÌNH SÓNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU TRÊN L- U VỰC SÔNG THU BỒN - TRẠM NÔNG SƠN

- *Tài liệu m- a*: M- a ban đầu đ- ọc cung cấp là giá trị m- a theo từng ngày và m- a thời đoạn 6 giờ của trạm Nông Sơn. Và theo yêu cầu số liệu đầu vào là m- a tích lũy theo giờ, nên từ số liệu m- a đo đ- ọc ta có số liệu m- a tích lũy t- ơng ứng của các trận lũ nh- trong bảng 3.2

- *Tài liệu về dòng chảy*: Dòng chảy tại trạm Nông Sơn t- ơng ứng với từng trận lũ đ- ọc dùng để so sánh với giá trị dòng chảy mô phỏng lũ sau khi chạy mô hình.

- *Tài liệu mặt đệm*: L- u vực sông Thu Bồn đ- ọc chia thành một l- ới tính gồm các đoạn sông, dải l- u vực và các phân tử trên nguyên tắc phân tích tính đồng nhất về độ dốc s- ườn và h- ướng dòng chảy qua bản đồ địa hình, bản đồ độ dốc và bản đồ mạng l- ới thủy văn trên l- u vực.

*Phân đoạn sông*: (hình 3.1) Từ bản đồ mạng l- ới sông, bản đồ độ dốc và bản đồ địa hình ta phân chia l- u vực sông Thu Bồn thành 22 đoạn sông (22 l- u vực nhỏ). Các l- u vực nhỏ đ- ọc phân chia men theo biên của l- u vực sông Thu Bồn, dựa theo các đ- ồng đồng mức, các dãy núi sao cho mỗi đoạn sông là một khu chứa n- ớc độc lập, nó

thể hiện khả năng tập trung n- ớc từ biên của l- u vực và từ các điểm đầu mối của các l- u vực con khác. Các l- u vực con đảm bảo sao cho dòng chảy không chảy tràn sang các l- u vực khác, chỉ có thể chảy qua l- u vực khác thông qua điểm đầu mối. Các l- u vực con đ- ợc ký hiệu từ I đến XXII (bảng 3.3).

Bảng 3.2 Số liệu m- a lũy tích của các trận m- a gây lũ

Trận 1 từ 07h/03/12/1999 - 07h/07/12/1999									
Tgian	0	6	12	18	24	30	36	42	48
$\Sigma X$	0	5	65.5	175.6	350.4	583.7	710.2	790.1	830.6
Tgian	54	60	66	72	78	84	90	96	102
$\Sigma X$	880.2	978.4	1042	1062	1063	1064	1064	1065	1065
Trận 2 từ 07h/28/10/2000 - 19h/30/10/2000									
Tgian	0	6	12	18	24	30	36	42	48
$\Sigma X$	0	20.9	102.1	225.9	360.3	420.4	442.3	444	445
Tgian	54	60	66						
$\Sigma X$	446.6	448.7	448.7						
Trận 3 từ 19h/25/12/2000 - 19h/31/12/2000									
Tgian	0	6	12	18	24	30	36	42	48
$\Sigma X$	0	3.8	5.8	10.9	11.6	23.6	31.1	40.5	52.1
Tgian	54	60	66	72	78	84	90	96	102
$\Sigma X$	74.1	103.8	130.9	159.7	184.2	198.5	213.8	222.6	226.5
Tgian	108	114	120	126	132	138	144		
$\Sigma X$	228.3	228.3	230.4	230.4	230.4	233.1	233.1		
Trận 4 từ 07h/10/12/2001 - 07h/12/12/2001									
Tgian	0	6	12	18	24	30	36	42	48
$\Sigma X$	0	50.2	108.2	114.6	117.6	117.6	120.5	121.2	124.7
Tgian	54								
$\Sigma X$	124.9								
Trận 5 từ 01h/25/10/2002 - 19h/27/10/2002									
Tgian	0	6	12	18	24	30	36	42	48
$\Sigma X$	0	20.5	38.1	90.2	192.2	270.5	312.7	330.7	340.5
Tgian	54	60	66	72					
$\Sigma X$	347.7	353.2	358.1	362.5					
Trận 6 từ 01h/07/11/2002 - 01h/10/11/2002									
Tgian	0	6	12	18	24	30	36	42	48
$\Sigma X$	0	23.6	40.9	52.5	62.1	105.8	123.2	142.3	150.2
Tgian	54	60	66	72	78				
$\Sigma X$	155.3	161.7	163.2	164.9	165.5				
Trận 7 từ 13h/10/10/2005 - 01h/13/10/2005									
Tgian	0	6	12	18	24	30	36	42	48
$\Sigma X$	0	15	63	72	98	115	125	127	129
Tgian	54	60	66						
$\Sigma X$	131	133	135						

*Phân dải dòng chảy:* Sau khi đã phân chia l- u vực thành các đoạn sông ta tiến hành chia đoạn sông thành các dải, sao cho trong mỗi dải dòng chảy xảy ra độc lập với dải khác và có h- ớng vuông góc với h- ớng dòng chảy lòng dẫn. L- u vực sông Thu Bồn đ- ợc chia thành 55 dải (hình 3.1). Số thứ tự của các dải ký hiệu 1, 2, 3... tăng dần từ

th- ợng l- u về phía hạ l- u của l- u vực. Sau khi phân dải dòng chảy ta đ- ợc số dải t- ợng ứng với các đoạn sông nh- trong bảng 3.3. Nh- vậy trên l- u vực phân chia thì đoạn sông XIII có số dải nhiều nhất là 5. Tuy nhiên, có tới 6 đoạn sông chỉ có 1 dải.

*Bảng 3.3 Số l- u vực con và số dải t- ợng ứng*

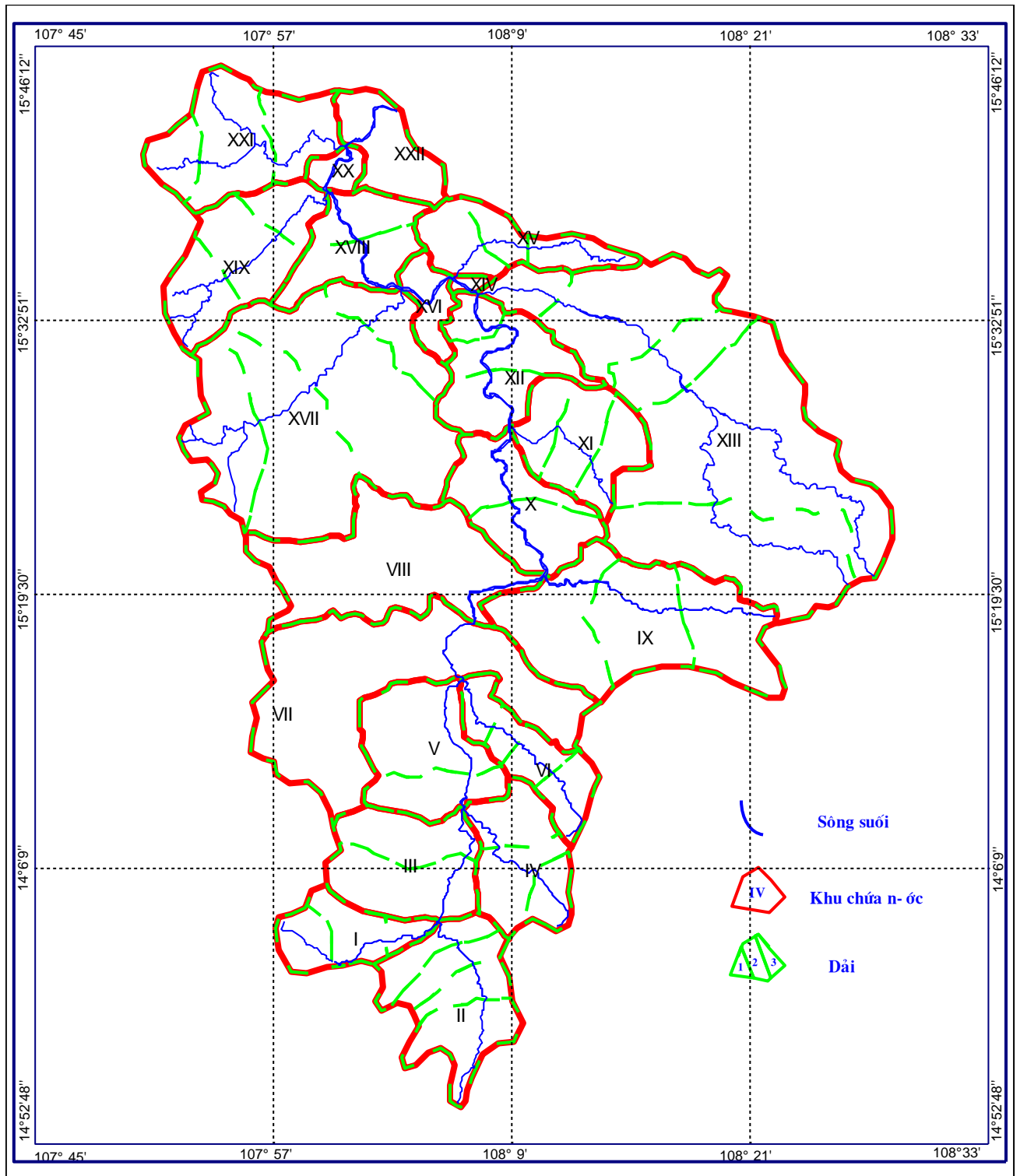
L- u vực	Số dải	L- u vực	Số dải	L- u vực	Số dải	L- u vực	Số dải
I	3	VII	1	XIII	5	XIX	3
II	4	VIII	1	XIV	1	XX	1
III	2	IX	3	XV	3	XXI	3
IV	3	X	2	XVI	1	XXII	1
V	2	XI	3	XVII	4		
VI	4	XII	3	XVIII	2		

*Phân chia các phần tử:* Từ các dải của các đoạn sông ta tiến hành phân chia các dải ra thành các phần tử sao cho độ dốc s- ờn dốc trong mỗi phần tử t- ợng đối đồng nhất, dòng chảy trong mỗi phần tử chảy độc lập với các phần tử khác. Theo giả thiết đó thì l- u vực sông Thu Bồn đến trạm Nông Sơn đ- ợc chia thành l- ới phần tử khá chi tiết bao gồm 187 phần tử (hình 3.2). Các phần tử đ- ợc ký hiệu theo thứ tự: Các phần tử phía trái lòng dẫn của dải đ- ợc ký hiệu là IL11, IIL11,..., XXIIL11. Các phần tử phía phải của lòng dẫn t- ợng tự đ- ợc ký hiệu là IR11, IIR11,..., XXIIR11. Trong đó các ký hiệu số La Mã I, II,..., XXII là chỉ số các đoạn sông; L, R chỉ phần tử thuộc phái trái hay phải của lòng dẫn của dải; số tự nhiên thứ nhất chỉ thứ tự của dải trong đoạn sông, số tự nhiên thứ hai chỉ số thứ tự của phần tử trong dải. Tên của các phần tử đ- ợc thống kê trong bảng 3.4. Qua thống kê ta thấy trên l- u vực nghiên cứu thì đoạn sông XVII có số phần tử nhiều nhất (23 phần tử).

Nh- vậy trên l- u vực sông Thu Bồn đ- ợc chia thành 22 đoạn sông, 55 dải và 187 phần tử.

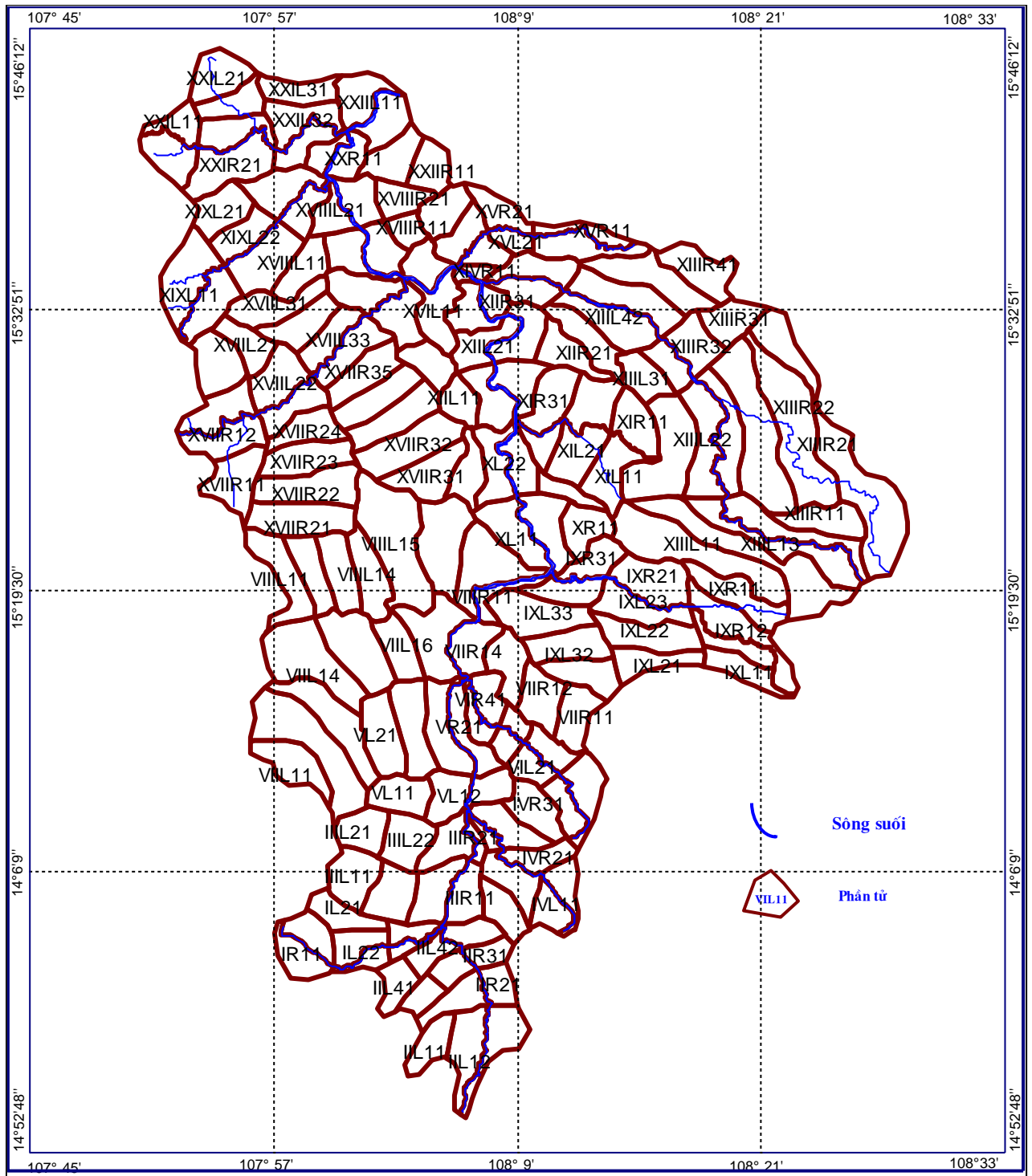
- *Xác định thông số:* Sau khi phân chia l- u vực thành l- ới phần tử, tiến hành tách từng phần tử của l- u vực ra thông qua phần mềm *Mapinfo*. Để tính toán đ- ợc các thông số của mô hình sóng động học một chiều ta tiến hành tách các bản đồ độ dốc, bản đồ mạng l- ới sông suối, bản đồ sử dụng đất t- ợng ứng với mỗi phần tử. Sau khi có

bản đồ tương ứng với mỗi phân tử của các loại bản đồ, sử dụng phần mềm Mapinfo và Excel để tính các thông số cho mô hình sóng động học.



**Hình 3.1** Bản đồ phân chia khu chứa n-ớc, các đài trên l- u vực sông Thu Bồn - Trại Nông Sơn





Hình 3.2 Bản đồ phân chia các phần tử trên I- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn

**Bảng 3.4 Các phân tử của l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn**

STT	Sông I	Sông II	Sông III	Sông IV	Sông V	Sông VI	Sông VII	Sông VIII
1	IL11	IIL11	IIIL11	IVL11	VL11	VIL11	VIII11	VIIIL11
2	IL21	IIL12	IIIL12	IVL21	VL12	VIL21	VIII12	VIIIL12
3	IL22	IIL21	IIIL13	IVL22	VL21	VIL31	VIII13	VIIIL13
4	IL31	IIL31	IIIL21	IVL31	VL22	VIL41	VIII14	VIIIL14
5	IR11	IIL32	IIIL22	IVR11	VL23	VIR11	VIII15	VIIIL15
6	IR21	IIL41	IIIL23	IVR21	VR11	VIR21	VIII16	VIIIL16
7	IR31	IIL42	IIIR11	IVR31	VR21	VIR31	VIII17	VIIIL17
8		IIR11	IIIR21	IVR32		VIR41	VIIR11	VIIIR11
9		IIR21					VIIR12	
10		IIR31					VIIR13	
11		IIR41					VIIR14	
Tổng	7	11	8	8	7	8	11	8

STT	Sông IX	Sông X	Sông XI	Sông XII	Sông XIII	Sông XIV	Sông XV
1	IXL11	XL11	XIL11	XIIL11	XIIIL11	XIVL11	XVL11
2	IXL12	XL21	XIL21	XIIL12	XIIIL12	XIVR11	XVL21
3	IXL21	XL22	XIL31	XIIL21	XIIIL13		XVL31
4	IXL22	XR11	XIR11	XIIL31	XIIIL21		XVR11
5	IXL23	XR12	XIR21	XIIR11	XIIIL22		XVR21
6	IXL31	XR21	XIR31	XIIR21	XIIIL31		XVR31
7	IXL32	XR22		XIIR22	XIIIL32		XVR32
8	IXL33			XIIR31	XIIIL41		
9	IXL34				XIIIL42		
10	IXR11				XIIIL51		
11	IXR12				XIIIR11		
12	IXR21				XIIIR12		
13	IXR31				XIIIR21		
14					XIIIR22		
15					XIIIR23		
16					XIIIR24		
17					XIIIR31		
18					XIIIR32		
19					XIIIR41		
20					XIIIR42		
21					XIIIR43		
22					XIIIR51		
Tổng	13	7	6	8	22	2	7

STT	Sông XVI	Sông XVII	Sông XVIII	Sông XIX	Sông XX	Sông XXI	Sông XXII
1	XVIL11	XVIII11	XVIIIIL11	XIXL11	XXL11	XXIL11	XXIIL11
2	XVIR11	XVIII12	XVIIIIL12	XIXL21	XXR11	XXIL21	XXIIR11
3		XVIII21	XVIIIIL21	XIXL22		XXIL22	XXIIR12
4		XVIII22	XVIIIIR11	XIXL31		XXIL23	XXIIR13
5		XVIII31	XVIIIIR12	XIXR11		XXIL31	
6		XVIII32	XVIIIIR21	XIXR21		XXIL32	
7		XVIII33	XVIIIIR22	XIXR31		XXIR11	
8		XVIII41				XXIR21	
9		XVIIIIR11				XXIR31	
10		XVIIIIR12					
11		XVIIIIR21					
12		XVIIIIR22					
13		XVIIIIR23					
14		XVIIIIR24					
15		XVIIIIR25					
16		XVIIIIR31					
17		XVIIIIR32					
18		XVIIIIR33					
19		XVIIIIR34					
20		XVIIIIR35					
21		XVIIIIR36					
22		XVIIIIR41					
23		XVIIIIR42					
Tổng	2	23	7	7	2	9	4

+ *Nhóm các thông số đo đạc*: Diện tích phân tử, chiều dài phân tử, chiều rộng phân tử, độ dốc trung bình phân tử, hệ số CN, hệ số nhám bề mặt (n), chiều dài lòng dẫn, độ dốc đoạn lòng dẫn của dải.

+ *Nhóm các thông số tối - u*: thời gian tính, độ rộng lòng dẫn, hệ số nhám lòng dẫn, độ dốc mái kênh.

***Diện tích, chiều dài, chiều rộng của các phân tử*** đ- ợc xác định từ bản đồ số. Trên cơ sở các phân tử đã đ- ợc cắt ra diện tích phân tử đ- ợc đo trực tiếp trên bản đồ số. Chiều dài của phân tử đo theo h- ớng dòng chảy cũng đ- ợc đo một cách trực tiếp. Còn chiều rộng của phân tử là tỷ số giữa diện tích phân tử và chiều dài phân tử (coi phân tử là hình chữ nhật để tính chiều rộng trung bình của phân tử).

**Độ dốc trung bình phân tử:** Từ bản đồ độ dốc sau khi đã cắt riêng t-ong ứng với từng phần tử tiến hành tính độ dốc trung bình của phần tử theo ph-ong pháp trung bình trọng số, bằng cách đo diện tích của từng loại độ dốc có trong phần tử, rồi dùng công thức tính trung bình có trọng số áp dụng cho tất cả các phần tử.

**Hệ số CN, hệ số nhám bề mặt của từng phần tử:** Từ bản đồ sử dụng đất, và bản đồ rừng sau khi đã cắt riêng t-ong ứng với từng phần tử tiến hành đo diện tích của mỗi loại sử dụng đất trong phần tử, kết hợp với bảng phân loại đất rồi tra đ-ợc CN ứng với mỗi loại sử dụng đất, đồng thời cũng tra đ-ợc giá trị của hệ số nhám n t-ong ứng với mỗi loại sử dụng đất đó [4, 5]. Sau đó, tính CN trung bình, n trung bình của từng phần tử theo công thức trung bình trọng số.

**Chiều dài lòng dẫn, độ dốc lòng dẫn của dải** đ-ợc xác định dựa trên bản đồ mạng l-ới sông suối và bản đồ địa hình. Chiều dài lòng dẫn đ-ợc đo trực tiếp trên bản đồ. Còn độ dốc lòng dẫn là tỉ số giữa độ chênh cao lớn nhất trong dải và chiều dài lòng dẫn của dải.

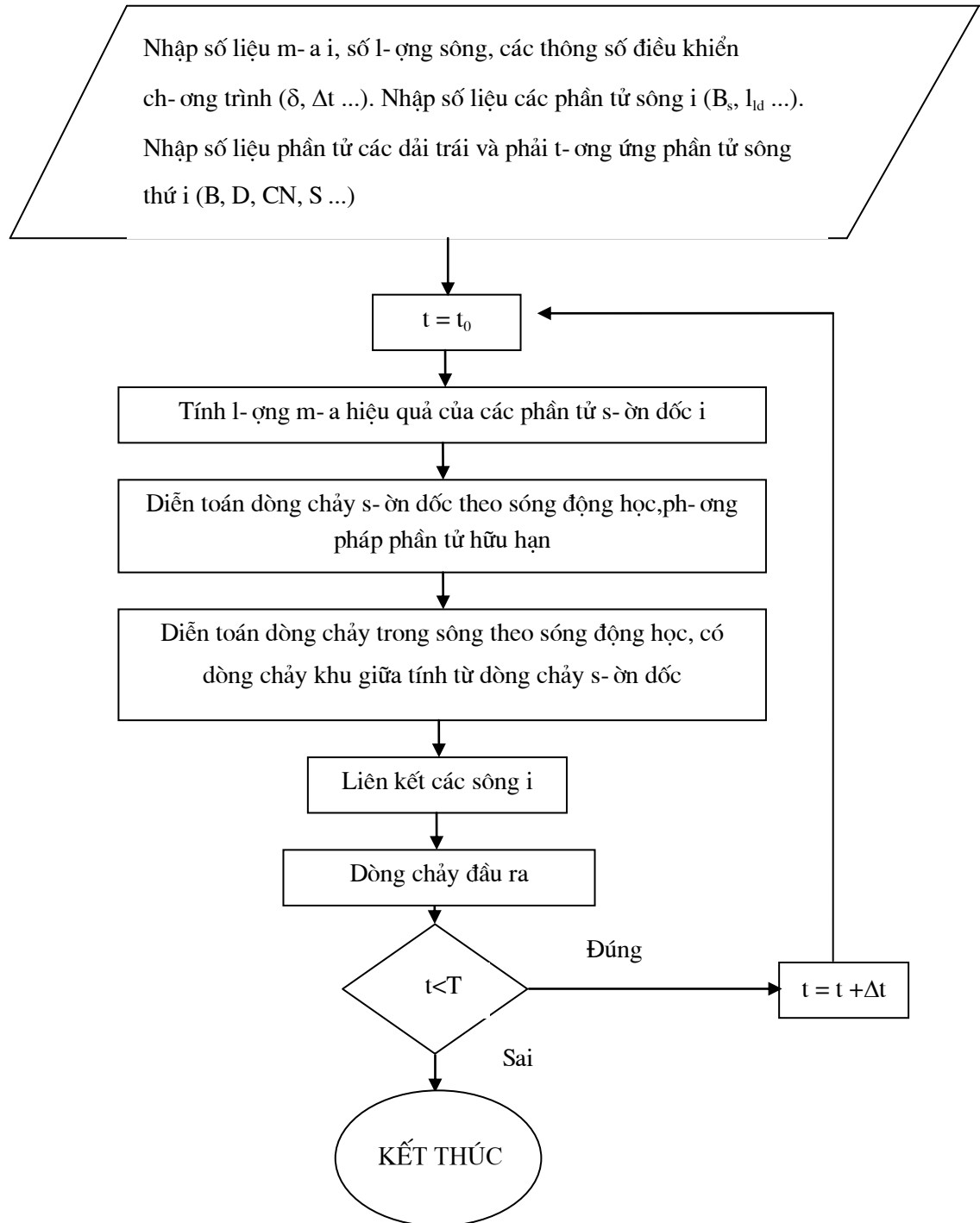
**Thời gian tính, độ rộng lòng dẫn, hệ số nhám lòng dẫn và độ dốc mái kênh của dải** là những thông số của mô hình và đ-ợc tối - u trong quá trình mô phỏng lũ. Độ rộng lòng dẫn, hệ số nhám lòng dẫn, độ dốc mái kênh có thể đo đạc khảo sát trên thực địa, nh-ng do điều kiện không cho phép nên thông số này đ-ợc tối - u hoá trong quá trình mô phỏng lũ. Độ dốc mái kênh đ-ợc lấy là kênh hình thang với hệ số độ dốc mái kênh là 1.5 [4].

Công cụ đo đạc và tính toán các thông số mô hình sóng động học một chiều đ-ợc sử dụng là *Mapinfo* và *Excel*.

### 3.3 ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SỐNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU - PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN VÀ SCS MÔ PHỎNG LŨ TRÊN L- U VỰC SÔNG THU BỒN - TRẠM NÔNG SƠN

#### 3.3.1 Chương trình tính

##### 1. Sơ đồ khối



Hình 3.3 Sơ đồ khối của ch- ơng trình mô phỏng dòng chảy theo ph- ơng pháp phần tử hữu hạn sóng động học

## 2. Mô tả file số liệu của chương trình tính

File số liệu viết cho một dải của một đoạn sông có dạng như sau:

22 0.0001 20 11 60 100 3

(Số đoạn sông, sai số tính, thời gian hội tụ, số cặp tính, thời gian tính, vòng lặp, phương án tính)

0 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60

(Thời gian m- a lũy tích)

0 4.5 24.1 67.6 114.4 140.5 153.7 164.2 172.9 181.8 190.3

(M- a lũy tích 6h)

3 song1 (song 1 trong ban do) so dai

0 song do vao

140 145 150 do rong cua song ung voi tung dai

1.5 1.5 1.5 do doc mai kenh

6926 6064 5845 chieu dai doan long dan cua dai

0.21330.10620.04 do doc doan long dan cua dai

1 2 1 so phan tu trai

1 1 1 so phan tu phai

0.025 0.025 0.025 do nham song

4482 chieu rong left cua cac phan tu thuoc dai 1

4.815 chieu rong right cua cac phan tu thuoc dai 1

2570 chieu dai left cua cac phan tu thuoc dai 1

2590 chieu dai right cua cac phan tu thuoc dai 1

0.35 he so nham left cua cac phan tu thuoc dai 1

0.35 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

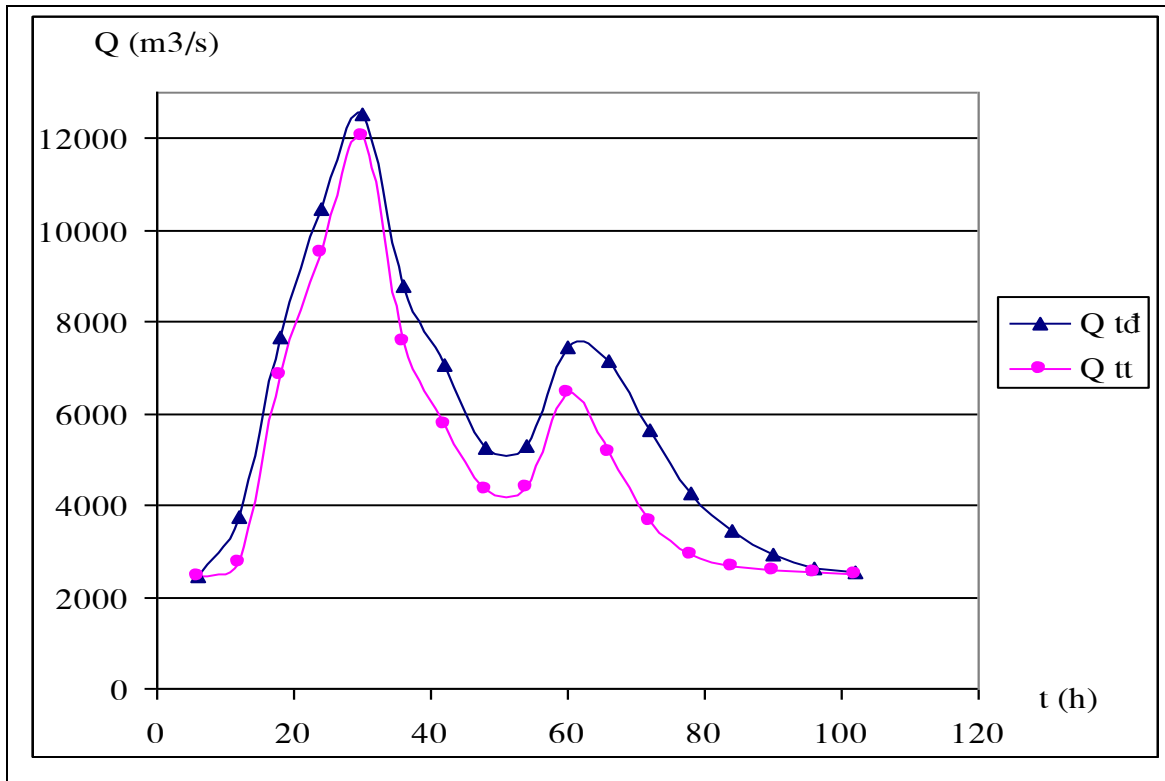
0.3489 do doc left cua cac phan tu thuoc dai 1

0.3489 do doc right cua cac phan tu thuoc dai 1

(Cứ thể tiếp tục cho các dải và các đoạn sông tiếp theo)

### 3.3.2 Kết quả tính toán

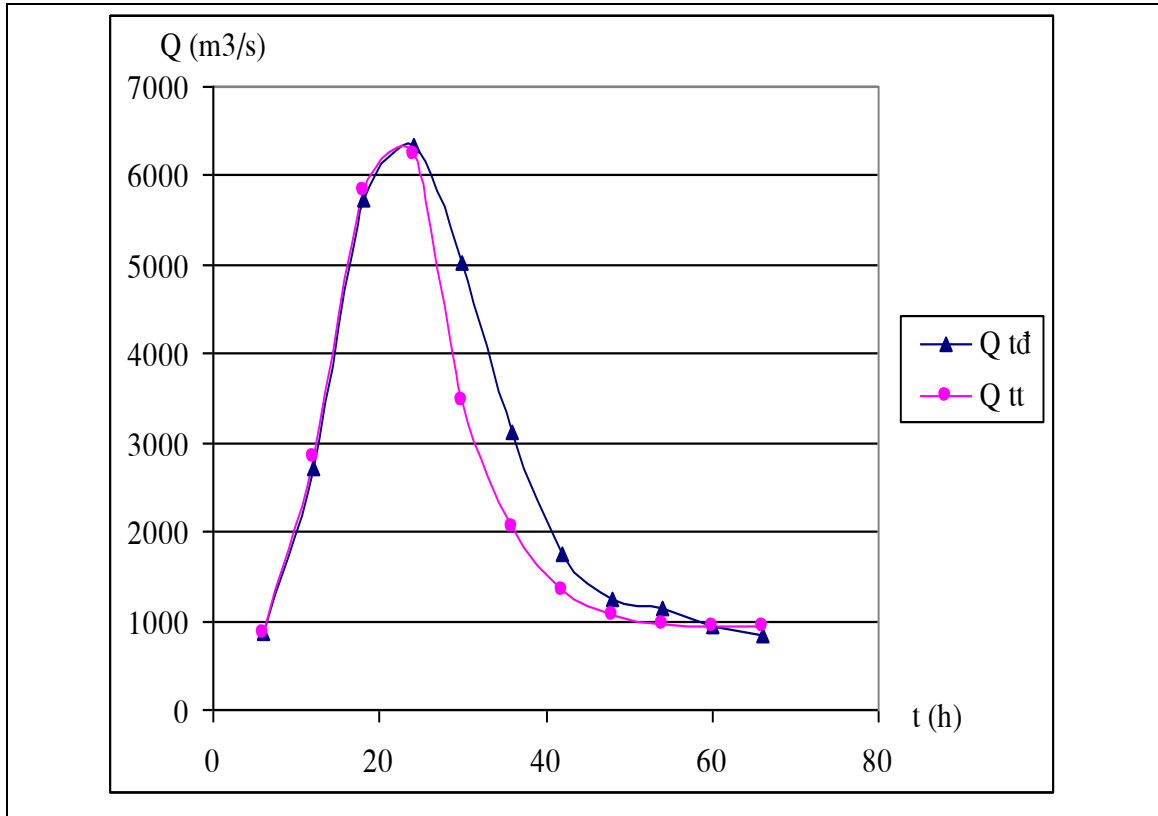
- Dưới đây là kết quả mô phỏng tính toán của 5 trận lũ tiêu biểu đã đo đạc trong các năm 1999, 2000, 2001, 2002. Trên cơ sở này xây dựng bộ thông số mô hình sóng động học một chiều trên l- u vực sông Thu Bồn.



**Hình 3.4 Kết quả đ- ồng quá trình mô phỏng lũ từ 07h/03/12 đến 07h/07/12 năm 1999 trên l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn**

Sai số Q max1		3.68%							
Sai số Q max2		13.27%							
Sai số tổng l- ợng		15.19%							
R <sup>2</sup>		86.35%							
t (h)	6	12	18	24	30	36	42	48	54
Q td	2460	3760	7660	10450	12530	8760	7050	5250	5300
Q tt	2460	2754	6843	9506	12069	7575	5781	4329	4409
t (h)	60	66	72	78	84	90	96	102	
Q td	7450	7130	5620	4280	3430	2910	2640	2530	

Q tt	6461	5158	3642	2908	2656	2562	2522	2506	
------	------	------	------	------	------	------	------	------	--

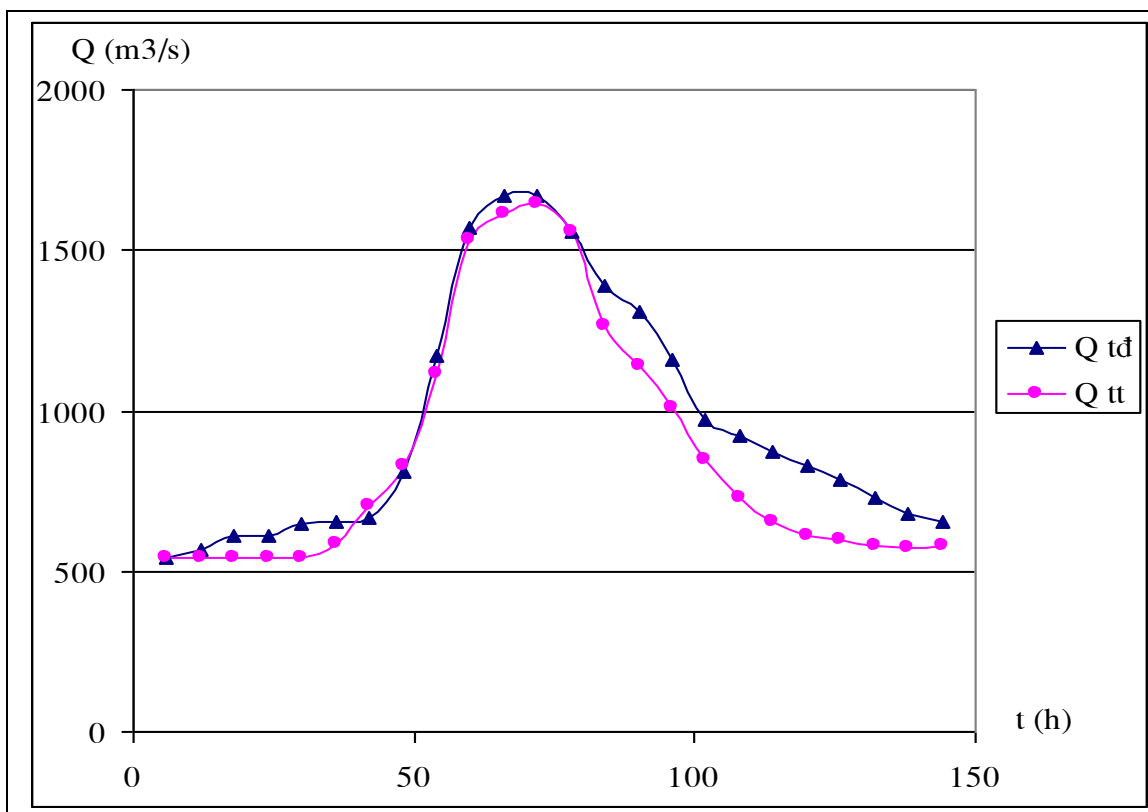


**Hình 3.5 Kết quả đ- ồng quá trình mô phỏng lũ từ 07h/28/10 đến 19h/30/10 năm 2000 trên l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn**

Sai số Q max		1.56%						
Sai số tổng l- ợng		10.57%						
R <sup>2</sup>		91.29%						
t (h)	6	12	18	24	30	36	42	48
Q td	858	2710	5730	6340	5010	3130	1740	1250
Q tt	858	2829	5840	6241	3473	2063	1333	1069
t (h)	54	60	66					

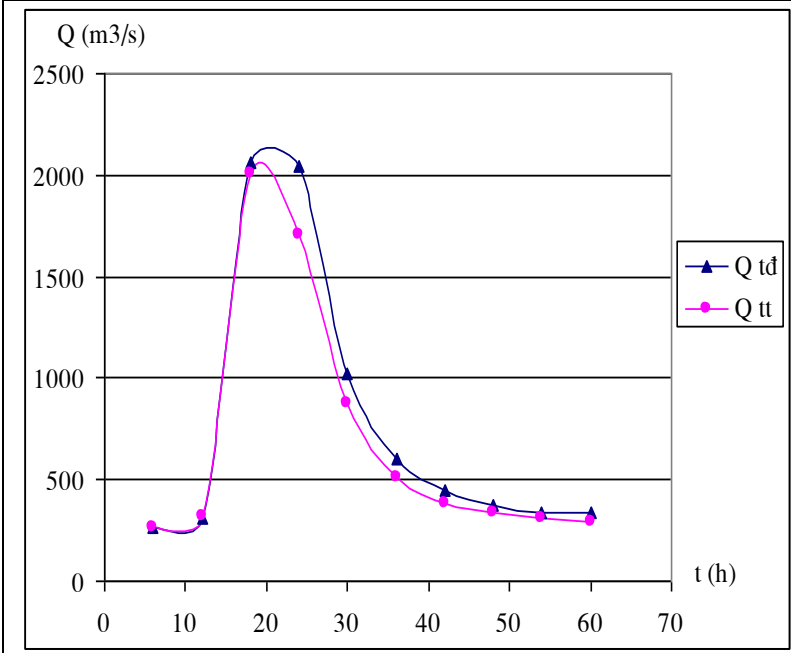


Q tđ	1150	934	840					
Q tt	973	945	929					



**Hình 3.6 Kết quả đ- ờng quá trình mô phỏng lũ từ 19h/25/12 đến 19h/31/12 năm 2000 trên l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn**

Sai số Q max					1.62%			
Sai số tổng l- ợng					9.50%			
R <sup>2</sup>					90.05%			
t (h)	6	12	18	24	30	36	42	48
Q td	540	566	609	613	646	657	669	811
Q tt	540	540	540	540	541	584	704	829
t (h)	54	60	66	75	78	84	90	96
Q td	1170	1570	1670	1670	1560	1390	1310	1160
Q tt	1117	1532	1614	1643	1556	1262	1143	1008
t (h)	102	108	114	120	126	132	138	144
Q td	971	925	875	826	784	726	681	656
Q tt	847	726	651	613	598	581	575	579

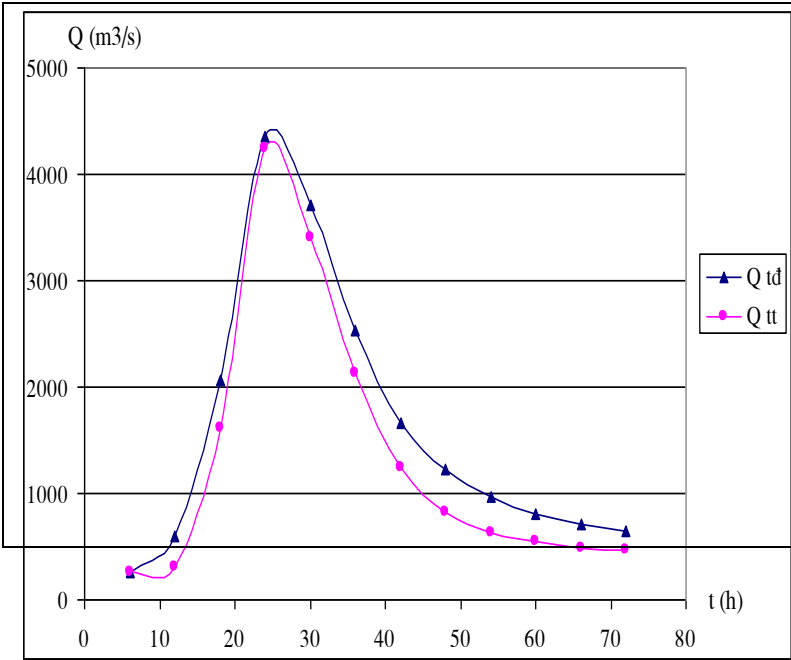


t (h)	Q td	Q tt
6	263	263
12	307	322
18	2060	2007
24	2040	1708
30	1020	877
36	604	516
42	448	385
48	373	334
54	337	308
60	340	292

Sai số Q max	2.56%
--------------	-------

**Hình 3.7 Kết quả d- òng quá trình mô phỏng lũ từ 07h/10/12 đến 07h/12/12 năm 2001 trên l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn**

Sai số tổng l- ợng	10.00%
R <sup>2</sup>	96.65%



t (h)	Q td	Q tt
6	261	261
12	604	312
18	2070	1609
24	4360	4244
30	3710	3405
36	2530	2132
42	1660	1245
48	1230	820
54	964	635
60	809	546
66	710	491

	72	641	462
	Sai số Q max	2.67%	
<b>Hình 3.8 Kết quả đ- ờng quá trình mô phỏng lũ từ 01h/25/10 đến 19h/27/10 năm 2002 trên l- u vực sông Thu Bồn - Trạm Nông Sơn</b>	Sai số tổng l- ợng	17.33%	
	R <sup>2</sup>	93.83%	

- Theo tiêu chuẩn đánh giá sai số của tổ chức khí tượng thế giới (WMO) thông qua độ hữu hiệu (đánh giá theo chỉ tiêu  $R^2$ ).

Chỉ tiêu  $R^2$  đã được xác định như sau:

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

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

Trong đó:  $Q_{id}$  là lượng thực đo;  $Q_{it}$  là lượng tính toán;  $\overline{Q_d}$  là lượng thực đo tính trung bình trong thời kỳ tính toán.

Tiêu chuẩn đánh giá như sau:

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

**Bảng 3.5 Sai số tổng lượng, đỉnh lũ và độ hữu hiệu  $R^2$  của 05 trận lũ mô phỏng trên lưu vực sông Thu Bồn - trạm Nông Sơn**

Trận lũ	$R^2$ (%)	Sai số đỉnh lũ (%)	Sai số tổng lượng (%)
07h/03/12/1999 - 07h/07/12/1999	86.35	3.68	15.19
07h/28/10/2000 - 19h/30/10/2000	91.29	1.56	10.57
19h/25/12/2000 - 19h/31/12/2000	90.05	1.62	9.5
07h/10/12/2001 - 07h/12/12/2001	96.65	2.56	10.0
01h/25/10/2002 - 19h/27/10/2002	93.83	2.67	17.33
Trung bình	91.63	2.42	12.52

Trên cơ sở 5 trận lũ mô phỏng để xây dựng bộ thông số mô hình sóng động học một chiều cho lưu vực sông Thu Bồn - trạm Nông Sơn ta thu được kết quả:

- Trận thứ nhất từ 07h/03/12 đến 07h/07/12 năm 1999: Sai số tổng lượng là 13.27%, sai số đỉnh là 3.68% và thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán trùng với đỉnh lũ thực đo. Độ hữu hiệu là 86.35% thuộc loại tốt.

- Trận thứ hai từ 07h/28/10 đến 19h/30/10 năm 2000: Sai số tổng lượng là 10.57%, sai số đỉnh là 1.56% và thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán trùng với đỉnh lũ thực đo. Độ hữu hiệu là 91.29% thuộc loại tốt.

- Trận thứ ba từ 19h/25/12 đến 19h/31/12 năm 2000: Sai số tổng l- ợng là 9.5%, sai số đỉnh là 1.62% và thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán trùng với đỉnh lũ thực đo. Độ hữu hiệu là 90.05% thuộc loại tốt.

- Trận thứ t- từ 07h/10/12 đến 07h/12/12 năm 2001: Sai số tổng l- ợng là 10.00%, sai số đỉnh là 2.56% và thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán trùng với đỉnh lũ thực đo. Độ hữu hiệu là 96.65% thuộc loại tốt.

- Trận thứ năm từ 01h/25/10 đến 19h/27/10 năm 2002: Sai số tổng l- ợng là 17.33%, sai số đỉnh là 2.67% và thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán trùng với đỉnh lũ thực đo. Độ hữu hiệu là 93.83% thuộc loại tốt.

*Nhận xét chung:*

+ Về độ hữu hiệu  $R^2$ : dao động từ 86.35% đến 96.65% trung bình là 91.63%. So sánh với chỉ tiêu của WMO ta thấy đ- ợc độ hữu hiệu thuộc vào loại tốt.

+ Về đỉnh: sai số dao động từ 1.56% đến 3.68% trung bình là 2.42% thuộc loại tốt.

+ Về l- ợng: sai số dao động 9.5% đến 17.33% trung bình là 12.52% thuộc loại khá.

Với 5 trận lũ mô phỏng trên l- u vực sông Thu Bồn thì độ hữu hiệu  $R^2$  của cả 5 trận lũ đều > 85% thuộc loại tốt. Với kết quả thu đ- ợc thì bộ thông số xây dựng cho mô hình sóng động học một chiều trên l- u vực sông Thu Bồn là tốt. Bộ thông số xây dựng đ- ợc là ổn định. Nhóm thông số đo đạc đ- ợc trình bày trong bảng 3.6 và các thông số tối - u đ- ợc trình bày thêm trong phụ lục.

- Với bộ thông số vừa xây dựng đ- ợc đem kiểm tra hai con lũ với t- cách là chuỗi số liệu độc lập (chuỗi số liệu năm 2002 và 2005), kết quả thu đ- ợc đ- ợc thể hiện trên hình 3.8 và 3.9 và bảng 3.7.

+ Với mô phỏng lũ độc lập từ 01h/07/11 đến 01h/10/11 năm 2002 (hình 3.9) thì độ hữu hiệu thu đ- ợc là 96.51% (>85%), thuộc loại tốt. Sai số đỉnh là 1.17%, thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán và thực đo là trùng nhau. Sai số tổng l- ợng là 3.83%, thuộc loại tốt.

+ Với mô phỏng lũ độc lập từ 13h/10/10 đến 01h/13/10 năm 2005 (hình 3.10) độ hữu hiệu là 98.48%, sai số đỉnh là 1.27%, thời gian xuất hiện đỉnh lũ giữa tính toán và thực đo trùng nhau, sai số tổng l- ợng là 0.21%. Kết quả thu đ- ợc thuộc loại tốt.

**Bảng 3.6 Nhóm các thông số đo đạc**

Phần tử	Diện tích phần tử (km <sup>2</sup> )	Chiều dài phần tử (km)	Chiều rộng phần tử (km)	Độ dốc phần tử (rad)	Hệ số CN	Chiều dài lòng dẫn của dải (km)	Độ dốc lòng dẫn của dải	Hệ số nhám lòng dẫn của dải	Hệ số nhám bề mặt của phần tử
<b>Đoạn sông I</b>									
IL11	11.52	2.57	4.482	0.3489	66	6.926	0.2133	0.025	0.35
IL21	13.27	2.94	4.514	0.4062	66	6.064	0.1062	0.025	0.35
IL22	11	3.07	3.583	0.4515	66	5.845	0.04	0.025	0.35
IL31	6.726	1.5	4.484	0.4696	66				0.35
IR11	12.47	2.59	4.815	0.3489	66				0.35
IR21	5.557	1.37	4.056	0.5052	66				0.35
IR31	3.699	1.08	3.425	0.4853	66				0.35
<b>Đoạn sông II</b>									
IIL11	12.65	2.96	4.274	0.3489	55.16	11.2	0.1008	0.027	0.3993
IIL12	19.27	3.02	6.381	0.3489	63.53	3.854	0.015	0.027	0.3611
IIL21	13.36	6.61	2.021	0.3489	63.87	2.426	0.0219	0.025	0.3595
IIL31	8.094	3.63	2.230	0.3489	60.6	3.837	0.018	0.025	0.3746
IIL32	8.191	3.24	2.528	0.3489	66				0.35
IIL41	11.41	3.58	3.187	0.5081	63.28				0.3623
IIL42	8.733	4.02	2.172	0.4861	66				0.35
IIR11	17.25	3.68	4.688	0.3489	66.02				0.35
IIR21	9.445	2.77	3.410	0.3489	66.01				0.35
IIR31	8.13	4.18	1.945	0.3489	66				0.35
IIR41	9.839	4.33	2.272	0.2959	66				0.35
<b>Đoạn sông III</b>									
IIIL11	19	4.21	4.513	0.4653	66	6.955	0.0319	0.025	0.35
IIIL12	18.23	3.94	4.627	0.5233	66	5.839	0.0231	0.028	0.35
IIIL13	17.14	3.11	5.511	0.3619	65.98				0.35
IIIL21	14.32	4.36	3.284	0.5189	63.91				0.3595
IIIL22	17.96	4.14	4.338	0.4931	65.99				0.35
IIIL23	14.33	3.96	3.619	0.3302	66.69				0.3569

IIR11	13.85	2.76	5.018	0.2256	65.98				0.35
IIR21	3.491	1.05	3.325	0.2603	66.67				0.3568
Đoạn sông IV									
IVL11	10.37	2.7	3.841	0.3489	65.48	7.167	0.1835	0.027	0.3522
IVL21	13.42	3.13	4.288	0.2258	65.59	5.693	0.0381	0.04	0.3518
IVL22	14.17	2.56	5.535	0.2632	65.48	5.937	0.0318	0.027	0.372
IVL31	3.58	1.23	2.911	0.2561	66.48				0.3549
IVR11	10.39	2.47	4.206	0.3489	64.41				0.3572
IVR21	11.54	4.73	2.44	0.2774	55.74				0.3967
IVR31	16.27	3.18	5.116	0.3489	64.12				0.3587
IVR32	15.18	2.42	6.273	0.2904	63.53				0.3626
Đoạn sông V									
VL11	16.79	5.88	2.855	0.3578	65.71	3.405	0.0016	0.033	0.359
VL12	14.51	3.36	4.318	0.3489	66.9	10.53	0.0105	0.032	0.3741
VL21	21.41	3.37	6.353	0.3489	62.22				0.3672
VL22	22.72	2.64	8.606	0.3489	66.3				0.3518
VL23	20.62	2.36	8.737	0.3489	61.9				0.3686
VR11	10.26	3.87	2.651	0.3489	60.91				0.3728
VR21	14.23	2.17	6.558	0.3489	62.24				0.3672
Đoạn sông VI									
VIL11	10.52	2.01	5.234	0.3489	63.34	8.336	0.1062	0.032	0.362
VIL21	9.367	2.43	3.855	0.3489	56.17	4.952	0.0361	0.04	0.3947
VIL31	5.837	2.52	2.316	0.3489	58.94	3.023	0.0284	0.035	0.3821
VIL41	7.064	1.95	3.623	0.3489	64.92	6.942	0.0243	0.027	0.3549
VIR11	15.43	3.53	4.371	0.3489	58.57				0.3838
VIR21	9.676	2.15	4.5	0.3489	60.79				0.3916
VIR31	4.918	1.94	2.535	0.3489	58.87				0.3823
VIR41	11.03	2.75	4.011	0.3489	66				0.35
Đoạn sông VII									
VIII11	19.12	3.51	5.447	0.3489	62.99	8.166	0.0009	0.031	0.3636
VIII12	42.74	3.76	11.37	0.3551	61.06				0.3724
VIII13	27.24	2.64	10.32	0.3489	61.59				0.37
VIII14	36.63	3.58	10.23	0.3489	63.6				0.361
VIII15	29.87	4.11	7.268	0.3489	64.4				0.3572



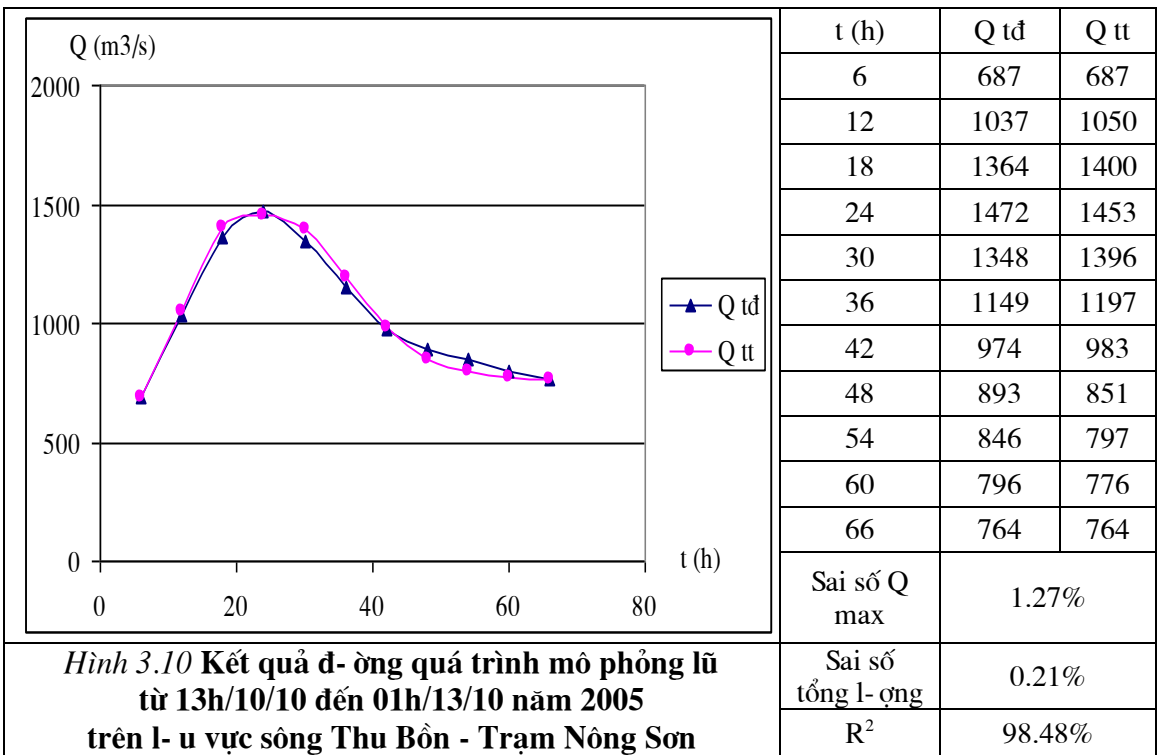
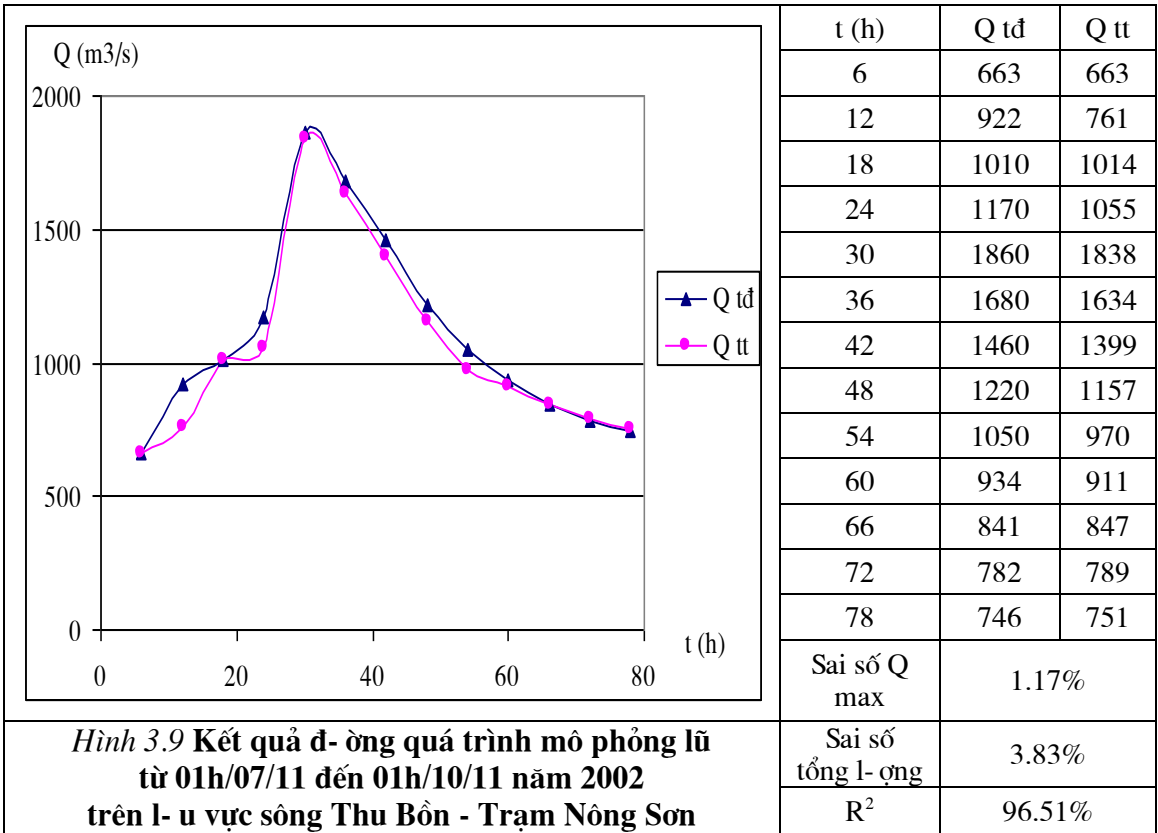
VIII16	15.53	2.69	5.773	0.3489	62.93				0.3639
VIII17	26.81	4	6.703	0.3533	63				0.3636
VIIR11	16.06	2.64	6.083	0.3552	65.06				0.3282
VIIR12	17.48	3.8	4.6	0.3489	66.42				0.3261
VIIR13	16.56	4.05	4.089	0.3648	64.49				0.3569
VIIR14	15.41	3.36	4.586	0.364	62.44				0.3662
Đoạn sông VIII									
VIII11	21.38	2.17	9.853	0.4855	55.05	10.02	0.0006	0.03	0.3997
VIII12	15.97	2.25	7.098	0.456	59.05				0.3815
VIII13	17.72	2.6	6.815	0.3489	61.8				0.3691
VIII14	19.16	2.55	7.514	0.3489	64.27				0.3579
VIII15	48.37	4.81	10.06	0.3489	60.95				0.373
VIII16	30.95	4.14	7.476	0.3554	64.77				0.3556
VIII17	28.31	4.06	6.973	0.371	65.28				0.3542
VIIR11	8.123	1.06	7.663	0.4468	62.53				0.3692
Đoạn sông IX									
IXL11	12.85	2.27	5.661	0.5233	68.66	15.9	0.0663	0.026	0.3057
IXL12	10.67	1.8	5.928	0.5233	67.67	8.918	0.0103	0.026	0.3226
IXL21	14.04	2.03	6.916	0.5233	68.73	6.424	0.005	0.027	0.302
IXL22	21.32	2.5	8.528	0.5233	65.52				0.3252
IXL23	18.07	2.31	7.823	0.5233	64.29				0.3456
IXL31	16.17	3.55	4.555	0.4122	66.56				0.3175
IXL32	18.38	2.74	6.708	0.4759	61.24				0.3571
IXL33	25.8	3.35	7.701	0.4842	62.09				0.3678
IXL34	13.07	2.2	5.941	0.3766	72.61				0.3416
IXR11	20.83	2.66	7.831	0.451	43.25				0.3846
IXR12	23.62	3	7.873	0.522	64.09				0.3569
IXR21	23.2	2.19	10.59	0.5029	65.82				0.3589
IXR31	12.99	4.07	3.192	0.4845	73.72				0.3397
Đoạn sông X									
XL11	20.12	3.02	6.662	0.4317	69.33	8.625	0.0007	0.027	0.3407
XL21	13.5	3.09	4.369	0.5231	65.95	8.941	0.0007	0.026	0.3504
XL22	16.48	2.3	7.165	0.5233	66.46				0.3554
XR11	15.22	4.66	3.266	0.5204	65.98				0.35

XR12	19.11	2.75	6.949	0.477	66.79				0.3484
XR21	8.059	6.5	1.24	0.4688	66.58				0.3557
XR22	12.35	2.7	4.574	0.5233	66.81				0.3638
Đoạn sông XI									
XIL11	19.27	5.48	3.516	0.3723	67.99	5.69	0.001	0.025	0.37
XIL21	19.29	5.5	3.507	0.4347	69.19	5.977	0.0012	0.025	0.3818
XIL31	8.498	2.99	2.842	0.5233	70.4	5.443	0.0012	0.026	0.3946
XIR11	16.72	3.86	4.332	0.4198	66				0.35
XIR21	17.57	4.22	4.164	0.4507	66.11				0.3509
XIR31	18.65	6.24	2.989	0.1776	66.23				0.3523
Đoạn sông XII									
XIIL11	11.17	3.46	3.228	0.4892	66.02	7.172	0.0009	0.025	0.35
XIIL12	15.91	2.89	5.505	0.3913	66.57	7.592	0.0012	0.025	0.3563
XIIL21	14.14	4.51	3.135	0.2544	65.54	5.104	0.0014	0.025	0.3471
XIIL31	12.18	3.54	3.441	0.3192	68.32				0.374
XIIR11	14.52	3.32	4.373	0.3153	64.77				0.3424
XIIR21	14.98	7.03	2.131	0.2006	66.01				0.35
XIIR22	16.49	3.46	4.766	0.2072	65.44				0.3473
XIIR31	5.923	2.48	2.388	0.2986	67.65				0.3743
Đoạn sông XIII									
XIIIL11	46.32	2.73	16.97	0.4333	61.04	19.23	0.0629	0.038	0.388
XIIIL12	43.07	2.21	19.49	0.4164	64.28	15.68	0.0005	0.025	0.3752
XIIIL13	26.41	1.68	15.72	0.3546	64.51	5.309	0.0011	0.025	0.3868
XIIIL21	37.57	3.53	10.64	0.386	66.41	10.7	0.0005	0.025	0.3541
XIIIL22	25.7	2.88	8.924	0.4088	66.99	7.948	0.0007	0.025	0.3695
XIIIL31	13.57	3.01	4.508	0.4826	66.66				0.3566
XIIIL32	10.29	2.03	5.069	0.5234	69.22				0.382
XIIIL41	16.89	2	8.445	0.2214	67.41				0.364
XIIIL42	21.86	3.09	7.074	0.4396	69.25				0.3824
XIIIL51	11.4	2.4	4.75	0.3478	69.49				0.3852
XIIIR11	17.37	3.14	5.532	0.3489	55				0.4
XIIIR12	21.9	2.43	9.012	0.3489	58.22				0.3975
XIIIR21	65.94	4.32	15.26	0.3489	65.4				0.3789
XIIIR22	50.5	3.5	14.43	0.3588	70.53				0.3713

XIIIR23	49.81	3.54	14.07	0.3808	67.17				0.3951
XIIIR24	19.78	2.37	8.346	0.391	68.17				0.3785
XIIIR31	14.94	4.32	3.458	0.3489	66.16				0.3508
XIIIR32	15.96	3.45	4.626	0.368	68.68				0.377
XIIIR41	19.19	2.82	6.805	0.4714	66.69				0.3571
XIIIR42	25.8	3.09	8.35	0.4517	66.42				0.3543
XIIIR43	24.75	2.58	9.593	0.3745	66.86				0.3586
XIIIR51	14.48	2.29	6.323	0.3959	67.04				0.3602
Đoạn sông XIV									
XIVL11	1.569	1.06	1.48	0.3489	70.88	2.643	0.0019	0.025	0.399
XIVR11	3.169	1.66	1.909	0.2856	67.47				0.3732
Đoạn sông XV									
XVL11	16.45	2.17	7.581	0.5233	66.93	11.52	0.0166	0.026	0.3593
XVL21	6.299	2.22	2.837	0.4271	69.98	4.731	0.0012	0.025	0.3898
XVL31	8.283	3.43	2.415	0.2005	70.93	4.902	0.0012	0.025	0.3994
XVR11	8.078	2.31	3.497	0.5233	68.66				0.3765
XVR21	12.36	3.57	3.462	0.3043	67.58				0.3679
XVR31	14.4	3.38	4.26	0.2016	62.68				0.3686
XVR32	12.9	2.29	5.633	0.2018	70				0.3912
Đoạn sông XVI									
XVIL11	18.79	5.47	3.435	0.4459	66.16	6.432	0.001	0.025	0.3539
XVIR11	11.65	3.87	3.01	0.3418	66.91				0.3627
Đoạn sông XVII									
XVIII11	19.46	5.37	3.624	0.3529	59.83	10.18	0.034	0.034	0.3796
XVIII12	17.04	2.84	6	0.3634	66.06	6.747	0.0009	0.036	0.3702
XVIII21	13.17	5.58	2.36	0.3489	69.88	8.817	0.0007	0.025	0.3482
XVIII22	18.95	3.58	5.293	0.3489	64.59	6.567	0.0011	0.027	0.3647
XVIII31	18.77	3.47	5.409	0.352	65.97				0.35
XVIII32	16.72	2.74	6.102	0.3489	66				0.35
XVIII33	14.05	2.34	6.004	0.3489	66				0.35
XVIII41	16.9	3.99	4.236	0.3489	66.01				0.35
XVIIR11	20.59	5.6	3.677	0.4281	60.06				0.377
XVIIR12	17.79	2.56	6.949	0.3824	59.98				0.3866
XVIIR21	24.98	2.92	8.555	0.3873	57.03				0.3908

XVIIR22	25.43	2.46	10.34	0.3489	55.97				0.3956
XVIIR23	20.3	2.98	6.812	0.3489	55				0.4
XVIIR24	14.46	2.64	5.477	0.3489	56.4				0.3937
XVIIR25	13.59	2.33	5.833	0.3489	57.47				0.3888
XVIIR31	20.52	3.73	5.501	0.5053	58.32				0.3849
XVIIR32	27.28	2.91	9.375	0.5083	61.6				0.37
XVIIR33	21.31	2.43	8.77	0.5128	62.73				0.3648
XVIIR34	18.97	2.4	7.904	0.481	65.25				0.3534
XVIIR35	18.03	2.46	7.329	0.4449	66				0.35
XVIIR36	16.29	2.08	7.832	0.3558	65.98				0.35
XVIIR41	13.06	4.45	2.935	0.5233	65.99				0.35
XVIIR42	16.08	4.97	3.235	0.4179	66.02				0.35
Đoạn sông XVIII									
XVIIL11	15.16	6.02	2.518	0.3489	65.99	7.553	0.0009	0.026	0.35
XVIIL12	13.91	3.2	4.347	0.3489	65.55	5.601	0.001	0.025	0.35
XVIIL21	10.21	3.31	3.085	0.3494	66				0.35
XVIIR11	7.968	2.68	2.973	0.3203	66				0.35
XVIIR12	12.8	3.05	4.197	0.3489	64.71				0.3421
XVIIR21	11.61	4.74	2.449	0.3549	57.88				0.3869
XVIIR22	13.19	3.28	4.021	0.416	64.72				0.345
Đoạn sông XIX									
XIXL11	25.91	3.68	7.041	0.5233	65.99	10.34	0.0589	0.038	0.35
XIXL21	16.79	3.43	4.895	0.4448	65.92	6.729	0.0008	0.026	0.35
XIXL22	14.14	2.77	5.105	0.4607	65.98	8.396	0.0009	0.025	0.35
XIXL31	18.43	3.37	5.469	0.5163	67.9				0.3689
XIXR11	17.46	2.76	6.326	0.3511	58.58				0.3837
XIXR21	23.85	3.45	6.913	0.4764	66.02				0.35
XIXR31	10.7	2.53	4.229	0.3489	66.23				0.3522
Đoạn sông XX									
XXL11	6.801	2.23	3.05	0.5233	68.08	5.832	0.0011	0.025	0.375
XXR11	9.938	2.71	3.667	0.5233	67.31				0.3657
Đoạn sông XXI									
XXIL11	10.05	2.52	3.988	0.5233	61.41	6.782	0.0789	0.036	0.371
XXIL21	17.31	4.03	4.295	0.5233	66	10.33	0.0206	0.025	0.35

XXIL22	13.21	2.11	6.261	0.5233	66	10.27	0.0216	0.026	0.35
XXIL23	15.07	2.96	5.091	0.5233	65.99				0.35
XXIL31	13.8	1.95	7.077	0.5233	66.35				0.3533
XXIL32	16.93	3.01	5.625	0.5233	66.78				0.3577
XXIR11	15.5	3.51	4.416	0.5233	57.67				0.388
XXIR21	26.35	3.48	7.572	0.4838	65.97				0.35
XXIR31	11.88	2.7	4.4	0.5146	69.33				0.383
Đoạn sông XXII									
XXIIL11	15.85	4.16	3.81	0.5211	67.54	7.494	0.0008	0.025	0.3683
XXIIR11	13.28	3.4	3.906	0.3428	59.5				0.3796
XXIIR12	15.86	2.81	5.644	0.4778	60.16				0.3837
XXIIR13	15.62	3.2	4.881	0.4823	66.09				0.3602



**Bảng 3.7 Sai số tổng l- ợng, đỉnh lũ và độ hữu hiệu R<sup>2</sup>  
của hai trận lũ độc lập trên l- u vực sông Thu Bồn - trạm Nông Sơn**

Trận lũ	R <sup>2</sup> (%)	Sai số đỉnh lũ(%)	Sai số tổng l- ợng(%)
01h/07/11/2002 - 01h/10/11/2002	96.51	1.17	3.83
13h/10/10/2005 - 01h/13/10/2005	98.48	1.27	0.21
Trung bình	97.50	1.22	2.02

Vậy với hai trận lũ độc lập dùng để kiểm tra bộ thông số đều thu đ- ợc kết quả tốt (sai số đỉnh lũ trung bình 1.22%, sai số tổng l- ợng trung bình là 2.02%, độ hữu hiệu trung bình là 97.5%). Điều này chứng tỏ bộ thông số xây dựng cho mô hình sóng động học một chiều trên l- u vực sông Thu Bồn đ- ợc xây dựng là t- ơng đối tốt và ổn định.

Nhận xét kết quả mô phỏng 7 trận lũ:

- Độ hữu hiệu trung bình thu đ- ợc là 93.31%, sai số đỉnh trung bình là 2.08%, sai số tổng l- ợng trung bình là 9.52%. Các kết quả thu đ- ợc đều thuộc loại tốt. Chứng tỏ bộ thông số đ- ợc xây dựng là chính xác.

- Mô hình đã mô phỏng khá tốt đ- ợc dạng đ- ờng quá trình lũ trên l- u vực sông Thu Bồn, chứng tỏ bộ thông số đ- ợc xác lập là tốt, ổn định.

- Thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán và thực đo là trùng nhau.

- Mô hình cho kết quả dự báo t- ơng đối tốt về đỉnh và tổng l- ợng của đ- ờng quá trình. Tuy nhiên về tổng l- ợng còn cho kết quả t- ơng đối cao 9.52%.

- Bộ thông số mô phỏng 5 trận lũ phụ thuộc và sau đó đ- ợc sử dụng để kiểm nghiệm với hai trận lũ độc lập thì kết quả thu đ- ợc t- ơng đối tốt, có thể sử dụng để mô phỏng, dự báo các trận lũ độc lập trên l- u vực sông Thu Bồn.

## KẾT LUẬN

1. Trong khóa luận tác giả đã tìm hiểu, nghiên cứu đặc điểm địa lý tự nhiên l- u vực sông Thu Bồn - trạm Nông Sơn, phân tích các yếu tố mặt đệm ảnh h- ớng đến quá trình m- a - dòng chảy (bản đồ địa hình, bản đồ độ dốc, bản đồ rừng, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ mạng l- ới thủy văn), các yếu tố về vị trí địa lý, địa chất, thổ nh- ỡng, địa hình, địa mạo, thảm thực vật, điều kiện khí hậu,... Trên cơ sở phân tích các yếu tố đó trợ giúp cho việc xây dựng bộ thông số mô hình sóng động học một chiều trên l- u vực sông Thu Bồn.

2. Tác giả tìm hiểu, nghiên cứu tổng quan về các mô hình toán thủy văn (mô hình thủy động lực) đặc biệt là mô hình m- a - dòng chảy để phục vụ cho việc tính toán và mô phỏng lũ trên l- u vực sông Thu Bồn. Mô hình toán: Mô hình tất định và mô hình ngẫu nhiên. Mô hình tất định: mô hình thông số tập trung và mô hình thông số phân phối. Và mô hình sóng động học một chiều - ph- ơng pháp phần tử hữu hạn và SCS là một mô hình tất định thông số phân phối. Tìm hiểu những thông số đo đạc, những thông số tối - u trong quá trình tính toán, những biến đầu vào, và kết quả (đầu ra) của mô hình sóng động học một chiều.

3. Từ việc phân tích các yếu tố mặt đệm (các bản đồ địa hình, bản đồ độ dốc, bản đồ rừng, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, bản đồ mạng l- ới thủy văn) đã xây dựng đ- ợc một l- ới các phần tử khá chi tiết trên l- u vực sông Thu Bồn (187 phần tử, 55 dải, 22 đoạn sông). Từ l- ới phần tử này ta tính đ- ợc các thông số đo đạc cho mô hình sóng động học một chiều. Các thông số tối - u đ- ợc tính toán hiệu chỉnh trong quá trình mô phỏng 5 trận lũ trên l- u vực sông Thu Bồn. Kết quả thu đ- ợc với sai số tổng l- ợng trung bình là 12.52%; sai số đỉnh lũ trung bình là 2.42%, thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán và thực đo trùng nhau; độ hữu hiệu trung bình là 91.63%.

4. Với bộ thông số xây dựng đ- ợc đem kiểm nghiệm bộ thông số với hai chuỗi số liệu độc lập thu đ- ợc kết quả: sai số tổng l- ợng trung bình là 2.02%; sai số đỉnh lũ trung bình là 1.22%, thời gian xuất hiện đỉnh lũ tính toán và thực đo trùng nhau; độ hữu hiệu trung bình là 97.5%. Bộ thông số xây dựng đ- ợc là chính xác, ổn định.

5. Kết quả trong khoá luận này mang tính khoa học và thực tiễn cao. Nó có thể đ- ợc dùng làm kết quả trong bài toán đánh giá tài nguyên n- ớc, quy hoạch sử dụng hợp lý tài nguyên đất, phòng chống thiên tai lũ lụt... trên l- u vực.